

ITEP – Institut für Technische Physik

Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung
Jahresbericht 2015

INSTITUT FÜR TECHNISCHE PHYSIK



Impressum

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Technische Physik
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Telefon +49 721/608-23501

www.itep.kit.edu



BG-zertifiziert nach NLF / ILO-OSH 2001

Texte: B. Bornschein, L. Bornschein, C. Day, D. Demange,
W. Fietz, S. Fischer, W.-S. Gil, W. Goldacker, R. Größle,
J. Haag, B. Holzapfel, N. Kästle, S. Mirz, H. Neumann,
M. Noe, F. Priester, M. Röllig, J. Sandrock, P. Schäfer,
T. Schneider, M. Sturm, K. Vandemeulebroucke,
J. Wendel, S. Welte

Fotos und Grafiken:
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Titelbild: 2015 Sanierungspreis Metall für Gebäude 411
für Metallfassade

Gestaltung:
modus: medien + kommunikation gmbh
www.modus-media.de

Druck:
Systemedia GmbH, 75449 Wurmberg

März 2016

Inhalt

Vorwort	4
Ergebnisse aus den Forschungsbereichen	6
Technologie für Fusionsmagnete	6
Supraleitende Hochfeldmagnete	12
Supraleitende Materialien und Energieanwendungen	18
Tritiumlabor Karlsruhe	24
Vakuumtechnik	30
Kryotechnik	36
Karlsruher Tritium Neutrino Experiment KATRIN	40
Auszeichnungen und Preise	46
Lehre und Bildung	48
Vorlesungen, Seminare, Workshops und Sommerschulen	48
Doktorarbeiten – Master- und Diplomarbeiten – Bachelor- und Studienarbeiten	50
Kolloquien	55
Fach- und Gastvorträge	56
Zahlen und Daten	58
Organigramm	58
Personalstand	58
Personalveränderungen	59
Studentische Hilfskräfte	61
Gastwissenschaftler	62
Mitgliedschaften in technisch und wissenschaftlich relevanten Gremien	63
Veröffentlichungen	65
Veröffentlichungen „Fusion“	65
Veröffentlichungen „Speicher und vernetzte Infrastrukturen“	71
Veröffentlichungen „Karlsruhe Nano Micro Facility“	71
Veröffentlichungen „Materie und Universum“	78
Eingeladene Vorträge	80
Schutzrechtsbestände	82
Kontakt	85

Vorwort

Das Institut für Technische Physik (ITEP) versteht sich als nationales und internationales Kompetenzzentrum für Fusions-, Supraleitungs- und Kryotechnologie mit Arbeitsschwerpunkten in den Bereichen:

- Technologie für Fusionsmagnete
- Tritiumverfahrenstechnologie
- Vakuumtechnik
- Kryotechnik
- Supraleitermaterialentwicklung und energietechnische Anwendungen der Supraleitung
- Supraleitende Hochfeldmagnete

Die Arbeiten des ITEP sind langfristig in den Programmen „Fusion“, „Speicher und vernetzte Infrastrukturen“ sowie „Materie und Universum“ des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren verankert.

Zur Bearbeitung seiner komplexen und meist multidisziplinären Aufgaben kann das ITEP auf große und einzigartige Versuchseinrichtungen, Labore und entsprechende technische Infrastrukturen zurückgreifen. Dazu gehören unter anderem:

- Tritiumlabor Karlsruhe (TLK), das weltweit einzige zivil genutzte Labor mit einem geschlossenen Tritiumkreislauf
- Toroidal-Spulen-Testanlage Karlsruhe (TOSKA) zum Test großer Magnete für die Fusion und zur Entwicklung von Komponenten für zukünftige Fusionskraftwerke
- Testanlage für die ITER-Modellpumpe (TIMO) zur Entwicklung von Kryovakuumpumpen
- Hochfeldmagnetlabor zur Entwicklung von supraleitenden Magneten hoher Felder
- kryogenes Hochspannungslabor zur Untersuchung der Hochspannungsfestigkeit kryogener Isolierstoffe
- kryogene Materiallabore zur Untersuchung elektrischer und mechanischer Eigenschaften bei extrem tiefen Temperaturen

Im Jahr 2015 hatte das ITEP bemerkenswerte wissenschaftliche Ergebnisse, viele erfolgreiche Entwicklungsprojekte und einige besondere Herausforderungen und Ereignisse zu verzeichnen. Darauf möchten wir im Folgenden kurz eingehen.

Der Arbeitsbereich **Fusionsmagnete** hat für das Fusionsexperiment JT60-SA die Entwicklung, den Bau und den Test von Hochstromzuführungen mit Hochtemperatur-Supraleitern übernommen. Im Jahr 2015 stellte er in enger Zusammenarbeit mit dem Bereich Kryotechnik und dem Technikhaus insgesamt zehn Stromzuführungen mit bis zu 26 kA fristgerecht fertig und testete sie.

Weiterhin wurde ein Rahmenvertrag mit F4E zur Untersuchung und zum Test von Materialien bei tiefen Temperaturen um weitere vier Jahre verlängert. Bei der Entwicklung hochstromtauglicher Leiterkonzepte auf der Basis von Hochtemperatur-Supraleitern baute der Arbeitsbereich ein Fertigungsverfahren für ein Multileiterkonzept auf. Damit fertigte und testete er erfolgreich erste Kurzlängen.

Das **Tritiumlabor Karlsruhe** entwickelt für das internationale Fusionsexperiment ITER und das zukünftige Fusionskraftwerk DEMO wichtige Komponenten des Brennstoffkreislaufs. 2015 entwickelte das TLK zwei Verfahren zur Tritiumextraktion aus einem Feststoff und aus einem Flüssigmetall weiter. Mit einem am TLK entwickelten Laser-Raman-System wurden Experimente zur chemischen und ortho/para Zusammensetzung von Wasserstoffisotopologen mit Eisenoxid und Palladium Katalysatoren durchgeführt und gezeigt, dass die chemische und ortho/para Zusammensetzung sich nahezu in Echtzeit höchst genau analysieren lässt. In der TRENTA Anlage wurde die Extraktion von reinem HD durchgeführt; damit wurden erstmals die Rückkonversionskonstanten von HD zu H₂ und D₂ gemessen.

Im Bereich **Vakuumtechnik** des ITEP liegen die Schwerpunkte auf der Entwicklung von Vakuumsystemen mit extrem hohem Saugvermögen und der Entwicklung von numerischen Codes, besonders für die Vakuumströmung im Übergangsbereich. Im Jahr 2015 entwickelte der Arbeitsbereich ein neues Konzept für den Brennstoffkreislauf für das zukünftige Fusionskraftwerk DEMO mit einem Systems Engineering Ansatz. Wichtige Komponenten sind dabei eine Metallfolienpumpe und eine Pumpe basierend auf Quecksilbertechnologie. Für beide Pumparten wurden grundlegende Experimente durchgeführt bzw. vorbereitet und aufgebaut.

Der Bereich **Supraleitermaterialentwicklung** entwickelt vor allem supraleitende Materialien sowie wirtschaftliche, verlustarme und hochstromtaugliche Leiterkonzepte. 2015 schloss die Arbeitsgruppe Supraleitende Materialien die Inbetriebnahme der Labore weitgehend ab und nahm die wissenschaftlichen Arbeiten im vollen Umfang auf. Die Eigenschaften der hochtemperatur-supraleitenden Roebel-Kabel wurden weiter verbessert, mehrere Testkabel erfolgreich gefertigt und neue Fertigungsverfahren mit der Industrie verwirklicht. Besonders erfreulich war eine Auszeichnung für Dr. Wilfried Goldacker: Er erhielt für seine erfolgreiche Entwicklung der supraleitenden Roebel-Leiter den erstmals ausgeschriebenen Excellence Award der Europäischen Gesellschaft für Angewandte Supraleitung (www.esas.org). Dazu gratulieren wir Herrn Dr. Goldacker und seinem Team ganz herzlich.



Dr. Wilfried Goldacker (ganz links) bei der Verleihung des Excellence Award der Europäischen Gesellschaft der angewandten Supraleitung.

Bei den **energietechnischen Anwendungen der Supraleitung** erfolgte unter anderem der Aufbau eines strombegrenzenden supraleitenden Transformators. Dieser wird ab Frühjahr 2016 umfangreichen Tests unterzogen. Zudem startete ein neues Verbundprojekt zur Entwicklung einer 20 kA-Industriestromschiene für Gleichstromanwendungen.

Der Arbeitsschwerpunkt des **Hochfeldlabors** liegt auf der Entwicklung von Magneten und Spulensystemen für hohe Magnetfelder mit Hochtemperatur-Supraleitern. 2015 entwickelte das Hochfeldlabor die Spulentechnologie auf der Basis von Hochtemperatur-Supraleitern der 2. Generation weiter, erarbeitete dazu Konzepte für einen Hochfeldeinsatz bei mehr als 25 T und nahm erste grundlegende Untersuchungen zu supraleitenden Scheibenwicklungen vor. Weiterhin wurde die Wickelhalle neu konzeptioniert. Diese wird im Jahr 2016 grundlegend neu aufgebaut, um die Fertigungsmöglichkeiten für supraleitende Spulen und Magnete deutlich zu verbessern.

Der Bereich **Kryotechnik** entwickelt, erweitert und betreibt komplexe und umfangreiche Kryosysteme, beispielsweise für das Neutrinoexperiment KATRIN oder die Stromzuführungstestanlage CuLTKa. Darüber hinaus sorgt dieser Bereich für die Wartung und Instandhaltung der Kälteanlagen und die Versorgung des KIT mit flüssigem Helium und flüssigem Stickstoff. Im Rahmen des europäischen Verbundprojekts Suprapower (www.suprapower-fp7.eu) zur Entwicklung eines supraleitenden Windkraftgenerators fertigte der Bereich Kryotechnik des ITEP den Kryostaten; dieser steht nun für erste Tests bei den Projektpartnern zur Verfügung. Weiterhin begannen erste Entwicklungsarbeiten zu kryogenen Gemischkältekreisläufen.

Für das **Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment KATRIN** (www.katrin.kit.edu) leistet das ITEP Beiträge zu den Tritiumkreisläufen, zur Kryoversorgung und zu den supraleitenden Magneten. Im Jahr 2015 wurden zwei wichtige Magnetsysteme geliefert, sodass nun alle Magnetkomponenten für KATRIN im TLK aufgestellt sind. Zahlreiche Anschlussarbeiten waren durchzuführen. Erste wichtige Arbeitsschritte zur Integration dieser Komponenten in den Tritiumkreislauf für KATRIN wurden vorgenommen und das am TLK entwickelte Laser-Raman-System wurde an die Betriebsmannschaft übergeben.

Was **personelle Veränderungen** betrifft, stieg die Zahl der in Ausbildung befindlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am ITEP, wie Studierende der Dualen Hochschule, Master- und Bachelor-Studierende sowie Doktoranden erfreulicherweise weiter an. Insgesamt betreute das ITEP im Jahr 2015 schon mehr als 30 Dissertationen sowie mehr als 50 Master- und Bachelor-Arbeiten.

In der **Lehre** konzipierte und startete das ITEP weitere Vorlesungen neu. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITEP boten 2015 insgesamt Vorlesungen im Umfang von mehr als 50 Semesterwochenstunden im Jahr an vier verschiedenen Fakultäten des KIT an.

Unser ganz besonders herzlicher Dank gilt allen Partnern des ITEP aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und der Industrie für die außerordentlich vertrauensvolle, fruchtbare und erfolgreiche Zusammenarbeit im Jahr 2015.

Herzlichst Ihre Institutsleitung

Mathias Noe

Bernhard Holzapfel



Neu entwickelter Kreuzleiter (HTS CroCo) für Hochstromanwendungen.

Ergebnisse aus den Forschungsbereichen

Fusionsmagnete

Leitung: Dr. Walter Fietz

Im Jahr 2015 führte der Bereich Fusionsmagnete des ITEP Arbeiten für die internationalen Fusionsprojekte JT-60SA und ITER durch. Darüber hinaus untersuchte er den Einsatz von Hochtemperatur-Supraleitern (HTS) in der Energietechnik, unter anderem für künftige Fusionsmagnete, aber auch im Hinblick auf verlustfreie Energieübertragung.

HTS-Kreuzleiter (HTS CroCo)

Der HTS-Kreuzleiter (auch HTS CrossConductor, kurz HTS CroCo) ist ein neu entwickeltes Basiselement, das sich durch exzellente elektromechanische Eigenschaften und zugleich einfache, großlängentaugliche Herstellung auszeichnet. Es basiert auf der vom Swiss Plasma Center (früher CRPP) entwickelten Methode, HTS-Bänder durch das Zusammenlöten zweier Cu-Halbschalen in einen runden Leiter zu integrieren.

Das KIT hat diese Methode durch die Verwendung von REBCO-Bändern unterschiedlicher Breite modifiziert, sodass der Querschnitt eines runden Leiters deutlich besser als bei der Verwendung von Bändern einer Breite ausgenutzt wird. Dadurch lässt sich die Stromdichte eines solchen runden Leiters auf einfache Weise erhöhen.

Zudem wurde ein großlängentaugliches Ein-Schritt-Fertigungskonzept für den Supraleiterkörper des CroCo entwickelt und an einem neu konzipierten Laborteststand (Abbildung 1) erfolgreich demonstriert. Damit gelang es, verlötete und im selben Schritt tordierte Lei-



Abb. 1: Laboraufbau zur Herstellung des Supraleiterkörpers des CroCo in einem kontinuierlichen Ein-Schritt-Prozess.



Abb. 2: Beispiel eines HTS CroCo Körpers, gefertigt in einem Schritt inklusive Verdrillung.

terstücke mit kreuzförmigem Querschnitt von mehreren Metern Länge (begrenzt nur durch die Größe des Labors) in einem kontinuierlichen Prozess zu fertigen. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel eines auf diese Weise hergestellten CroCo Hochtemperatur-Supraleiter-Körpers.

Weiterhin verwendete das KIT statt der zusammengelöteten Cu-Halbschalen ein nachträglich durch Verformungstechnik im Verformungslabor SULEILA aufgebracht nahtloses Rohr, um damit zusätzliche mechanische Stabilität zu erreichen, besonders im Hinblick auf Biegeprozesse. Abbildung 3 zeigt den HTS CroCo als gefertigte Probe und im Modell.



Abb. 3: Querschnitt durch einen gefertigten HTS CroCo sowie Querschnitt und Seitenansicht im Modell.

Der CroCo könnte als Basiselement eines HTS-Kabels für das Magnetsystem des Fusionsreaktors DEMO dienen, für das Ströme in der Größenordnung von 80 kA bei $T = 4,2$ K und hohen Magnetfeldern bis zu $B = 13,5$ T benötigt werden. Dafür ist ein Rutherford-Kabel angedacht, das elf CroCos in einem Stahl-Jacket beinhaltet (Abbildung 4).

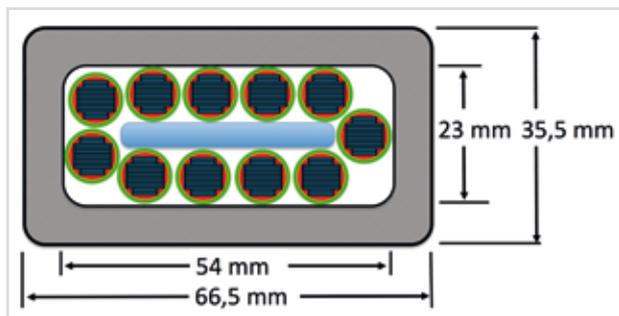


Abb. 4: Querschnitt durch ein mögliches Rutherford-Kabel mit elf CroCos in einem Stahl-Jacket.

Auch in der Hochstrom-DC-Übertragung könnte der CroCo zum Einsatz kommen. Dafür ist vor allem die Minimierung von Feldeffekten erforderlich, das heißt, die CroCos sind in diesem Fall auf einen größeren Umfang zu verteilen (Abbildung 5). Diese zusätzliche Möglichkeit zeigt die universelle Anwendbarkeit des HTS CroCo: Er lässt sich einerseits als Leiter für Hochfeldmagnete, andererseits für Hochstromleiter zur Energieübertragung nutzen.

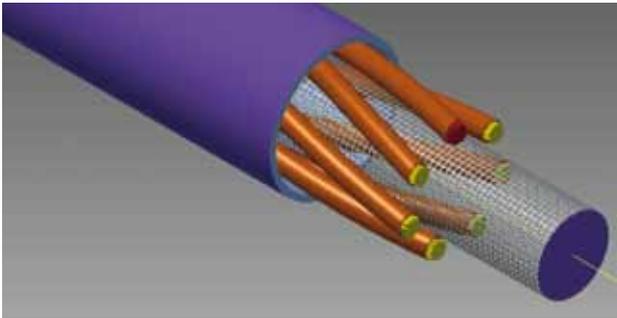


Abb. 5: HTS CroCos für den Energietransport, verteilt auf einen größeren Umfang, um störende Wechselwirkungen zu minimieren.

Entwicklung und Bau von Stromzuführungen für JT-60SA

Fertigungsarbeiten für JT-60SA

Für den Bau des Satelliten-Tokamaks JT-60SA werden sechs Stromzuführungen (SZF) mit einem Betriebsstrom von 26 kA für die TF-Spulen und 20 Stromzuführungen mit einem Maximalstrom von 20 kA für die CS- und PF-Spulen benötigt. Bereits 2014 waren zwei TF-Stromzuführungen erfolgreich getestet worden: Die übrigen vier TF-SZF wurden 2015 ebenfalls unter Betriebsbedingungen erfolgreich getestet. Alle sechs TF-Stromzuführungen wurden an F4E übergeben (Abbildung 6), wurden nach Japan überstellt und gingen in japanischen Besitz über.

Von den zehn PF-Stromzuführungspaaren wurden drei ebenfalls fertiggestellt; ein weiteres Paar ist in der Montage (Abbildung 7). Bis Ende 2015 standen zehn weitere Wärmetauscher bereit; auch die zugehörigen Hochtemperatur-Supraleiter-Module befinden sich in der Fertigung, sodass die Montage 2016 zügig voranschreiten kann.



Abb. 6: HTS-Stromzuführungen TF03 bis TF06 in der Transportkiste, bereit für den Versand nach Japan.



Abb. 7: 20-kA-Stromzuführungen während des Zusammenbaus.

Stromzuführungs-Testanlage CuLTka

Im September 2015 wurden in der Stromzuführungs-Testanlage CuLTka erstmals zwei Testkryostaten parallel

betrieben. Dies erlaubt das gemeinsame Abkühlen und Aufwärmen sowie die Wärmeverlustmessungen zweier PF-Stromzuführungspaare; lediglich die Stromtests müssen sequenziell durchgeführt werden. Somit war es möglich, vier Stromzuführungen innerhalb von drei Wochen zu testen. Diese Vorgehensweise erlaubt es, das Projekt zügig voranzutreiben und nach derzeitiger Abschätzung unter Einhaltung des Zeit- und Kostenplans erfolgreich abzuschließen.

HTS-Kabel- und HTS-Magnet-Entwicklung für DEMO

Designkonzept einer TF-Spule für DEMO

Das Konzept einer TF-Spule für den Fusionsreaktor DEMO wurde unter Verwendung von REBCO-Bandleitern weiter untersucht. Das vom PROCESS Code 2014 vorgegebene Wicklungspaket erforderte Änderungen an der Form und der Dicke des Spulengehäuses. Aus der Modellierung mithilfe eines generischen Leitermodells (Abbildung 8 rechts) ohne Detaillierung des Supraleiterkabels wurde ersichtlich, dass das Wicklungspaket und das Gehäuse strukturell entkoppelt werden müssen (debonding). Lokal wurden sehr hohe Belastungen in der Stahlhülle des Leiters ermittelt, sodass die Geometrie des Hochtemperatur-Supraleiters noch weiter optimiert werden muss. Eine eindimensionale Quenchanalyse des HTS zeigte einen sehr langsamen Anstieg der resistiven Spannung (100 mV werden erst nach mehr als 24 s erreicht). Die Maximaltemperatur im HTS-Kabel ergibt sich bei einer Entladezeit des Magneten von 30 s zu 125 K.

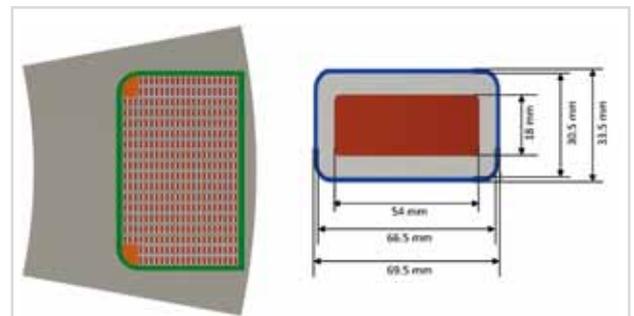


Abb. 8: Spulenquerschnitt (links) und REBCO-Leiterdesign (rechts) der TF-Spule für den Fusionsreaktor DEMO.

Messungen in FBI

Zusammen mit dem Bereich SUPRA wurde ein Roebel Assembled Coated Conductor (RACC)-Kabel aus 16 REBCO-Bändern und zwischenliegenden Kupferbändern hergestellt. Das Kabel zeigte gute I_c -Werte von ca. 1,5 kA in einem Hintergrundfeld von 12 T.

Eine Twisted Stacked Tape Cable (TSTC)-Probe vom Swiss Plasma Center (Schweiz) wurde in FBI gemessen. Die Messung wurde erfolgreich durchgeführt und eine Beeinträchtigung des Leiters aufgrund von Lorentzkräften war nicht festzustellen (Abbildung 9).

CryoMaK – Kryogenes Materialtestlabor

Materialcharakterisierung für ITER und JT60-SA

2015 wurde der seit 2010 laufende Rahmenvertrag mit F4E erfolgreich abgeschlossen. Die laufende Produktion der Magnetkomponenten wurde durch Qualifikationsmessungen und Qualitätssicherung unterstützt. Dank der hervorragenden Expertise des Labors wurde ein

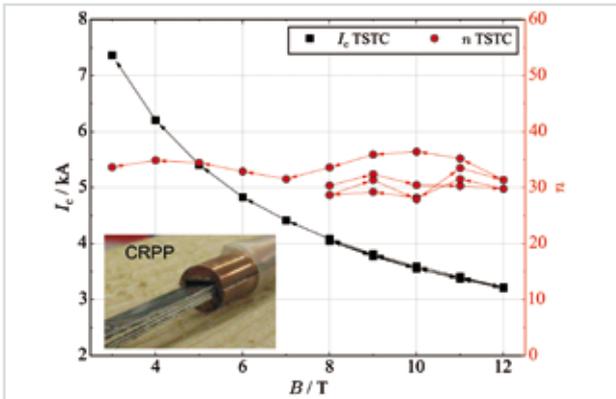


Abb. 9: TSTC Kabel $I_c(B)$ und n -Werte gemessen bei 4,2 K.

weiterer Rahmenvertrag mit einer Laufzeit bis 2019 eingeworben, um weitere kryogene Messaufgaben im Rahmen der Fertigung für ITER zu übernehmen.

Materialuntersuchungen im Rahmen von „Fusion“

Die Erfahrungen bei den Qualifizierungsmessungen für ITER zeigen, dass eingehende Untersuchungen zum Einfluss beispielsweise von unterschiedlicher Wärmebehandlung auf die plastische Deformation bzw. Versprödung bei kryogenen Temperaturen von Edelstählen (304L, 316L, 316 LN) und Nickel-Legierungen (625, 718, 825) nicht ausreichend berücksichtigt wurden. Daher treibt eine erfolgreich etablierte Kooperation der Partner COMTES, Tschechien (Materialherstellung, siehe Abbildung 10), Technical University Košice, Slowakei (Metallurgie und Umformtechnologie) und ITEP des KIT (kryogene Materialcharakterisierung) tiefergehende Untersuchungen voran, um ein grundlegendes Verständnis zu erlangen und eine Optimierung dieser Materialeigenschaften zu erreichen.



Abb. 10: 316L-Schmiedestück bei COMTES zur Probenherstellung für kryogene Materialtests in CryoMaK.

Charakterisierung von Kunststoffen

Isolationsmaterialien für den kryogenen Einsatz sind bis jetzt limitiert auf erprobte Materialien wie Polyamid, glasfiberverstärkte Kunststoffe, PEEK, Vespel usw. Diese Materialien werden in der Regel durch mechanisches Bearbeiten oder, in einigen Fällen, durch Gussverfahren geformt. Die Modellierung komplexer Geometrie in einem Stück ist dabei nur eingeschränkt möglich. Zunehmend erweisen sich innovative 3D-Druckverfahren als bahnbrechend für den Aufbau funktioneller Bauteile aus thermoplastischen Materialien, beispielsweise ABS oder Nylon. Damit lassen sich hochkomplexe Formen realisieren. Der Bereich Fusionsmagnete des ITEP nahm erste Untersuchungen an Proben (siehe Abbildung 11) vor, hergestellt mit zwei unterschiedlichen 3D-



Abb. 11: Im 3D-Druckverfahren hergestellte Zug- und Druckproben sowie Proben für die thermische Ausdehnung (von links nach rechts).

Druckverfahren. Weiterer Entwicklungsbedarf besteht; genauere Untersuchungen sind notwendig um eine erfolgreiche Anwendung im kryogenen Bereich zu ermöglichen.

Charakterisierung von gefüllten Epoxiden zur Kabelstabilisierung

Gerade bei RACC-Kabeln ist eine mechanische Stabilisierung beispielsweise gegen Lorentzkkräfte notwendig. Sie lässt sich durch eine strukturelle Stabilisierung mit einem Stahlrahmen oder durch Vergießen mit Epoxiden erreichen.

Mit verschiedenen Füllmaterialien lassen sich die grundlegenden Eigenschaften der thermischen Leitfähigkeit, der thermischen Ausdehnung und der mechanischen Belastbarkeit anpassen. Untersuchungen mit verschiedenen Füllern und Anteilen an Silber, Graphit, Silica oder $Al(OH)_3$ zeigen die Bandbreite der Möglichkeiten.

Bestimmung der Stromtransferlänge von elektrischen Kupfer-Supraleiter Übergängen

Die Stromtransferlänge für HTS-Bänder wie auch der Übergangswiderstand zwischen der HTS-Schicht und der laminierten Kupferschutzschicht wurden über eine spezielle Messkonfiguration bestimmt (Abbildung 12). Durch die Verwendung elektrischer Wire-Bonding-Kontakte im Abstand $<100 \mu m$ wurde dies erfolgreich realisiert. Mit dieser Methode lassen sich Stromtransferlängen und Übergangswiderstände in verschiedensten HTS-Band Kontakten äußerst genau bestimmen. Diese Größen erlauben es, Stromverteilungen in Kontakten zu modellieren und für die jeweiligen HTS-Anwendungen zu optimieren.

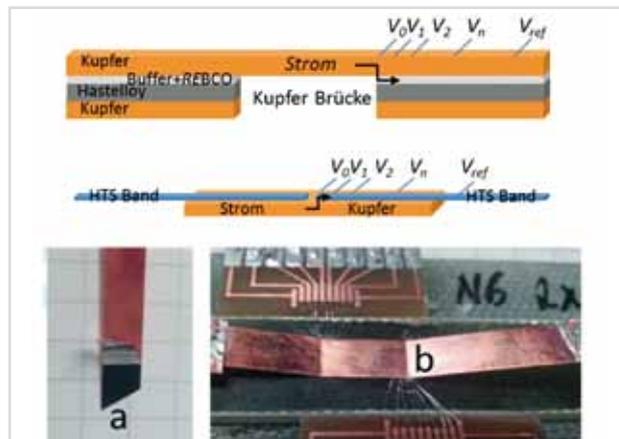


Abb. 12 oben: Schematische Beispiele von Kontakten und möglichen Messkonfigurationen für die Spannungsabgriffe.

Unten: (a) Teilweise entfernte Kupferstabilisierung eines Hochtemperatursupraleiters und (b) Messaufbau mit reiner Kupferstabilisierung links/rechts und in der Mitte vollständig verbliebener Supraleiterschicht.

Highlight: Elektromechanische Charakterisierung des HTS-Kreuzleiters (HTS CroCo)

Um die elektromechanischen Eigenschaften des HTS-Kreuzleiters (HTS CroCo) unter realitätsnahen Betriebsbedingungen zu untersuchen, wurde eine Probe in der FBI-Anlage des ITEP getestet. Dies zeigte sowohl in elektrischer als auch in mechanischer Hinsicht exakt die Ergebnisse, die sich aus den verwendeten REBCO-Bändern herleiten ließen. Wie damit eindrucksvoll bewiesen wurde, beeinträchtigte das Fabrikationsverfahren die Eigenschaften des supraleitenden Bands nicht.

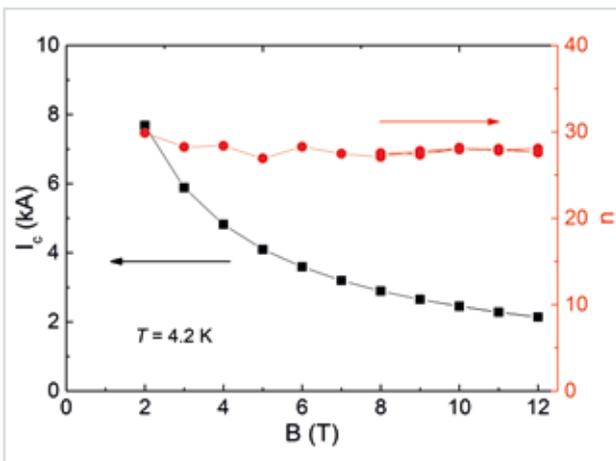


Abbildung 13 zeigt die Testresultate der elektrischen Eigenschaften der Probe in hohen Magnetfeldern bis $B = 12 \text{ T}$ bei $T = 4,2 \text{ K}$. Der Abfall des kritischen Stroms I_c mit wachsendem Magnetfeld B entspricht den grundlegenden REBCO-Eigenschaften; die Konstanz des n -Werts zeigt, dass das Band durch den Herstellungsprozess nicht beeinträchtigt wurde.

Größere Ströme lassen sich durch Verseilen von mehreren HTS CroCos erzielen. Ein erster Schritt besteht in der Realisierung eines HTS CroCo-Triplets. Dazu wurden in einem Fabrikationsschritt ca. vier Meter tordierter CroCo produziert. Dieser wurde in drei ca. 1,2 Meter lange Stücke geschnitten, wie im Abschnitt „HTS-Kreuzleiter (HTS CroCo)“ beschrieben ummantelt, zum Triplet zusammengefügt und mit elektrischen Anschlüssen versehen. Abbildung 14 zeigt das Probendesign sowie Querschnitte durch die Kabelmitte und die Anschlussblöcke.

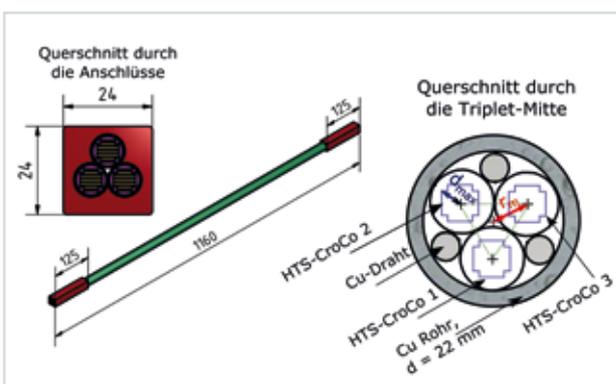


Abbildung 14: Design der Triplet-Kreuzleiter-Probe.

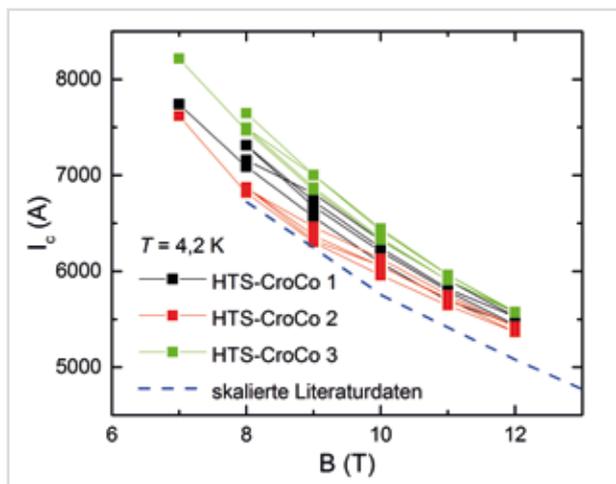


Abbildung 15: Magnetfeldabhängigkeit des kritischen Stroms der drei Einzelstränge der Triplet-Kreuzleiter-Probe.

Auch an dieser Probe wurden elektromechanische Tests in der FBI-Anlage des ITEP durchgeführt. Dabei zeigten die drei Kreuzleiter-Einzelstränge ein sehr ähnliches Verhalten sowie die Magnetfeldabhängigkeit, die nach den skalierten Literaturdaten der eingesetzten REBCO-Bänder zu erwarten war (Abbildung 15).

Bei Konzepten für Hochstromkabel, in denen die Einzelstränge verdreht werden, um Wechselstromverluste zu reduzieren, dürfen die dabei auftretenden Biegungen die elektrische Performance des Leiters nicht beeinträchtigen. Um dies zu untersuchen, wurden in einer Serie von Messungen die quaderförmigen Anschlussblöcke des Triplet-CroCo sukzessive gegeneinander um die Probenachse tordiert, wie in Abbildung 16(a) dargestellt. Erst nach ca. drei vollen Umdrehungen der Terminals wurden eine Verringerung des kritischen Stroms und damit eine Beschädigung des Supraleiters beobachtet, wie Abbildung 16(b) zeigt. Damit ist eine Verdrehung mit einer Schlaglänge von ca. 40 Zentimetern realisierbar.

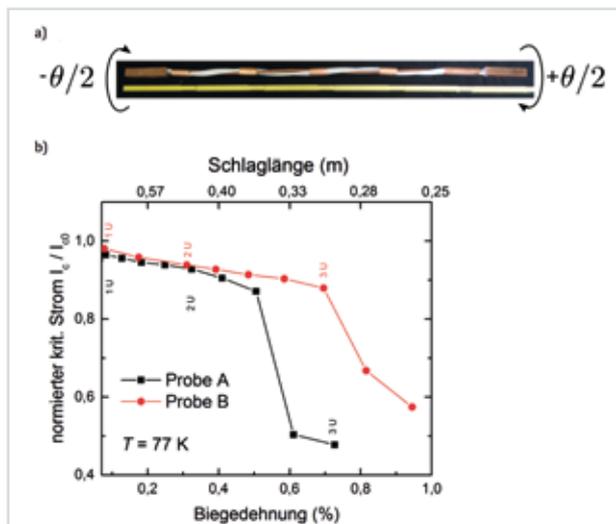


Abb. 16: Untersuchungen zum Torsionsverhalten der Triplet-Probe. (a) Fotografie der Probe nach 3,5 Umdrehungen, (b) kritischer Strom als Funktion der Biegedehnung.

Highlight: TF-Stromzuführungen für JT-60SA in CuLTka getestet und ausgeliefert

Das ITEP hat die Aufgabe übernommen die Stromzuführungen für den Satelliten-Tokamak JT-60SA zu liefern. Insgesamt werden sechs Stromzuführungen mit einem Betriebsstrom von 26 kA für die TF-Spulen und 20 Stromzuführungen mit einem Maximalstrom von 20 kA für die CS- und PF-Spulen des JT-60SA benötigt. Als Supraleitermaterial wird der Hochtemperatur-Supraleiter BiSCCO eingesetzt, wodurch im Vergleich zu konventionellen Stromzuführungen eine weitaus geringere Kälteleistung erforderlich ist.

Nachdem im November 2014 die ersten beiden 26-kA-Stromzuführungen einem Abnahmetest unter Betriebsbedingungen unterzogen worden waren, erfolgte der Test der übrigen vier Stromzuführungen im Februar und Juni 2015. Alle Tests verliefen erfolgreich und bestätigten in allen Punkten die Vorhersagen. Abbildung 17 zeigt den gemessenen Helium-Massenstrom durch den Wärmetauscher der Stromzuführungen in Abhängigkeit vom Betriebsstrom sowie die Vorhersagen. Beim Vergleich zeigt sich eine gute Übereinstimmung.

Abbildung 18 zeigt die gemessene Wärmelast am 4,5-K-Ende der Stromzuführungen ohne Betriebsstrom als Funktion des Temperaturgradienten über das HTS-Modul. Die Hintergrundverluste betragen ca. 2 W je Stromzuführung, die Verluste durch die Stromzuführungen betragen für den nominellen Betriebszustand inklusive der durch den Vakuummantel hervorgerufenen Verluste rund 3 W und stimmen damit sehr gut mit den Erwartungswerten überein.

Der elektrische Widerstand über die Klemmverbindungen zwischen dem kalten Ende der Stromzuführungen und den Kontakten des supraleitenden Verbindungsbügels wurde kalorimetrisch bei allen Tests auf kleiner als 1 n Ω geschätzt.

Der Verlust der Kühlmittelströmung im Wärmetauscher bei einem Betriebsstrom von 25,7 kA wurde durch eine Abschaltung des He-Massenstroms simuliert. Die Zeit zwischen dem Abschalten des Kühlmittelstroms und einem Quench des HTS-Moduls wurde für alle TF-Stromzuführungen auf ca. 15 Minuten bestimmt, was weit über der in der Spezifikation geforderten Zeit von drei Minuten liegt.

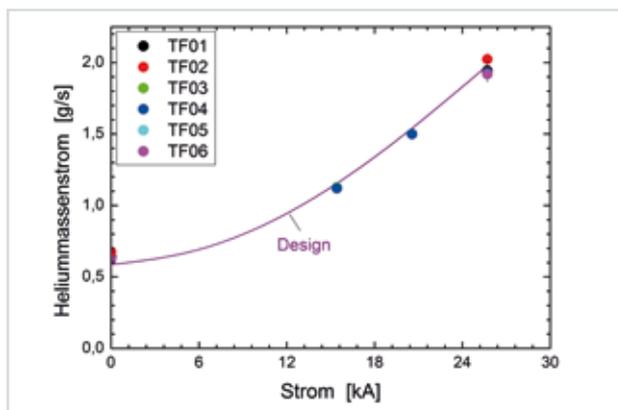


Abb. 17: Gemessener Helium-Massenstrom durch den Wärmetauscher der Stromzuführungen als Funktion des Betriebsstroms und Vergleich mit den Rechenwerten.

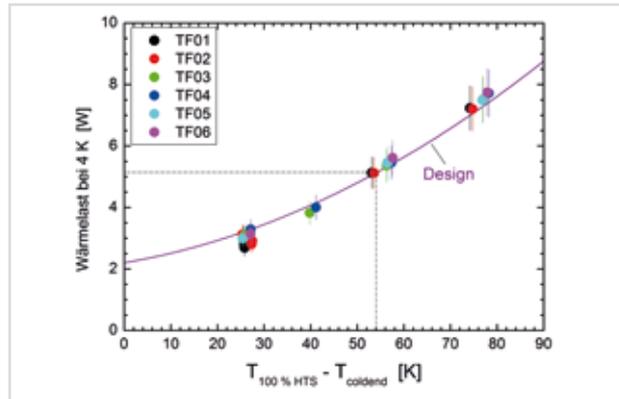


Abb. 18: Gemessene Wärmelast am 4,5-K-Ende der Stromzuführungen ohne Betriebsstrom als Funktion des Temperaturgradienten über das HTS-Modul und Vergleich mit den aus den Modellen ermittelten Vorhersagen.

Im April 2015 fand bei JAEA in Japan eine offizielle Zeremonie statt, an der Repräsentanten von F4E, der beteiligten europäischen Labors, der europäischen und japanischen Industrie sowie Vertreter der beteiligten Staaten teilnahmen. Dabei wurden besonders der gute Fortschritt des Projekts und die ausgesprochen gute Zusammenarbeit zwischen Europa und Japan betont. Die Gäste hatten Gelegenheit, unter anderem auch die ersten beiden gelieferten TF-Stromzuführungen zu besichtigen (Abbildung 19).



Abb. 19: Besichtigung der ersten beiden gelieferten TF-Stromzuführungen anlässlich der Zeremonie bei JAEA.

Am 2. Oktober 2015 fand anlässlich der Fertigstellung und Übergabe der TF-Stromzuführungen für JT-60SA ein Festkolloquium am KIT statt, an dem Vertreter von JAEA, F4E, IPP Greifswald und KIT teilnahmen (Abbildung 20).



Abb. 20: Gruppenbild anlässlich des Festkolloquiums am KIT zur Fertigstellung und Übergabe der TF-Stromzuführungen.



Abnahmetest des Vier-Quadranten-Netzgeräts an HOMER I: NbTi-Sektion der Anlage als Test-SMES mit ca. 0,3 MJ gespeicherter magnetischer Energie.

Ergebnisse aus den Forschungsbereichen

Supraleitende Hochfeldmagnete

Leitung: Dr. Theo Schneider

Der Bereich Supraleitende Hochfeldmagnete (HFM) des ITEP führte 2015 die Arbeiten zur Entwicklung von Hochtemperatur-Supraleiter (HTS)-Einsatzspulen mit kommerziellen REBCO-Bandleitern für Hochfeldmagnetsysteme mit Zentralfeldstärken im Bereich von 25 bis 30 T weiter. Die Ergebnisse flossen in den Bau einer Prototypspule als Grundlage für den Hochfeldausbau der HOMER II-Anlage und in die Entwicklung einer NMR-tauglichen HTS-Einsatzspule eines hochauflösenden 1 200-MHz-NMR-Spektrometers in Kooperation mit der Bruker BioSpin GmbH ein. Die Arbeiten in dem parallelen NMR-Magnettechnologie-Projekt mit Bruker BioSpin zur Qualitätssicherung der NMR-Spektrometer mit Frequenzen von 800 bis 1 000 MHz wurden vertragsgemäß durchgeführt. Eine großvolumige MgB_2 -Spule für einen mit Flüssigwasserstoff gekühlten SMES wurde in der MTA I bis Sollstrom getestet. Der Bereich Supraleitende Hochfeldmagnete unterstützte die in dem BMWi-geförderten Projekt SmartCoil involvierten Kollegen beim Design der normalerweise Primär-Erregerspule aus Kupfer und fertigte anschließend die Erregerspule. Aufgrund der energetischen Sanierung des gesamten Gebäudes Bau 257 arbeitete das Team intensiv an der Neuplanung des HFM-Technikums sowie der vollständigen Räumung der Halle, zeitlich abgestimmt mit den anstehenden Wickeltätigkeiten. Die Arbeiten an den Scheibenwicklungen liefen daher nur in einem begrenzten Rahmen weiter.

Infrastruktur

Sanierung von Bau 257

Ein wesentliches Element der Energiewende ist die Förderung und Umsetzung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Unter diesem Gesichtspunkt wurden im Frühjahr 2015 die energetische Sanierung von Bau 257 und die Komplettrenovierung des HFM-Technikums beschlossen. Die Berücksichtigung der Brandschutzauflagen in Bezug auf die Notausgänge der angrenzenden Räume sowie arbeitstechnische Gründe und Wünsche der Institutsleitung führten zu einer völlig neuen Gestaltung und Aufteilung der Wickelhalle, wie sie in Abbildung 1 schematisch dargestellt ist. Für die Sanierung musste die ganze Halle geräumt werden, sodass das Team neben den eigentlichen Planungsaufgaben wie Elektroplanung, TGA-Raubucherstellung, Maschinenumbauten etc. auch Lagerplätze finden bzw. einrichten musste. Um die wissenschaftlichen Projekte und die dazu notwendigen Aufgaben nicht zu gefährden, konnte die Halle nur nach und nach geräumt werden. Der für September 2015 anvisierte Baubeginn hat sich stark verzögert, sodass eine volle Funktionstüchtigkeit des HFM-Technikums erst im Sommer 2016 gegeben sein wird.

Bis zur Fertigstellung des Technikums hat das HFM-Team übergangsmäßig einen Arbeitsplatz (Abbil-



Abb. 1: Aufstellungsplan der Wickelhalle des HFM-Technikums mit zentralen Wickelvorrichtungen nach der durchzuführenden Komplettrenovierung.



Abb. 2: neuer Testspulen-Arbeitsplatz als Übergangslösung bis zur Fertigstellung des HFM-Technikums.

dung 2) im Hochfeldlabor Bau 406/1 im Bereich der Magnettestanlage MTA II aufgebaut. Dort lassen sich Glühungen und die Präparation der Testobjekte für unsere Experimentieranlagen durchführen und so die anstehenden Aufgaben beispielsweise innerhalb der Industriekooperation erledigen.

Betrieb, Instandhaltung und Modernisierung des Hochfeldlabors

Um den sicheren Routinebetrieb des Hochfeldlabors zu gewährleisten, führt der Bereich HFM jährlich wiederkehrende Prüfungen der Experimentieranlagen durch und kümmert sich um deren Instandhaltung und Modernisierung. Mit diesen Arbeiten, die Voraussetzung für erfolgreiches Experimentieren sind, sind jeweils auch die Fließbilder, Kryoverfahrenspläne und Betriebsanleitungen zu überarbeiten und anzupassen. Für den Test der MgB_2 -Spule unter Realbedingungen wurde ein Vierquadranten-Netzgerät ($\pm 20\text{ V}$, $\pm 250\text{ A}$) beschafft, in dem jedoch serienmäßig kein Netzgeräte- und Testobjektschutz vorhanden ist. Abbildung 3 zeigt den im HFM gebauten Einschub des Abschalt- und Überspannungsschutzes für das Vierquadranten-Netzgerät mit integriertem konfigurierbarem Entladewiderstand. Dieser Überspannungsschutz wurde in Verbindung mit dem Netzgerät beim Hersteller problemlos getestet. Die Geräteabnahme erfolgte an der HOMER I-Anlage, wobei die supraleitende NbTi-Spule als SMES-Spule fun-



Abb. 3: Abschalt- und Überspannungsschutz für 4Q-Netzgerät mit Entladewiderstand.

gierte. Es wurden kontinuierliche Dreiecksstromfunktionen mit einer maximalen Leistung von 5 kW angelegt. Die Schutzbeschaltung wurde durch Abschalttests bis 250 A und Zeitkonstanten von neun Sekunden durchgeführt. Mit einem externen Funktionsgenerator wurden weitere Stromfunktionen angelegt.

Energieeffiziente Komponenten

REBCO-Spulenttechnologie

Das Team untersuchte theoretisch und experimentell den Einsatz von REBCO-Bandleitern für Scheibenwicklungen, wie sie beispielsweise in einen Magnetheizer eingesetzt werden können. Dafür führte es Analysen zu mechanischen Abstützungen, Magnetflussverteilung mit Eisenjoch und Kosten durch. Die experimentellen Arbeiten konzentrierten sich auf die Machbarkeit einer mehrlagigen Scheibenwicklung sowie auf die Optimierung des Versuchsaufbaus und der Abläufe bei der Fertigung und mechanischen Stabilisierung.

Für die Erweiterung der HOMER II-Experimentieranlage mit HTS-Einsatzspulen konstruierte und fertigte das Team eine mehrlagige Prototypspule. Sie wird 2016 in superfluidem Helium und externem Magnetfeld getestet. Die Ergebnisse fließen sowohl in das abschließende Design als auch in den Fertigungsprozess und die mechanische Stabilisierung der Einsatzspulen ein.

SmartCoil

Das BMWi-Projekt SmartCoil, angesiedelt im Bereich Supraleitende Materialien und Energieanwendungen, zielt darauf, eine passiv impedanzveränderliche Kurzschlussstrombegrenzungs-Drosselspule für einen einphasigen 10-MVA-Testaufbau auf Mittelspannungsebene zu entwickeln und ihre Funktionsweise zu demonstrieren. Die stromabhängige Impedanz wird durch eine supraleitende kurzgeschlossene Abschirmspule in einer normleitenden Drosselspule realisiert. Das Konzept nutzt die supraleitende Kurzschlusspule zur Reduktion der Impedanz der Drosselspule im Normalbetrieb. Im Kurzschlussfall überschreitet der induzierte Strom den kritischen Strom des Supraleiters und die Impedanz wird erhöht, wodurch der Strom begrenzt wird.

Das HFM-Team hat die Fertigung der normalleitenden Drosselspule übernommen (siehe Abbildung 4). Angepasst an die durchgeführten physikalischen Überlegungen unterstützte das Team die Kollegen bei der Konstruktion der Spule, um ein machbares Wickelkonzept zu erarbeiten. Die Spule hat einen Durchmesser von etwa 1 280 Millime-

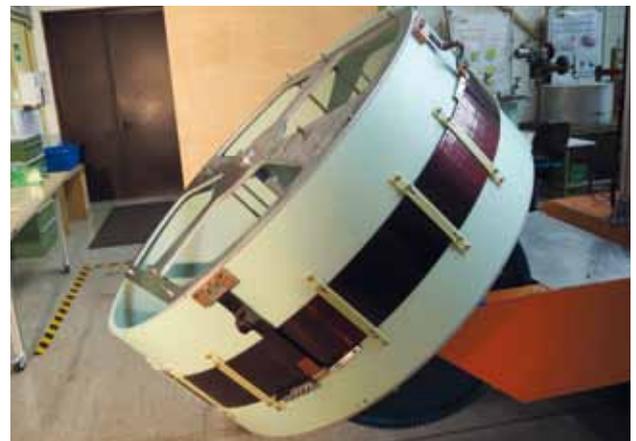


Abb. 4: Normalleitende Drosselspule für das Projekt SmartCoil.

tern, ist zweilagig aufgebaut und weist zusätzlich Zwischenabgriffe zur Variation der effektiven Spulenlänge auf. Sie wurde fristgerecht für das Projekt bereitgestellt.

30 Jahre Kooperation KIT – Bruker BioSpin

NMR-Magnettechnologie

Der Bereich Supraleitende Hochfeldmagnete am ITEP des KIT und die Bruker BioSpin GmbH entwickeln in einer seit 1985 laufenden Kooperation supraleitende Hochfeldmagnete für die hochauflösende NMR-Spektroskopie mit Protonenresonanzfrequenzen von 750 bis 1 000 MHz. In ergänzenden Projekten zur NMR-Magnettechnologie unterstützt das HFM-Team seit mehr als 20 Jahren den Kooperationspartner mit flankierenden Maßnahmen bei der Qualitätssicherung und der weltweiten Markteinführung. Im Mittelpunkt steht die Charakterisierung und Qualifizierung kommerzieller technischer Tieftemperatur-Supraleiter durch hochauflösende E(I)-Messungen in den Experimentieranlagen JUMBO und HOMER I bei Magnetfeldstärken bis 20 T und Temperaturen von 4,2 K, 2,2 K und 1,8 K. Die untersuchten Supraleiter unterscheiden sich in ihrem prinzipiellen Aufbau, in Materialzusammensetzung, Herstellungsverfahren, Abmessungen und physikalischen Eigenschaften, was eine Vielzahl von Testkonfigurationen erfordert. Abbildung 5 zeigt exemplarisch die veränderten physikalischen Eigenschaften eines einfachen Nb₃Sn-Leiters. Die Variation der Reaktionsbedingungen, wobei die Glühzeit bei einer Glühtemperatur von 600°C von 50 h auf 350 h verlängert wurde, bewirkt eine Vergrößerung der gebildeten Nb₃Sn-Fläche (Abbildung 5a und b) und eine Steigerung des kritischen Stroms um etwa 50 % (Abbildung 5c). Neben den Supraleitern charakterisieren die Wissenschaftler auch die aus den Leitern hergestellten supraleitenden Verbindungen und optimieren ihre Restresistivität im pΩ-Bereich abhängig vom externen Magnetfeld und Transportstrom. Die Ergebnisse der Experimente und ihre Auswertung sind Kooperations-Know-how und unterliegen der absoluten Vertraulichkeit.

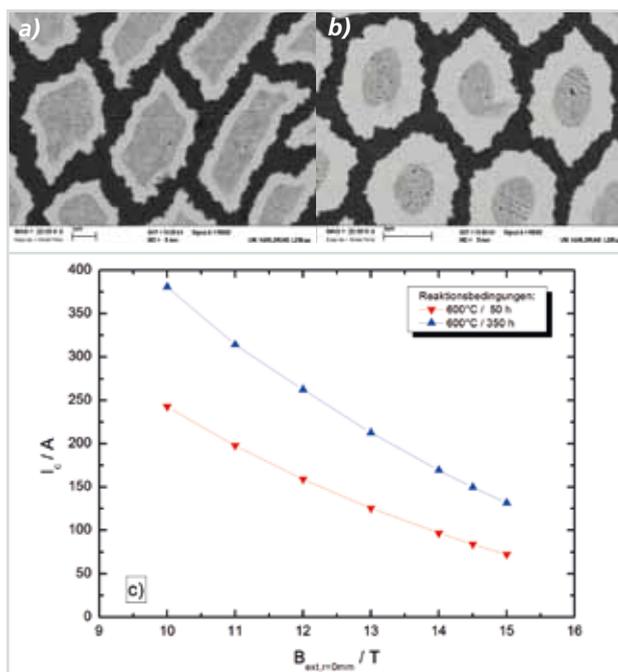


Abb. 5: Nb₃Sn-Bildung in Abhängigkeit von den Reaktionsbedingungen – 5a) 600°C/50 h – 5b) 600°C/350 h – und der resultierende $I_c(B)$ -Verlauf 5c).

1200-MHz-NMR-Projekt

Nach der erfolgreichen Markteinführung des 1 000-MHz-Spektrometers und angesichts der Nachfrage der Anwender der NMR-Spektroskopie nach immer höheren Resonanzfrequenzen haben sich der Bereich HFM des ITEP und Bruker BioSpin zum Ziel gesetzt, ein 1 200-MHz-NMR-Spektrometer zu entwickeln. Die dazu erforderliche Magnetfeldstärke von 28,2 T lässt sich nur mit einem innersten Spulensystem erreichen, das aus Hochtemperatur-Supraleiter-Material (HTS) gewickelt ist. In einer Kooperation wurde daher die Entwicklung einer hochauflösenden, ultrastabilen NMR-tauglichen HTS-Einsatzspule für ein 1 200-MHz-NMR-Spektrometer vereinbart. Am vielversprechendsten für diesen Einsatzzweck sind die HTS der zweiten Generation, die 2G-REBCO-HTS.

Die für die Meilensteine des 1200-MHz-Projekts relevanten Arbeiten des HFM-Teams wurden bereits 2014 erfolgreich abgeschlossen. Im Einzelnen umfassten sie:

- Beschaffung von kommerziellen 2G-REBCO-HTS aller lieferfähigen Hersteller für die durchzuführenden Untersuchungen
- Analyse der HTS mit Licht- und Elektronenmikroskopie sowie Elementanalyse
- Standard-Charakterisierung der HTS bezüglich der Stromtragfähigkeit im Eigenfeld bei 77 K und bei 4,2 K in Feldern bis zu 10 T
- Untersuchung der Hochfeld-Stromtragfähigkeit der Bandleiter bei 1,8 K bis 4,2 K in Feldern bis 20 T
- Untersuchungen zur HTS-Spulentchnik
- Berechnungen und mathematische Modellierungen
- Weitergehende Untersuchungen an den Leitern bezüglich Kraftverträglichkeit, Anisotropie der Stromtragfähigkeit sowie der Stabilität der HTS gegenüber superfluidem Helium
- Test von 2G-HTS-Wicklungen aus Leiterlängen über 100 Meter

2015 führte ein weiterer Produzent 2G-HTS-Bandleiter auf dem Markt ein. Das HFM-Team unterzog daher über die ursprüngliche Projektplanung hinaus noch 2015 HTS-Chargen dieses Herstellers umfangreichen Tests. Ein Schwerpunkt lag dabei auf der Untersuchung der Stromtragfähigkeit bei Temperaturen von 77 K sowie 1,8 K bis 4,2 K in Hintergrundfeldern bis 20 T. Dabei zeigte sich, dass dieser neue HTS mit in der Spitzengruppe der Hersteller liegt und für das Projekt vielversprechend ist. Das Team nahm daher weitere, vertiefende Untersuchungen an den Leitern vor. Aufgrund der Anisotropie des Stromtransports in Abhängigkeit vom Magnetfeldwinkel galt das spezielle Interesse dabei der Untersuchung der Winkelabhängigkeit des kritischen Stroms. Dabei setzte das Team eigens konstruierte Winkelmaschinen ein. Die Messungen erfolgten bis 10 T Hintergrundfeld und wurden mithilfe von mathematischen Modellierungen in den relevanten Feldbereich bis 30 T extrapoliert. In weiteren Tests wurden die Kraft- und Kraftzyklenverträglichkeit des HTS mit einlagigen Testwicklungen überprüft. Aufgrund der großen Kraftbelastungen, die auf den Spulenstrom tragenden Leiter in Hochfeldmagneten wirken, ist diese Kenntnis elementar. Zusammenfassend zeigten sowohl die Ergebnisse der winkelabhängigen Untersuchung als auch die der Kraftuntersuchung das hohe Potenzial des neuen HTS.

Highlight: Entwicklung und Test einer Spule für den Demonstrator zum Speicherkonzept LIQHYSMES

Die nach der Nuklearkatastrophe im japanischen Fukushima beschlossene Neuausrichtung der deutschen Energieversorgung mit Ausstieg aus der Kernenergie und Nutzung erneuerbarer Energien erfordert neue Konzepte für Transport und Speicherung dieser Energien. Die Energie kann in thermischer, mechanischer, chemischer oder elektrischer Form gespeichert werden.

Das neue Hybrid-Speicherkonzept LIQHYSMES (LIQUid HYdrogen & SMES) bietet einen Lösungsansatz zum Ausgleich von Last- und Einspeiseschwankungen durch fluktuierende regenerative Quellen bei der Energieversorgung. LIQHYSMES kombiniert die chemische Langzeitspeicherung der Energie in flüssigem Wasserstoff mit einer elektrischen Kurzzeitspeicherung in einem supraleitenden Energiespeicher SMES. Der flüssige Wasserstoff dient zusätzlich als Kühlmittel für den SMES. Die supraleitenden Spulen des SMES werden mit MgB_2 -Supraleitern gefertigt.

In einem von der Wasserstoffinitiative EWI geförderten Projekt soll das Funktionsprinzip anhand eines Demonstrators gezeigt werden, dargestellt in Abbildung 6 (a). Der Bereich Kryotechnik des ITEP ist mit den Arbeiten zum Regenerator/Rekuperator und zum Kryostaten beauftragt, die Wasserstoffgruppe des IKET mit allen Aspekten des Umgangs mit flüssigem Wasserstoff, der Bereich HFM des ITEP mit der Magnetspulenentwicklung und Magnetstromsteuerung.

Die Spule des Demonstrators wurde mit einem kommerziellen MgB_2 -Leiter der Firma Columbus Superconductors (Italien) im Technikum des Bereichs HFM gefertigt. Angepasst an die Kryostatabmessungen, weist die Spule einen inneren Wicklungsdurchmesser von 365 Millime-

tern, einen äußeren von 381 Millimetern und eine Gesamthöhe von 490 Millimetern auf. Mit der verfügbaren MgB_2 -Leiterlänge von einem Kilometer wurden sechs Lagen mit je 133 Windungen gewickelt, das heißt insgesamt 798 Windungen. Die kalkulierte Induktivität beträgt 142 mH. Die Spule hat eine Spulenkonstante von 1,75 mT/A. Bei einem Betriebsstrom von 250 A speichert die Spule ca. 5 kJ. Sie ist durch eine Bandage und einen Doppelverguss geschützt, zur Quenchedetektion ist eine zusätzliche Kompensationswicklung angebracht.

Ein erster MgB_2 -Spulentest erfolgte nicht im LH_2 -Bad, sondern im LHe-Bad bei 4,2 K in der Magnetttestanlage MTA I des Hochfeldlabors, da sich Planung und Bau des Endkryostaten bzw. der Wärmetauschereinheit für den Wasserstoffbetrieb verzögert haben. Aus ökonomischen Gründen wurde das Heliumvolumen beim Test der Spule durch spezielle Verdrängungskörper aus Styrodur stark reduziert. Abbildung 6 (b) zeigt den Einsatzflansch mit der Spule für den Test in der MTA I-Anlage.

Auf der Basis der Ergebnisse einer einlagigen MgB_2 -Spule, die verschiedenen Stromfunktionen variabler Frequenzen unterworfen worden war, um die Einspeisefluktuationen aus erneuerbaren Energien nachzubilden, wurde die Demonstrationsspule zur Begrenzung der Spulenspannungen mit einer tangens-hyperbolicus-förmigen Stromfunktion getestet (siehe Abbildung 7). Dabei wurde der Strom stufenweise mit vorgegebenen Plateaus von null auf den anvisierten LH_2 -Betriebsstrom von 250 A gesteigert. In einem LIQHYSMES sollen später die SMES-Spulen nur etwa zur Hälfte entladen werden. Daher wurde der Strom mit verschiedenen Frequenzen zwischen 250 A und 100 A variiert.

Um das Stabilitätsverhalten der Spule gegenüber Störungen oder schnellen Lastwechseln zu untersuchen, wurde sie Spannungssprungfunktionen von 1 V bis 8 V Netzgerätespannung und Stoßspannungen von 7 V bis

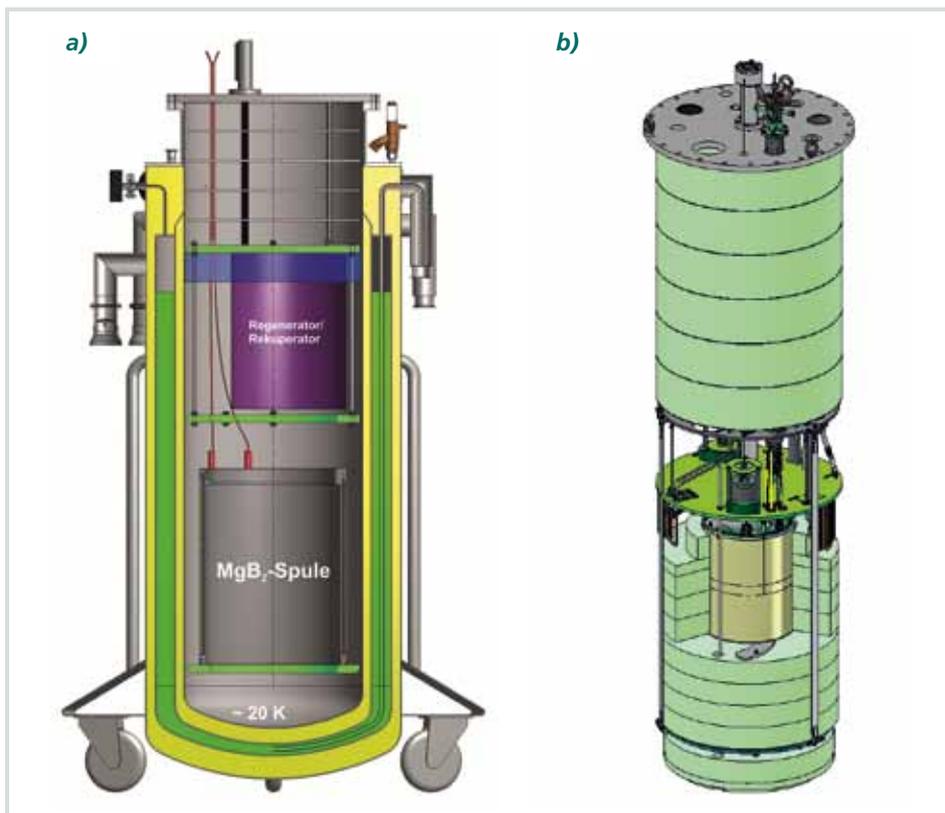


Abb. 6a: geplanter Versuchsaufbau – Kryostat mit MgB_2 -Spule und Regenerator/Rekuperatoreinheit.

Abb. 6b: Einbau der MgB_2 -Spule in der HFM-Magnetttestanlage MTA I.

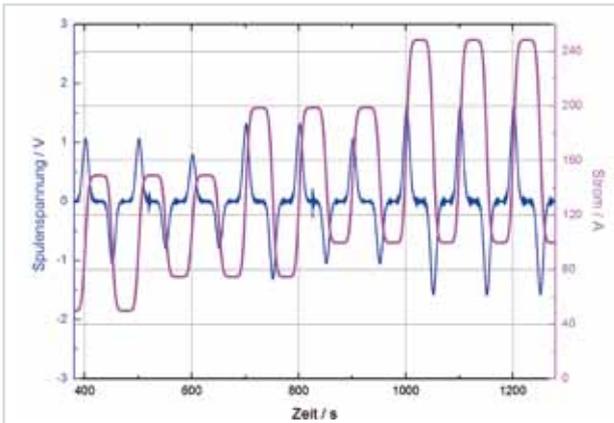


Abb. 7: Test der MgB_2 -Spule mit tangens-hyperbolicus-ähnlichen Stromprofil.

10 V ausgesetzt. Abbildung 8 zeigt die Antwort der Spule auf die Sprungfunktionen, wobei zum einen der erreichte Spulenstrom, zum anderen die Spulenspannung über die Zeit exemplarisch an vier Ausgangsspannungen dargestellt sind. Es wurden Stromrampen bis 52 A/s realisiert und die Auswertungen ergaben eine experimentelle Induktivität von 148 mH. Beim Stoßspannungstest wurde die Netzgerätespannung sofort nach Erreichen des vorgegebenen Werts abgeschaltet.

Abschließende Tests mit erneutem Aufprägen des tangens-hyperbolicus-förmigen Stromverlaufs zeigten, dass die Spule alle Untersuchungen ohne Probleme durchlaufen hat, kein Quench aufgetreten ist und keine Hinweis auf eine Degradation zu erkennen sind. Damit sind die Voraussetzungen für den ausstehenden Test in LH_2 gegeben.

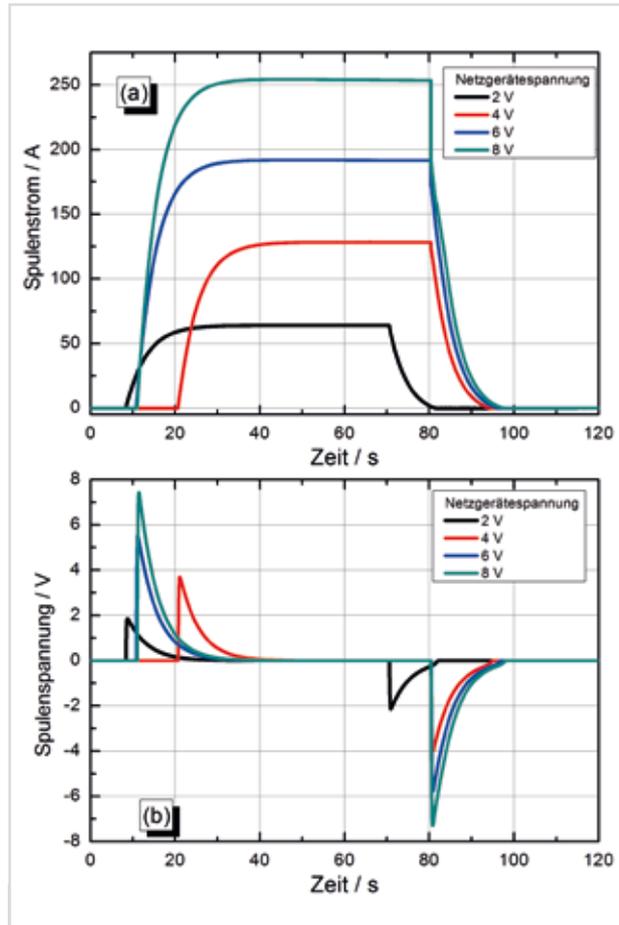


Abb. 8: Antwort der MgB_2 -Spule auf Tests mit Spannungssprungfunktionen von 1 V bis 8 V: (a) Spulenstrom, (b) Spulenspannung.



Mehrzonenofern zur kontinuierlichen Bandleiter-Glühung (oben), „Boxengasse“ zur Materialbearbeitung unter Inertgas (unten).

Ergebnisse aus den Forschungsbereichen

Supraleitende Materialien und Energieanwendungen

Leitung: Dr. Wilfried Goldacker

Einleitung

Der Bereich Supraleiterentwicklung am ITEP konzentrierte sich im Jahr 2015 auf mehrere Themen: Zur Entwicklung neuer Supraleiter wurden die Labors ertüchtigt bzw. neu erstellt; die Ausstattung wurde mit einigen zusätzlichen Charakterisierungsverfahren auf einen aktuellen Stand gebracht. Bei der Entwicklung von Bandleitern mit dünnen Schichten ergaben sich bereits erste wichtige Beiträge zu Industriekooperationen. Die Entwicklung von HTS-Kabeln konzentrierte sich zunehmend auf Anwendungsaspekte. Dabei lag der Schwerpunkt auf der Fortentwicklung wechselstromverlustarmer Kabel aus REBCO-Bandleitern, im Wesentlichen Roebel-Leiter und CORC-Leiter (Conductor on Round Core) von Advanced Superconductors mit anwendungsrelevanten Modifikationen. Bandleiter mit einer Filamentstruktur in der Supraleiterschicht wurden als verlustarme Variante bearbeitet; bei geeigneten Kabelstrukturen reduzieren sie die Wechselstromverluste. Die mithilfe eines Lasers erzeugte Filamentierung wurde auf Roebel-Kabel und CORC-Kabeln angebracht, die Effekte auf die Verluste wurden vermessen und die Beiträge zu den Verlusten identifiziert. Das HTS-Roebel-Kabel, eine Innovation des ITEP, wurde als Beitrag zum EU-Projekt EUcard2 weiterentwickelt, seine technischen Attribute wurden erheblich verbessert.

Wichtige Vorhaben zu den Anwendungen der Hochtemperatur-Supraleitung (HTS) sind die Arbeiten zum induktiven Strombegrenzer (BMW-Projekt SmartCoil) und das Projekt zu HTS-Industriestromschienen (3S), die dynamisch zu ersten Vorergebnissen führten. Die Vorarbeiten zu einem strombegrenzenden Transformator der MW-Klasse wurden abgeschlossen. Ein leitungsgekühlter HTS-Magnet aus YBCO-Bandleitern der Fünf-Tesla-Klasse für die Weltraumforschung (siehe Jahresbericht 2014) erfüllte 2015 zuverlässig seinen Betrieb im Plasmakanal der DLR und führte nach vielen Messkampagnen zu vollständig neuen wissenschaftlichen Ergebnissen.

Supraleitende Materialien

Im Jahr 2015 weitete das Team die aktiven Forschungsarbeiten zu supraleitenden Materialien aus mit dem Ziel, neue anwendbare Hochtemperatur-Supraleiter zu entdecken. Im Rahmen der Helmholtz-Rekrutierungsinitiative „Advanced Conductors for Energy“ wurden dazu mehrere Labors zur Herstellung supraleitender Schichten sowie zu deren mikrostruktureller und elektrischer Charakterisierung aufgebaut bzw. eingerichtet.

Im PLD-Labor (Abbildung 1) wurden zwei Depositionskammern, die vom IFW Dresden transferiert worden waren, aufgebaut sowie mit neuen Nd:YAG-Lasern und der nötigen Infrastruktur für die gepulste Laserdeposition (PLD) versorgt. An der Hochvakuumkammer werden kup-



Abb. 1: Labor für die gepulste Laserdeposition. Zwei Vakuumkammern stehen für Hochtemperatur-Supraleiter und eisenbasierte Supraleiter zur Verfügung.

ferbasierte Supraleiter, wie $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ und $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, abgeschieden, unter anderem mit dem Ziel, ihre elektrischen Transporteigenschaften durch das Einbringen von Nanopartikeln zu verbessern und grundsätzliche Mikrostruktur-Eigenschafts-Korrelationen zu untersuchen. In Zusammenarbeit mit dem IFW Dresden wurden im Berichtsjahr $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ -Schichten mit $\text{Ba}_2\text{Y}(\text{Nb,Ta})\text{O}_6$ -Nanosäulen untersucht. Diese Säulen wachsen stark c-achsenkorreliert, sodass Matching-Effekte, das heißt die starke Erhöhung der kritischen Stromdichte J_c bei Magnetfeldern, die der Flächendichte der Nanosäulen entspricht, zu beobachten waren. Ferner zeigen diese Schichten mit 25 GN/cm^3 bei 77 K Rekordwerte in der Pinningkraftdichte F_p (Abbildung 2). An der Ultrahochvakuumkammer werden eisenbasierte Supraleiter, wie $\text{Fe}(\text{Se,Te})$ sowie P- und Co-dotiertes BaFe_2As_2 , abgeschieden. Diese

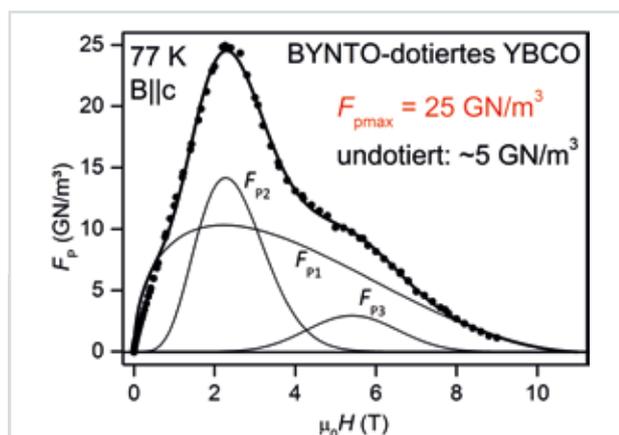


Abb. 2: Starke Erhöhung der Pinningkraftdichte durch den Einbau von c-achsen-korrelierten $\text{Ba}_2\text{Y}(\text{Nb,Ta})\text{O}_6$ (BYNTO)-Nanosäulen.

Materialien werden auf ihre Anwendungstauglichkeit in der Mikroelektronik bzw. Energietechnik untersucht.

Für Untersuchungen zur Hochskalierung chemischer Abscheidemethoden von kupferbasierten Supraleitern und nötigen Pufferschichten auf flexiblen metallischen Bändern wurde in einem Gemeinschaftslabor von ITEP und der Deutschen Nanoschicht GmbH ein sechs Meter langer Klappofen zur Reel-to-reel-Beschichtung von Bandleitern (Coated Conductors) installiert und erfolgreich in Betrieb genommen. Gemeinsam werden Methoden entwickelt und Prozesse optimiert, um kostengünstig und zuverlässig lange Bandleiter hoher Stromtragfähigkeit erfolgreich herzustellen. Voruntersuchungen an chemisch abgeschiedenen Schichten zeigten den starken Einfluss von Substrat, BaHfO₃-Pinningzentren und gewählter Seltener Erde (Y, Gd) sowie ihr Zusammenwirken auf Wachstumsbedingungen und Mikrostruktur der Schichten und damit auf ihre elektrischen Transporteigenschaften.

Für die Charakterisierung der Schichten stehen ein chemisches Labor mit ICP, Partikelanalyse und Viskosimetrie sowie ein physikalisches Labor mit Rasterkraft- und

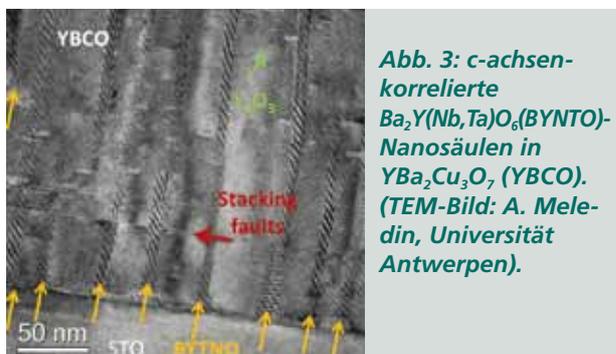


Abb. 3: c-achsenkorrelierte Ba₂Y(Nb,Ta)O₆ (BYNTO)-Nanosäulen in YBa₂Cu₃O₇ (YBCO). (TEM-Bild: A. Meledin, Universität Antwerpen).

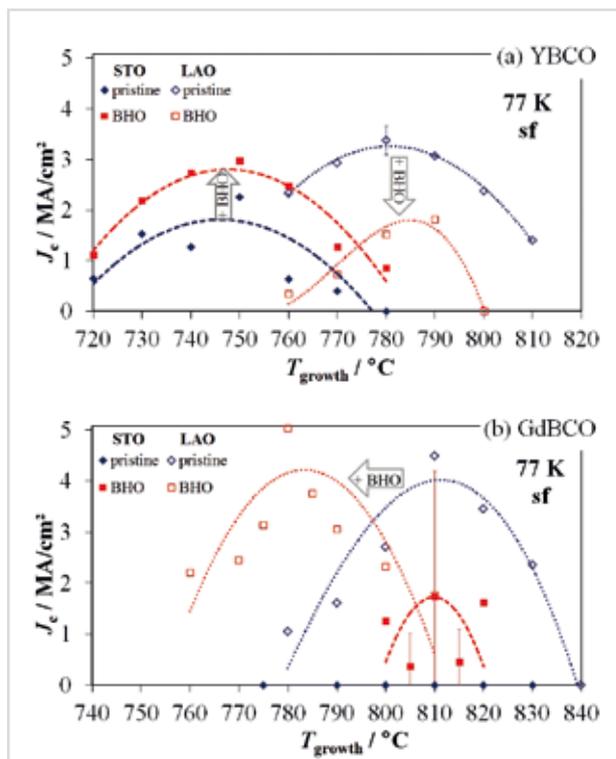


Abb. 4: Einfluss von Kristallisationstemperatur, Substrat, BaHfO₃-Pinningzentren und Seltener Erde RE = Y (a) und Gd (b) auf die kritische Stromdichte von REBa₂Cu₃O₇-Schichten bei 77 K.

Lichtmikroskopie, magneto-optischer Bildgebung, Röntgenbeugung mit 45-fach-Probenwechsler, induktiver J_c -Messung, einem Profilometer und einer DSC/DTA zur Verfügung. Zur Probenvorbereitung, -bearbeitung und -aufbewahrung wurden drei Argon-Handschuhboxen installiert. Dies ist besonders für Experimente mit MgB₂ erforderlich, da bei der Bearbeitung von MgB₂-Pulvern giftige Diborandämpfe entstehen können. In einer Studie gelang es, dies zu quantifizieren und zu zeigen, wie damit sicher umzugehen ist.

Modellierung und AC-Verluste von HTS

Filamentkopplung: Zur Optimierung von Bandleitern mit lasergebrannten Filamenten wurde eine Analyse der Magnetisierungsverluste durchgeführt und mit Messungen des transversalen Widerstands (interfilamentär) zusammengeführt (Abbildung 5). Dies ermöglichte eine Korrelation zwischen der Qualität der gelaserten Rille und der erreichten Reduktion des Kopplungsanteils der Wechselstromverluste.

Verlustmessung mit AC-Feld: Ein Experimentierfeld für Hochstromkabel (Roebel, CORC) für simultane Beaufschlagung eines AC-Stroms und eines AC-Hintergrundfelds wurde realisiert. Die Verluste werden kalorimetrisch über die verdampfte Stickstoffmenge quantifiziert.

Code für numerische Modellierung: Ein neuer, äußerst schneller Code wurde entwickelt, um den effektiven Strom in Bandleiteranordnungen (das Beispiel mehrerer Roebel-Kabel ist in Abbildung 6 gezeigt) zu berechnen.

Alternatives 3D-Modell: Die Modellierungsvarianten von komplexen 3D-Geometrien wurden um eine Methode erweitert, basierend auf dem sogenannten Campbell-Modell (Abbildung 7). Da das Modell vollständig dreidimensional ausgelegt ist, wird es dem Effekt der Strandtransposition in multifilamentären Leitern sehr gut gerecht. Drei Transpositionsfälle wurden betrachtet, vollständige, teilweise oder nicht vorhandene, jeweils unter drei verschiedenen Erregungszuständen, Transportstrom, Magnetisierung und eine Kombination von beiden.

HTS-Bandleiterstapel: Ein Modell zur Beschreibung der elektromagnetisch-thermischen Kopplung in Stapeln aus Bandleitern wurde erarbeitet, um Strategien zu finden, das verankerte Magnetfeld zu erhöhen im Hinblick auf die Anwendung als Permanentmagnete (Abbildung 8). Das Modell beinhaltet die Simulation aller Bandleiter-

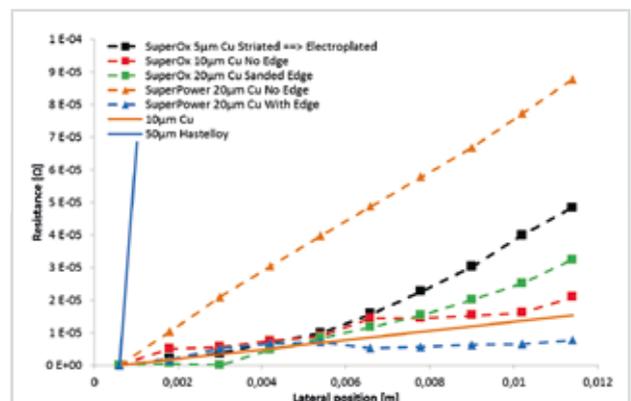


Abb. 5: Messungen des transversalen Widerstands filamentarisierter Bandleiterproben verschiedener Herstellung und Zusammensetzung.

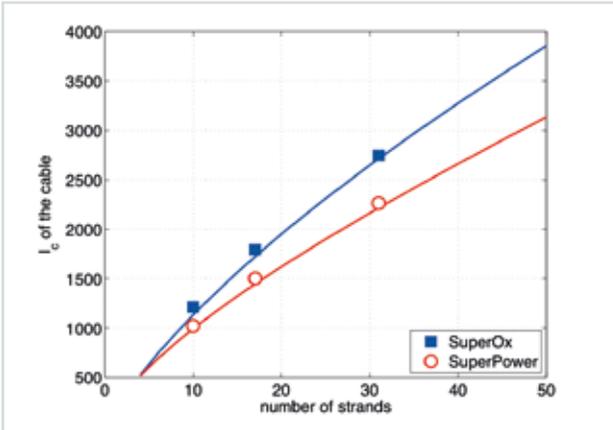


Abb. 6: Berechnung der kritischen Stromstärke von Roebel-Kabeln aus Bändern zweier verschiedener Hersteller, charakterisiert durch unterschiedliche $J_c(B, \theta)$ -Abhängigkeiten. Ebenfalls gezeigt sind die experimentellen Daten von Kabeln mit 10, 17 und 31 Strands.

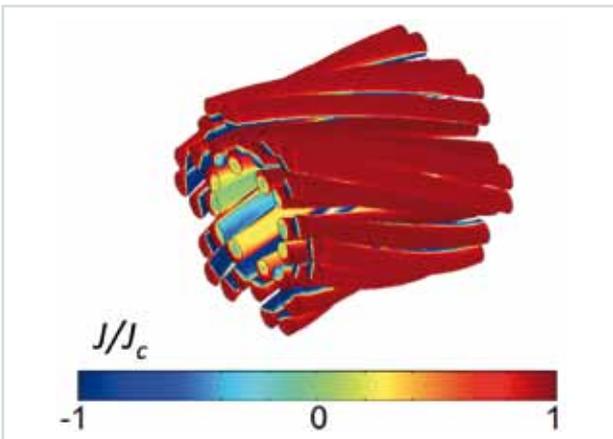


Abb. 7: Stromverteilung in supraleitenden Kabeln und multifilamentären Leitern durch Benutzung der Campbell-Gleichung zur Modellierung des kritischen Zustands. Die 3D-Modellierung wird dem Effekt der Transposition eines Multifilamentleiters sehr gut gerecht.

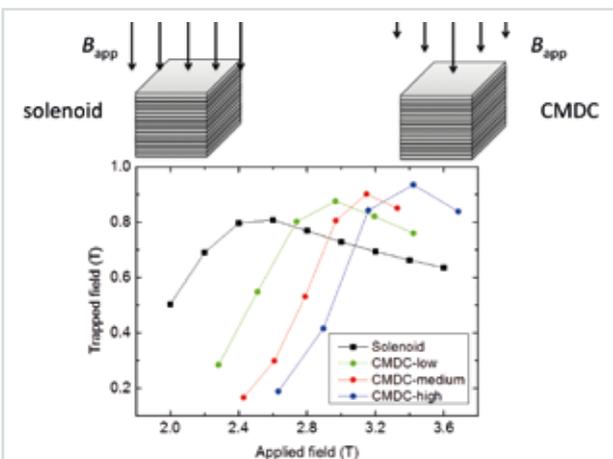


Abb. 8: Anstieg des maximal verankerten Felds in einem Stapel von HTS-Bändern bei Beaufschlagung eines Feldgradienten (CMDC – Controlled Magnetic Density Distribution Coils) anstelle eines räumlich homogenen Felds (solenoid).

schichten mit realen Dimensionen und der Abhängigkeit der physikalischen Parameter von der Temperatur und im Bedarfsfall vom Magnetfeld.

Energietechnische Anwendungen

Energiekabel AmpaCity: Das weltweit längste supraleitende Energiekabel des BMWi-Projekts AmpaCity für das urbane Mittelspannungsnetz ist seit mehr als 500 Tagen im Mittelspannungsnetz der Stadt Essen ohne Ausfall in Betrieb und hat die Zuverlässigkeit der Technologie im Einsatz bereits nachdrücklich bewiesen. Betreiber und Projektpartner diskutieren derzeit eine Fortsetzung des Testbetriebs und mögliche Nachfolgeinstallationen. Forscher des KIT haben eine Modellierungssoftware beigetragen, die ein optimiertes Design zukünftiger Kabel mit effizienterer Auslegung der Supraleiterschichten gestattet. Den Feldtest begleiteten Forschungen am Modellkabel im ITEP zum Einsatz der neuesten Generation von Hochtemperatur-Supraleitern, sogenannten REBCO-Bandleitern, die industriell gefertigt von acht Unternehmen auf dem Markt angeboten werden und das Material der Zukunft darstellen. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass diese Materialien sich ebenso für diesen Einsatz qualifiziert haben und insbesondere eine weitere Kompaktierung des Kabelaufbaus gestatten.

Supraleitende Transformatoren mit Strombegrenzerfunktion: Auslegung und Fertigung der Bestandteile sind erfolgt nach grundlegenden Untersuchungen zum Schaltverhalten der Supraleiter. Infolge des Schaltverhaltens bricht die Supraleitung für einen kurzen Zeitraum zusammen (siehe Highlight 2), der Supraleiter durchläuft einen sogenannten Quenchfall. Ziel ist, durch technische Maßnahmen den Quenchfall gleichzeitig und vollständig kontrolliert auszulösen und damit die Schaldynamik des Transformators zu optimieren.

Supraleitung für die Weltraumforschung: Im HGF-Projekt COMBIT des DLR mit dem KIT und mit russischen Partnern wurde die Wechselwirkung von magnetischen und elektrischen Feldern mit einem Plasma untersucht (siehe Jahresbericht 2014). Ein von SUPRA entwickeltes HTS-5T-Magnetsystem wurde erfolgreich im Hoch-Enthalpie-Plasmanal des DLR für Abschirmexperimente eingesetzt und erlaubte 2015 eine Vielzahl von Messkampagnen zum Studium der Wechselwirkung von Plasma und Magnetfeld, die zu neuen Erkenntnissen führten. Nach Kenntnis des ITEP ist dies der erste Einsatz eines vollständigen HTS-Magneten in einem komplexen Experiment mit simulierten Weltraumbedingungen.

Kabelentwicklungen: Die Entwicklung von HTS-Kabeln, im Wesentlichen von Roebel-Kabeln, konzentrierte sich auf fortgeschrittene Kabel mit technischen Attributen, wie die Anbringung einer Filamentstruktur zur weiteren Reduktion der Wechselstromverluste. Erste Ergebnisse sind positiv, erfordern aber weitere Untersuchungen. Zur Stabilisierung gegen hohe äußere Kräfte, hauptsächlich transversale Kräfte, beispielsweise Lorentzkräfte im Magnetfeld, wurde eine Imprägnierung mit Harz angebracht und deren Wirksamkeit mit Messungen verifiziert (siehe Highlight 1).

Highlight 1: Zehn Jahre HTS-Roebel-Kabel – der Weg zur ersten Anwendung (ESAS-Award 2015)

Vor rund 100 Jahren forderte die rasche Entwicklung der Versorgung mit elektrischer Energie Stromgeneratoren mit erheblich größerer Leistung. Ihrer Realisierung standen jedoch hohe Wechselstromverluste bei den eingesetzten Kabeln im Weg. Zwischen 1912 und 1914 gelang Ludwig Roebel von BBC Mannheim der Durchbruch mit dem nach ihm benannten patentierten Roebel-Stab, einer verlustarmen meanderartigen Verseilung von Einzelleitern aus Kupfer. Er leitete die Entwicklung und Herstellung einer völlig neuen Dimension von Stromgeneratoren ein.

Für die neueste Generation der Hochtemperatur-Supraleiter, die dünnen und breiten REBCO-Bänder mit hohem Aspektverhältnis im Querschnitt (0,1 x 12 mm) war eine Verseilung zunächst wegen der beschränkten Biegsbarkeit in der Bandebene nicht möglich. Die Forschungsarbeiten zu großen Fusionsmagneten, wie sie für den zukünftigen Reaktor DEMO geplant sind, legten sich auf den Einsatz von Hochtemperatur-Supraleitern fest und forderten verseilte HTS-Kabel für sehr hohe Ströme und sehr geringe Wechselstromverluste. Der Fortschritt der Supraleiterentwicklung ermöglichte in 15 Jahren nach und nach, die nun robusten HTS-Bänder zu schneiden. Daraus folgte die Idee, sie in die Meanderform der Roebel-Kabel zu schneiden. Das geschieht heute mit einer automatischen Stanzanlage. Damit war der Grundstein gelegt, eine Kabelgeometrie gemäß der Erfindung von Ludwig Roebel zu realisieren (s. Abbildung 9).

Im Jahr 2005 präsentierte Wilfried Goldacker vom KIT auf der CEC-ICMC-Konferenz in Keystone, Colorado/USA das **erste erfolgreiche HTS-Roebel-Kabel** mit einer Stromtragfähigkeit von 500 A bei 77 K. Das Kabel wurde seitdem parallel zu den Fortschritten bei der Bandleiterqualität kontinuierlich fortentwickelt, wobei verbesserte technische Eigenschaften, höhere Transportströme, geringere Wechselstromverluste und mechanische Stabilisierung erreicht wurden. Parallel wurden für die Anwendung in der Energietechnik Kabel mit gelaserten Filamenten hergestellt, deren Wechselstromverluste 2015 intensiv charakterisiert wurden. Ziemlich genau zehn Jahre nach der ersten Präsentation des Roebel-Kabel-Konzepts aus Hochtemperatur-Supraleitern der zweiten Generation, den REBCO-Bändern, wurden die nachhaltigen Entwicklungsarbeiten des KIT und der damit erzielte Impact auf dem Fachgebiet mit einer hohen Auszeichnung gewürdigt: Dr. Wilfried Goldacker bekam im Rahmen der EUCAS-Konferenz im September 2015 den **ESAS-Award for Excellence** verliehen.



Abb. 9: Detailansicht eines Roebel-Kabels (Aufsicht) mit zwölf Millimeter Breite.

Das Roebel-Kabel ist derzeit am aussichtsreichsten für Wechselstromanwendungen wie Transformatoren, Generatoren und gepulste oder veränderliche Magnetfel-

der. In jüngster Zeit ist das Interesse an diesem Kabelkonzept stark gewachsen, angetrieben durch ein Pilotvorhaben: die Entwicklung und Demonstration eines kleinen HTS-Dipolmagneten des CERN aus Roebel-Kabeln des KIT im Rahmen des EU-Projektes Eucard2. Für dieses Projekt geht 2016 ein am KIT entwickeltes Kabel von 35 Metern erstmals in eine Anwendung mit extrem hohen Anforderungen, besonders was die mechanische Belastung des Kabels betrifft.

Das Roebel-Kabel zeichnet sich durch eine konkurrenzlose Kombination von technischen Eigenschaften aus, die besonders für den Bau von Wicklungen aus HTS-Material erforderlich sind. Die Demonstration in einer Dipolwicklung stellt die höchsten denkbaren Anforderungen und besitzt daher Pilotcharakter für eine hohe Kabelperformance:

- hoher Füllfaktor des Supraleiterbands oberhalb von 90 Prozent des Kabelquerschnitts
- geringe Wechselstromverluste durch volle Transposition der Strands
- extreme Biegsbarkeit des Kabels, vergleichbar mit dem Einzelleiter – erlaubt sehr enge Biegeradien ohne wesentliche Erzeugung von zusätzlichen Spannungsfeldern
- flexibles Kabeldesign zur Anpassung der Stromtragfähigkeit an die Anwendung, entsprechend den Anforderungen beispielsweise von DEMO-TF-Magneten, Generatoren und Transformatoren
- dem Einzelleiter entsprechende Stromanisotropie im Magnetfeld für höchstmögliche Stromausnutzung bei Magnetanwendungen

Der aktuelle Stand der Kabelentwicklung für den Demonstrator der Dipolwicklung des CERN im EU-Projekt Eucard2 entspricht dem erreichten Stand der Technik. Er lässt sich anhand der 2015 erreichten Ergebnisse konkretisieren.



Abb. 10: Innovatives Punch & Coat-Roebel-Kabel für Wickelexperimente mit zehn Strands und zwölf Millimetern Breite.

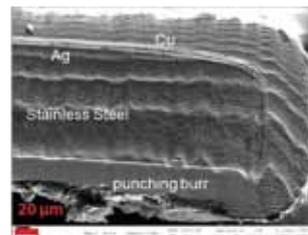


Abb. 11: Mikroskopische Aufnahme am Bandleiterquerschnitt mit der Stanzkante (Qualitätskontrolle).

Die Parameter zu einer Stromerhöhung im Kabel wurden experimentell ausgetestet. Bänder zweier Hersteller, SuperPower und SuperOx, wurden mit drei verschiedenen Transpositionslängen (126, 226 und 426 Millimeter, entsprechend 10, 17 und 31 Strands) her-

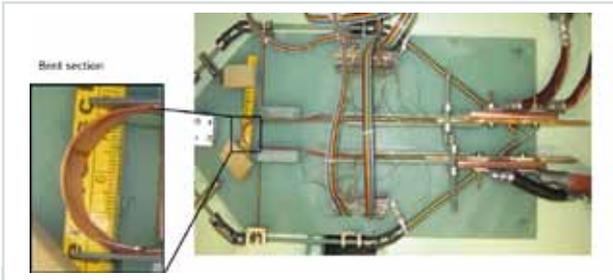


Abb. 12: Biegeapparat zur Untersuchung des Biegeverhaltens von Roebel-Kabeln. Der Biegevorgang erfolgt kontinuierlich im Bad des flüssigen Stickstoffs mit wiederholten Messungen des kritischen Stroms. Im Bild ist ein HTS-Roebel-Kabel eingebaut.

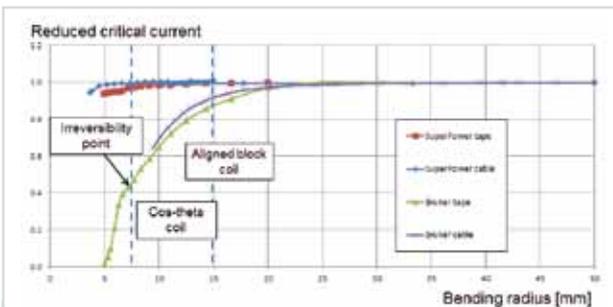


Abb. 13: Biegeverhalten in Bezug auf den kritischen Strom von zwei Supraleiterbändern und zwei aus ihnen verflochtenen Roebel-Kabeln. Das Biegeverhalten der Kabel ist praktisch äquivalent zu den Einzelbändern. Der Unterschied zwischen den beiden Bändern liegt an deren unterschiedlicher Dicke und ist verstanden. Die Anforderungen der beiden Dipolmagnetrouthen (Eucard2-Projekt), Cos-Theta-Design und Block-Modell, sind eingezeichnet.

gestellt (Abbildung 10, 11). Die Bänder unterscheiden sich in der Fertigungstechnik und Auslegung. Material von SuperPower mit Advanced Pinning eignet sich für hohe Ströme im Feld bei tiefen Temperaturen; Material von SuperOx ohne dieses Attribut taugt für Anwendungen im Eigenfeld. Für ein Roebel-Kabel aus SuperOx-Material wurde der bis jetzt höchste Stromwert mit 2,7 kA im Eigenfeld erreicht. Ein weiterer wichtiger Meilenstein war die Demonstration einer Stabilisierung (Harzimpregnierung) gegenüber Lorentzkräften von 150 MPa. Das KIT produzierte Testkabel bis 20 Meter Länge für Wicklungsversuche und Pilotmessungen (Abbildung 12, 13). Industrielle Leiterhersteller nahmen 2015 Entwicklungen zu fortgeschrittenen Roebel-Kabeln auf und werden diese künftig wohl als Kabelprodukte anbieten. Dadurch wird sich das Roebel-Kabel in energietechnischen Anwendungen der Supraleitung weiter durchsetzen.

Highlight 2: Optische Visualisierung des Quenchverhaltens von HTS-Bändern bei Überstrom

REBCO-Hochtemperatur-Supraleiterbänder werden in Strombegrenzern und strombegrenzenden Komponenten wie Transformatoren oder Energiekabeln eingesetzt. Ein dem jeweiligen Anwendungsfall und dem kritischen Strom angepasster Anteil an stabilisierendem Kupfer im Bandaufbau kann einen Überstrom

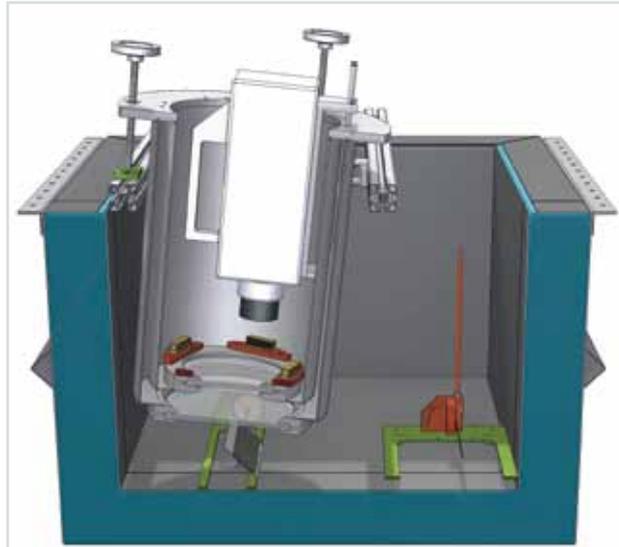


Abb. 14: Schematische Darstellung der optischen Apparatur zur Untersuchung des Siedeverhaltens im Quenchfall an HTS-Bandleitern und -Kabeln.

durch den Übergang in den resistiven Zustand abfangen. Bei korrektem Design erholt sich der Supraleiter nach Ende des Überstroms wieder. Genauere ortsaufgelöste Kenntnisse über diesen Vorgang existieren bis jetzt kaum. Um ihn zu visualisieren, wurde eine optische Apparatur aufgebaut, die mithilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera und einer speziellen Anordnung in einem Stickstoffbad mit der Supraleiterprobe das Siedeverhalten des Kühlmittels am Leiter beobachtbar macht (siehe Abbildung 14). Besonders der zeitliche Verlauf des Siedevorgangs und seine Verteilung entlang des Bandes geben Aufschluss über die Ausbreitung der normalleitenden Zone und der Erholung der Supraleitung. Erste Ergebnisse zeigen überraschend detaillierte Bilder des Verhaltens der normalleitenden Zone und des Recovery-Verhaltens (siehe Abbildung 15) und ermöglichen dadurch einen ganz neuen Zugang zum Schaltverhalten des Supraleiters im Detail. Diese einzigartige Apparatur eignet sich auch zur Untersuchung von supraleitenden Kabeln.

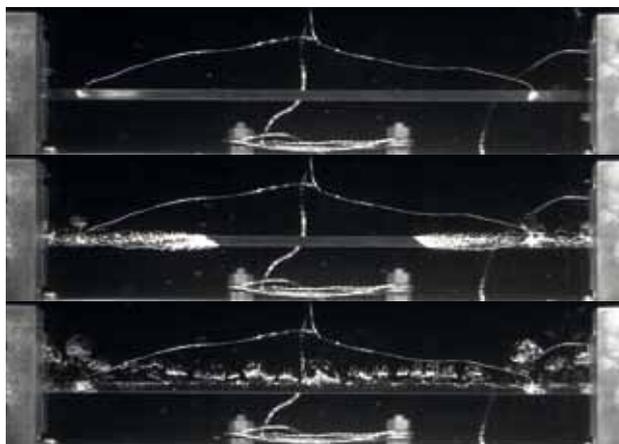


Abb. 15: Fotografien des Supraleiterbands und des Stickstoffbads unter verschiedenen Strombelastungen, oben supraleitend, in der Mitte mit beginnender Normalzone und unten mit ausgedehnter normalleitender Zone und entsprechend siedendem Kühlmittel.



Arbeiten an der ISS-Handsschuhbox.

Ergebnisse aus den Forschungsbereichen

Tritiumlabor Karlsruhe

Leitung: Dr. Beate Bornschein

Das Tritiumlabor Karlsruhe ist ein in Europa und Amerika einzigartiges Halbtechnikum mit einer Umgangsgenehmigung für 40 g ($1,5 \cdot 10^{16}$ Bq) Tritium, 100 kg abgereichertes Uran sowie Rubidium und Krypton als Prüfstrahler zu Kalibrierzwecken. Auf einer Experimentierfläche von mehr als 1 100 Quadratmetern stehen mehr als 20 Handschuhkastensysteme mit einem Volumen von insgesamt rund 160 Kubikmetern als Einschluss für die tritiumführenden Versuchsapparaturen zur Verfügung. Gründungsaufgabe und Arbeitsschwerpunkt des TLK ist die Entwicklung von Technologien für den Brennstoffkreislauf von Fusionsreaktoren. Der zweite umfangreiche Arbeitsschwerpunkt liegt auf dem Aufbau und dem Betrieb wesentlicher Systeme des Karlsruher Tritium Neutrino Experiments (KATRIN) zur Messung der Ruhemasse des Elektronantineutrinos. Demgemäß werden die Arbeiten zu gleichen Teilen innerhalb der Programme „Fusion“ (FUSION) sowie „Materie und Universum“ (MU) gefördert.

Wissenschaftlicher Nachwuchs ist für die Zukunft des TLK äußerst wichtig. In den vergangenen Jahren hat das TLK daher in Zusammenarbeit mit IEKP, IFRT, ITTK und ITVT durch Vergabe interessanter Forschungsarbeiten vermehrt Studierende und Doktoranden an sich gebunden (siehe Tabelle 1). Dem TLK liegt viel daran, den jungen Menschen eine hervorragende und ausgewogene Ausbildung zukommen zu lassen, die neben den fachlich-wissenschaftlichen Inhalten auch die heute vermehrt gefragten „Soft Skills“ umfasst.

	2011	2012	2013	2014	2015
Bachelor	6	12	9	13	10
Diplom/Master	9	6	7	8	8
Promotion	10	10	11	10	11

Tabelle 1: Abgeschlossene und laufende Arbeiten im TLK.

Im Folgenden werden die Arbeiten und Ergebnisse in den Bereichen Betrieb und Infrastruktur des TLK sowie Forschung und Entwicklung zur Fusion kurz vorgestellt. Dem Bereich KATRIN ist ein eigenes Kapitel gewidmet.

Betrieb und Infrastruktur des TLK

Der Schwerpunkt der Arbeiten des Betriebsbüros, der Mess- und Automatisierungstechnik und der Tritiumverfahrenstechnik lag auch 2015 auf der Gewährleistung des sicheren Betriebs des TLK und der Bereithaltung der Infrastruktur für die F&E-Arbeiten der beiden beteiligten Programme MU und FUSION. Eine wichtige

Aufgabe in diesem Zusammenhang war wieder die Wissensweitergabe an die jungen Studierenden, die ihre Forschungsarbeiten im TLK durchführen und naturgemäß zu Anfang keine Erfahrung im Umgang mit Tritium haben. Von betrieblicher Seite her erfolgte daher eine intensive Beratung bei der Planung der Experimente und – gemäß Betriebsanweisung – eine sorgfältige Prüfung der sicherheitsrelevanten Dokumente (z. B. Sicherheitstechnische Beschreibung).

Die Tritiumverfahrenstechnikgruppe hatte neben ihren üblichen Schwerpunktaufgaben wie Betrieb, Wartung und wiederkehrende Prüfungen aller Infrastrukturgewerke (z. B. Zweite Hüllen, Tritiumlager, Tritiumtransfersysteme) sowie der Abfallentsorgung im Jahr 2015 auch die Aufgabe, einen für den zukünftigen Betrieb des äußeren KATRIN-Tritiumkreislaufs notwendigen (ersten) Stresstest durchzuführen.

Der innere Tritiumkreislauf von KATRIN muss über Wochen einen kontinuierlichen Tritiumdurchsatz von 40 g pro Tag bei einer Tritiumkonzentration von über 95 Prozent in der WGTS (Windowless Gaseous Tritium Source) garantieren. Voraussetzung dafür ist die zuverlässige Bereitstellung von Tritiumgasmischungen gleichbleibender Qualität in ausreichender Menge durch die betriebliche Tritiuminfrastruktur des TLK. Gemäß einer konservativen Modellrechnung müssen in dem dafür vorgesehenen Tritiumkreislauf pro Woche ca. 1,1 mol Tritium mit einem molaren Anteil von ca. 0,6 Prozent Verunreinigungen prozessiert werden. Das TLK führte 2015 mehrere Prozesskampagnen durch, um die prinzipielle Machbarkeit eines solchen Tritiumkreislaufs in der Infrastruktur mit dem geforderten Durchsatz zu demonstrieren. Abbildung 1 zeigt die durchgeführten Prozessschritte, die im Folgenden näher erläutert werden:

- Tritiumbilanzierung der zu transferierenden Gasmenge über pVT-Mengenbestimmung und Konzentrationsmessung mit Laser-Raman-Spektroskopie (LARA) im Tritium-Transfer-System (TTS)

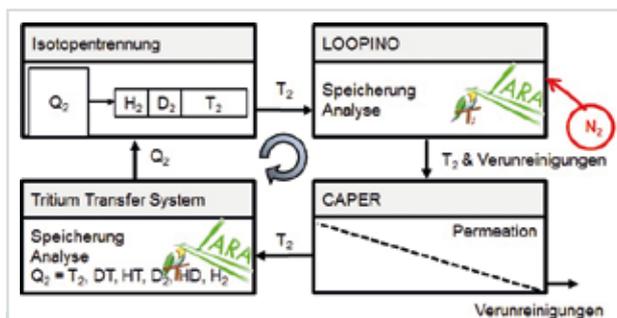


Abb. 1: Schematische Darstellung der Tritiumtransfers zwischen den Gewerken TTS, ISS, LOOPINO und CAPER.

- Transfer einer mit Protium und Deuterium verdünnten Tritiumcharge (1,2 mol mit 70 bis 80 Prozent Tritium) in die Isotopentrennung zur Aufkonzentrierung,
- Transfer des aufkonzentrierten Gases zu LOOPINO (Demonstrator für die Gaseinspeisung und Gasentnahme aus KATRIN) und LARA-Messung der Gasqualität,
- Zugabe von Verunreinigungen zur Simulation des aus der WGTS ausgeleiteten Gases,
- Überführung des verunreinigten Gases zur Anlage CAPER zur Rückgewinnung von Tritium durch Permeation und Rücktransfer zum TTS und
- Tritiumbilanzierung.

Insgesamt wurden ca. 120 g Tritium (ca. 20 mol) prozessiert, wobei die Tritiumbilanz eine Tritiumrückgewinnbarkeit von 99,95 Prozent ergab. Die zu LOOPINO transferierten Tritiumchargen hatten immer Tritiumkonzentration von mehr als 98 Prozent. Die direkte Online-Messung von Tritium im TTS hat sich bewährt und stellt im Hinblick auf den routinemäßigen KATRIN-Betrieb eine unverzichtbare Methode für die Tritiumbilanzierung dar. Abbildung 3 zeigt das neu installierte LARA-Kabinett zur berührungslosen und somit kontaminationsfreien Messung von Wasserstoffisotopologen.

Um eine zuverlässige und langfristige Verfügbarkeit der Tritiuminfrastruktur sicherzustellen, wurden gruppenübergreifend hausinterne Lösungen entwickelt. Ziel ist, das TLK von externen Systemlieferanten unabhängiger zu machen. Erste Schritte waren:

- Konstruktion und Bau eines Tritiumrückhaltesystems für Handschuhkästen,
- Eigenbau gekapselter Gebläse für die Zweiten Hüllen,
- Konstruktion und Bau einer Vorrichtung zum Ausheizen von mobilen Tritiumspeichern (Getter),
- Entwicklung einer Alternativlösung für die Inertisierung von Handschuhboxen.

Ein wichtiger Meilenstein im Jahr 2015 war die Erweiterung des TLK-Strahlenschutzbereichs um die KATRIN-Transporthalle. Nach Genehmigung durch die Aufsichtsbehörde wurden die Experimentierzonen in Bau 452 mit dem Neubau 457 räumlich sowie Lüftungs- und strahlenschutztechnisch verbunden. Gleichzeitig wurde ein Arbeitsschutz- und Überwachungskonzept für die vielen am Aufbau der KATRIN-Großkomponenten beteiligten externen Mitarbeiter entwickelt.

Die Gruppe Mess- und Automatisierungstechnik (MAT) führte das notwendige Upgrade der PCS7-Software an



Abb. 2: Tritiumkonzentrationsmessung am TTS mittels der Laser-Raman-Spektroskopie.

den Leitsystemen verfahrenstechnischer Anlagen weiter. Ein wichtiger Schritt war dabei das Upgrade an der komplexen CAPER-Anlage. Dies bedeutete unter anderem eine vollständige Neuentwicklung der Automatisierungstechnischen Anwendungsprogramme. Im Vorfeld dieser Arbeiten wurde über eigens entwickelte Routinen ein Simulationstest zum Verhalten der betroffenen Anlagen durchgeführt. Für die Inbetriebnahme der neuen Experimente TRIADE und TRIHYDE sowie von vier neuen Tritiumrückhaltesystemen für KATRIN realisierte MAT die vollständige elektrotechnische und leittechnische Planung. Dies umfasste neben einer detaillierten Schaltschrankplanung mit EPLAN die Planung und Realisierung der Anbindung an das Prozessleitsystem des TLK und die Erstellung von PCS7-Software.

Analytik im TLK

Die Beherrschung der qualitativen und quantitativen Analyse der sechs Wasserstoffisotopologe H_2 , HD, D_2 , HT, DT, und T_2 sowie anderer tritierter Verbindungen (z. B. HTO) ist eine notwendige Voraussetzung für den Umgang mit Tritium und stellt hohe Anforderungen an Experimentatoren und Ausrüstung. Wegen der großen Bedeutung der Analytik für das TLK werden die F&E-Arbeiten programm- und gruppenübergreifend koordiniert und vor allem im Rahmen von studentischen Abschlussarbeiten durchgeführt. 2015 konzentrierten sich die F&E-Arbeiten auf folgende Gebiete:

- Laser-Raman-Spektroskopie an gasförmigen tritiierten Wasserstoffisotopologen, besonders die Entwicklung der Kapillar-Raman-Methode,
- Beta-Induzierte Röntgenspektroskopie (BIXS) an gasförmigen Wasserstoffisotopologen und flüssigem tritiiertem Wasser (siehe KATRIN-Highlight),
- Infrarot-Spektroskopie an flüssigen Wasserstoffisotopologen,
- Betrieb der Experimente TRACE, TRIADE und TapIR.

Parallel zu den reinen F&E-Arbeiten wurden Kalorimeter, Ionisationskammern und Gaschromatografen sowie bestehende Kalibrierverfahren weiter optimiert. Die genannten Instrumente werden standardmäßig genutzt, bilden das Rückgrat der Analytik im TLK und sollten immer einsatzbereit sein. Ein Arbeitsschwerpunkt war die Inbetriebnahme (ohne Tritium) eines Gaschromatografen für die Tritiummesstechnik, die sich aufgrund technischer Probleme bis ins Jahr 2015 hinein zog. 2016 soll das Gerät in die betreffende Handschuhbox eingebaut werden. Die dafür notwendigen verfahrenstechnischen Planungen wurden 2015 weitergeführt.

Blanket- und Tritiumtechnologie

Die zukünftigen Fusionsreaktoren, die mit einer Brennstoffmischung aus Deuterium (D) und Tritium (T) betrieben werden sollen, benötigen sogenannte Blankets (auch Brutblankets genannt), in denen das Tritium über eine Kernreaktion aus Lithium erzeugt wird. Dazu werden Neutronen verwendet, die aus dem eigentlichen Fusionsprozess stammen. Der im Blanket erzeugte Brennstoff Tritium muss möglichst schnell und vollständig aus dem Blanket gewonnen und dann dem Fusionsprozess zur Verfügung gestellt werden.

Im zukünftigen Demonstrationsfusionskraftwerk DEMO sind effiziente verfahrenstechnische Prozesse zum Gewinnen des Tritiums aus dem Brutblanket gefordert.

Diese Prozesse müssen schnell, zuverlässig und ökonomisch ablaufen und zugleich das Tritiuminventar minimieren. Da die aktuell für die Testblanketmodule (TBM) des Experimentalfusionsreaktors ITER verfolgten Konzepte sich nicht auf das wesentlich größere DEMO-Blanket übertragen lassen, sind neue Konzepte für die Extraktion des Tritiums aus dem Blanket gefragt.

Die Konzeptionierung des Tritiumextraktionssystems (TES) für den europäischen DEMO-Reaktor wird für vier unterschiedliche Brutblankets (BB) zeitgleich durchgeführt. Unter Berücksichtigung der DEMO-Vorgaben ist es äußerst wahrscheinlich, dass nur fortgeschrittene Technologien zur Anwendung kommen werden (gegenüber den für ITER ausgewählten Prozessen). Aufgrund des großen Unterschieds zwischen den ITER-TBM und den DEMO-BB sowie der Notwendigkeit, den Durchsatz des TES gegenüber ITER um einen Faktor 1000 zu erhöhen, ist es bei der Konzeptionierung der fortgeschrittenen Prozesse unabdingbar, Energieverbrauch, benötigten Platzbedarf und Tritiuminventar zu minimieren. Deshalb setzt das TLK bei seinen F&E-Vorhaben einerseits weiterhin auf fortgeschrittene Membranprozesse für feste Brutblankets und hat andererseits ein komplett neues F&E-Vorhaben zu fortgeschrittenen Tritiumextraktionstechniken für flüssige Blankets gestartet.

Die Extraktion von Tritium aus flüssigen Brutblankets mithilfe von Vakuumsieben (Vacuum Sieve Trays – VST) galt zunächst als nicht effizient genug. Grund ist das Diffusionsvermögen der Wasserstoffisotopologe in flüssigem PbLi. Kürzlich zeigten Forscher an der Universität Kyoto jedoch, dass fallende Tröpfchen aus PbLi, in denen Wasserstoff gelöst war, im Vakuum zu einer Oszillation mit hoher Frequenz angeregt werden. Dies führt dazu, dass der Wasserstofftransport in den Tröpfchen nach außen zur Tröpfchenoberfläche verbessert und damit die Wasserstoffextraktionseffizienz gesteigert wird. Technisch erweist sich diese Methode als höchst einfach: Aus einem oberen Tank fallen die Tröpfchen durch Sprühdüsen innerhalb des Vakuums und landen in einem unteren Tank (Abbildung 3 links).

Die Extraktionseffizienz wird maßgeblich von der Fallzeit (Höhe der unteren Kammer und Anfangsgeschwindigkeit des Tröpfchens) und den Tröpfchendurchmesser bestimmt. Eine äußerst detaillierte Modellierung der auftretenden Phänomene in einem VST, besonders des Druckverlaufs entlang des Wegs von der oberen zur unteren Kammer (Abbildung 3 rechts), führte zu einem neuen Simulationsprogramm, mit dem sich der Aufbau eines Tritiumextraktionsexperiments designen und die erwartete Effizienz berechnen lässt. Abbildung 4 zeigt, dass für eine typische Anfangsgeschwindigkeit des Tröpfchens von 3 m/s eine

Fallhöhe von 0,8 m als hinreichend angesehen werden kann, um eine Tritiumextraktionseffizienz von mehr als 90 Prozent zu erreichen.

Aufgrund der technischen Komplexität, der relativ hohen Kosten für Tritiumexperimente sowie der Unerfahrenheit am TLK im Umgang mit flüssigen Metallen bei hohen Temperaturen (bis zu 450 °C) wurde entschieden, als Zwischenschritt in einem vorläufigen Aufbau nur mit Deuterium zu arbeiten. Dieser Aufbau wird im Gegensatz zum Tritiumexperiment ein Mehrlochdüsen-VST enthalten, um experimentell mehrere Geometrien untersuchen zu können. Das detaillierte Design des neuen Aufbaus ist bereits weit entwickelt und soll 2016 im TLK realisiert werden.

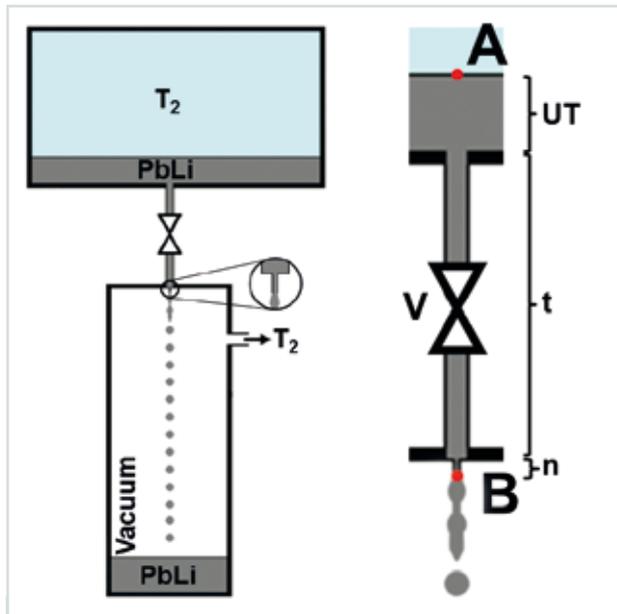


Abb. 3: Prinzip eines Vakuumsiebs (links) und Details für den Übergang aus der oberen Kammer zur unteren Kammer.

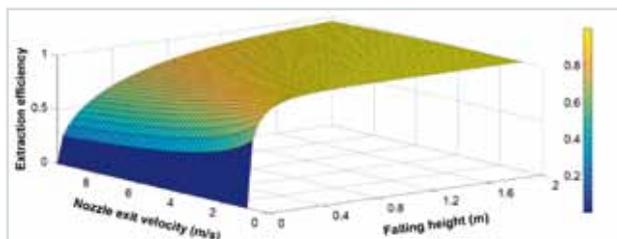


Abb. 4: Berechnete Extraktionseffizienz eines VST als Funktion der Fallhöhe und der Anfangsgeschwindigkeit für einen 0.5 mm Düsendurchmesser unter Berücksichtigung des in Kyoto gemessenen Quasi-Dispersionskoeffizienten.

Highlight: Untersuchung der ortho/para-Konversion von Wasserstoffisotopologen für das Experiment TApIR

Um den zukünftigen Energiebedarf der Menschheit aus nicht fossilen Quellen zu decken, gibt es neben der Erforschung regenerativer Energien auch Bestrebungen, die Kernfusion technisch nutzbar zu machen. Ein wichtiger Zwischenschritt auf diesem Weg ist der International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER), der im südfranzösischen Cadarache gebaut wird.

In der Brennkammer von ITER wird ein Plasma aus Deuterium und Tritium unter Energiefreisetzung zu Helium fusioniert. Um eine stabile Fusionsreaktion zu erhalten, muss das Fusionsplasma permanent gereinigt werden. Außerdem soll das für die Fusion benötigte Tritium nicht von außen zugeführt, sondern direkt im Reaktor erbrütet werden. Die bei der Extraktion des Tritiums und der Plasmareinigung entstehenden Gasströme müssen im Brennstoffkreislauf von Verunreinigungen befreit werden, bis der verbleibende Gasstrom nur noch aus den Wasserstoffisotopologen H_2 , D_2 , T_2 , HD, HT und DT besteht. Diese werden anschließend in einer Isotopentrennungsanlage (Isotope Separation System – ISS) separiert, um das reine Tritium in einen Speicherbehälter überführen zu können. Zentrales Prinzip der ISS ist die kryogene Destillation. Dabei werden die Wasserstoffisotopologe bei Temperaturen um 23 K (-250 °C) analog zur Destillation von Alkohol allein aufgrund ihrer verschiedenen Siedetemperaturen getrennt. Die kryogene Destillation findet in einer Kolonne statt, in deren Sumpf Tritium als das Isotopolog mit dem höchsten Siedepunkt aufkonzentriert wird. An dieser Stelle in der Säule ist es zur Prozesssteuerung und Bilanzierung des Tritiuminventars notwendig, die Tritiumkonzentration in der flüssigen Wasserstoffmischung kontinuierlich zu überwachen.

Eine Möglichkeit zur Konzentrationsüberwachung flüssiger Wasserstoffisotopologe bietet die Infrarotspektroskopie. Diese wird im Experiment TApIR am TLK unter Bedingungen ähnlich denen der ISS auf ihre Anwendbarkeit getestet. Ziele dieses Experiments sind, die Absorptionsspektren flüssiger Wasserstoffisotopologe zu untersuchen und den Zusammenhang zwischen Parametern der IR-Spektren und der Stoffkonzentration zu identifizieren. Eine große Herausforderung liegt im Aufbau eines Experiments, das die physikalischen Bedingungen in der kryogenen Destillation reproduzieren kann und Messungen, auch mit Tritium, ermöglicht. Eine weitere große Herausforderung besteht darin, ausreichende Erkenntnisse zu erlangen, um alle Prozesse im flüssigen Wasserstoff, welche die IR-Absorptionsspektren beeinflussen, genau zu verstehen. Dabei stellt die Konzentration der ortho/para-Modifikationen von H_2 , D_2 und T_2 eine zeitlich variierende Einflussgröße dar. Deshalb ist es von großer Bedeutung, diesen Einfluss quantitativ zu kennen, um die Isotopologenkonzentration in der Flüssigphase mit einer Genauigkeit besser als fünf Prozent zu messen.

Einfluss der Konzentration der ortho/para-Modifikation auf die Infrarotabsorption

Bei den homonuklearen Wasserstoffisotopologen H_2 , D_2 und T_2 kommt es aufgrund der zwingend parallelen oder antiparallelen Kernspinausrichtung der Atome zu einer Verknüpfung der Rotation des Moleküls und der Kernspinausrichtung. Dies führt dazu, dass für eine parallele bzw. antiparallele Kernspinausrichtung nur bestimmte Rotati-

onsenergien zugelassen sind. Aus diesen Energieniveaus ergeben sich genau definierte Energiedifferenzen, die mithilfe der Spektroskopie gemessen werden. Dabei entspricht die Differenz zwischen zwei Energieniveaus der Energie der dazugehörigen spektralen Linie.

Die Anzahl der Moleküle mit einer bestimmten Kernspinausrichtung ist temperaturabhängig. So sind im Fall von H_2 und T_2 bei 0 K alle Moleküle im antiparallelen (para) Zustand, für D_2 im parallelen (ortho) Zustand. Bei Raumtemperatur und höher stellt sich zwischen ortho- und para-Molekülen für H_2 und T_2 das Verhältnis 3:1, für D_2 das Verhältnis 1:2 ein. Da aber die Kernspinausrichtung eines Moleküls schwer zu ändern ist, sind nur Übergänge zwischen Energieniveaus mit gleicher Kernspinausrichtung möglich. Das bedeutet wiederum, dass die zuvor erwähnten thermodynamischen Gleichgewichtsverhältnisse, beispielsweise beim Abkühlen eines Gases, nicht erreicht werden können, da dies durch das Übergangsverbot verhindert wird. Allerdings bestehen Möglichkeiten, dieses nur für isolierte Moleküle strikt geltende Übergangsverbot zu umgehen: Durch Zusammenstöße mit anderen Molekülen oder Oberflächen kommt es zu einer Aufhebung dieses Verbots und zu einer natürlichen Konversion der Kernspinausrichtung ins thermodynamische Gleichgewicht. Im Gas dauert diese Konversion Wochen, in der Flüssigkeit allerdings nur Stunden bis Tage, abhängig vom jeweiligen Isotopolog. Da diese Konversion während der Kalibriermessungen des TApIR-Experiments stattfindet, muss deren Einfluss auf die Infrarotabsorption genau bekannt sein.

Eine besondere Folge der ortho/para-Konversion ist außerdem, dass die bei ihr freiwerdende Energie dazu führt, dass flüssiger Wasserstoff ohne zusätzliche Kühlung im Gegensatz zu beispielsweise Stickstoff in kurzer Zeit verdampft. Daher wird bei der industriellen Wasserstoffverflüssigung gezielt mit speziellen Katalysatoren eine Konversion herbeigeführt. Eine wenig untersuchte Eigenschaft der dafür verwendeten Katalysatoren ist deren zusätzliche Fähigkeit zur chemischen Katalyse, beispielsweise nach der Reaktionsgleichung $H_2 + D_2 \rightleftharpoons 2 HD$, die in bestimmten Verfahrensschritten unerwünscht sein kann. Sowohl die ortho/para als auch die chemische Katalyse sind über den Prozess der sogenannten Chemisorption möglich, bei der Wasserstoffmoleküle dissoziieren und sich die entstehenden Wasserstoffatome an der Oberfläche anlagern. Lösen sich die Atome wieder, rekombinieren sie im chemischen und ortho/para Gleichgewicht bei der aktuell vorliegenden Katalysatortemperatur. Da für die Aufspaltung der Moleküle Energie benötigt wird, ist zu erwarten, dass die chemisorbierenden Katalysatoren bei tiefen Temperaturen schlechter funktionieren. Im Gegensatz dazu basieren reine ortho/para-Katalysatoren auf der Physisorption, bei der sich die Moleküle als Ganzes an der Oberfläche anlagern. Das Umklappen des Kernspins erfolgt an der Katalysatoroberfläche durch mikroskopische, starke Mag-

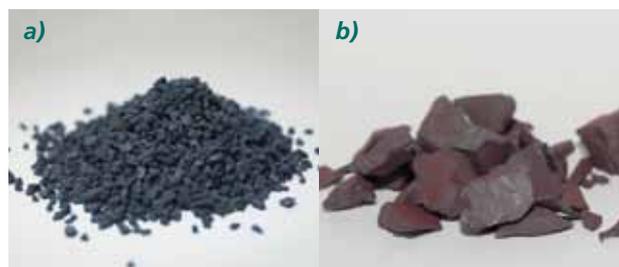


Abb. 5: Palladium- (a) und Eisenoxydkatalysator (b).

netfelder. Zur Untersuchung dieses Verhaltens wurde am TLK die Temperaturabhängigkeit der ortho/para- und chemischen Konversionsfähigkeit von Palladium und Eisenoxid gemessen (siehe Abbildung 5).

Aufbau des Experiments

Zum besseren Verständnis der katalytischen ortho/para-Konversion und chemischen Konversion wurde im TAPiR-Experiment ein mit flüssigem Stickstoff auf 77 K kühlbarer ortho/para-Konverter integriert (siehe Abbildung 6). Dieser wird in einem Kreislauf zusammen mit einem Raman-Messsystem betrieben, welches das ortho/para-Verhältnis und die chemische Zusammensetzung der Wasserstoffisotopologenmischung gleichzeitig und in nahezu Echtzeit messen kann. Mithilfe dieses Kreislaufs lassen sich Gasmischungen katalytisch bei Raumtemperatur und 77 K konvertieren und mit Raman-Spektroskopie untersuchen. Dies erlaubt eine Charakterisierung und einen Vergleich ver-



Abb. 6:
Ortho/para-Katalysator
im Betrieb
bei 77 K.

schiedener Katalysatormaterialien nicht nur in Bezug auf das ortho/para-Verhältnis, sondern auch im Hinblick auf den Einfluss der Katalysatoren auf das chemische Gleichgewicht der Wasserstoffisotopologe.

Vergleich des chemischen und ortho/para Konversionsverhaltens eines Palladium- und Eisenoxidkatalysators

Mithilfe einer Umwälzpumpe wurden Gasmischungen aus reinem H_2 und D_2 über den kühlbaren Katalysator zirkuliert, der im ersten Versuch Eisenoxid und im zweiten Palladium enthielt. Der Gasstrom wurde kontinuierlich mithilfe des Raman-Messsystems auf die chemische und ortho/para Zusammensetzung analysiert. Im ersten Schritt wurden Messungen bei Raumtemperatur durchgeführt. Anschließend wurde der Katalysator in einem Bad aus flüssigem Stickstoff auf 77 K gekühlt. Nach kurzer Zeit wurde das Bad entfernt, sodass sich der Katalysator innerhalb weniger Minuten wieder aufwärmen konnte. Dieser Vorgang wurde mehrfach wiederholt. Abbildung 7 zeigt einen typischen Zeitverlauf der chemischen und ortho/para Zusammensetzung bei zyklischer Abkühlung (bei ca. 3 h und 23 h) und Erwärmung des Eisenoxid-Katalysators. Über die Zeit von 43 Stunden ist nur eine geringe Änderung der chemischen Zusammensetzung zu sehen, was auf das physisorbierende Verhalten des Katalysators zurückzuführen ist.

Im Gegensatz dazu kommt das ortho/para-Verhältnis beim Abkühlen auf 77 K innerhalb weniger Minuten ins Gleichgewicht. Da dieses Gleichgewicht für D_2 aufgrund der größeren Masse näher am Gleichgewicht bei Raumtempera-

tur liegt als für H_2 , fällt die Änderung des ortho/para-Verhältnisses für D_2 deutlich geringer aus. Im warmen Zustand (ca. 3h bis 23h und 27h bis 43 h) zeigt sich eine Rückkonversion in das Gleichgewicht bei Raumtemperatur, die allerdings deutlich langsamer als die Konversion im Kalten stattfindet. Dieses Verhalten entspricht den Erwartungen für einen physisorbierenden Katalysator, da es für die Moleküle bei hohen Temperaturen weniger leicht ist, an der Oberfläche des Katalysators anzuhängen und somit zu katalysieren. Der untersuchte chemisorbierende Palladium-Katalysator zeigt wiederum das entgegengesetzte Verhalten, eine schnelle ortho/para, aber auch chemische Katalyse bei Raumtemperatur und eine sehr langsame Katalyse bei 77 K.

Zusammenfassung und Ausblick auf zukünftige Experimente

Mithilfe eines kühlbaren Katalysators und eines Raman-Messsystems, das sowohl die chemische als auch die ortho/para Zusammensetzung von Wasserstoffisotopologen in Echtzeit messen kann, wurden ein Eisenoxid- und ein Palladiumkatalysator in Hinblick auf chemische und ortho/para Katalysfähigkeit charakterisiert. Dabei wurde nachgewiesen, dass die Eigenschaften beider Katalysatormaterialien auf den Oberflächeneffekten der Physisorption – im Fall von Eisenoxid – bzw. der Chemisorption – im Fall von Palladium – beruhen. So lassen

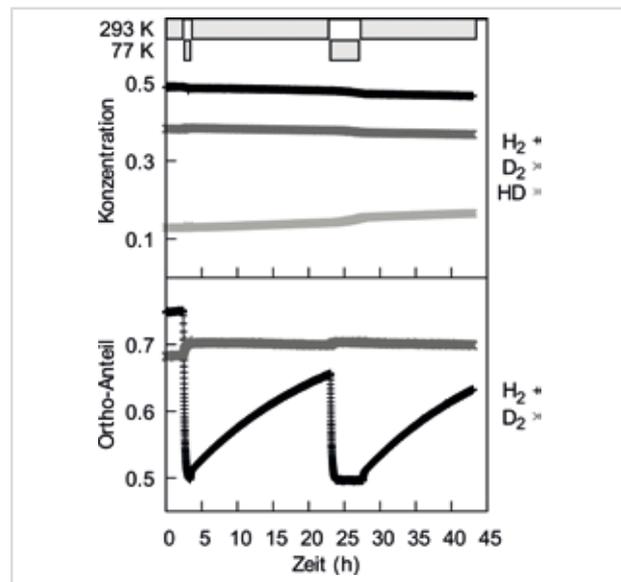
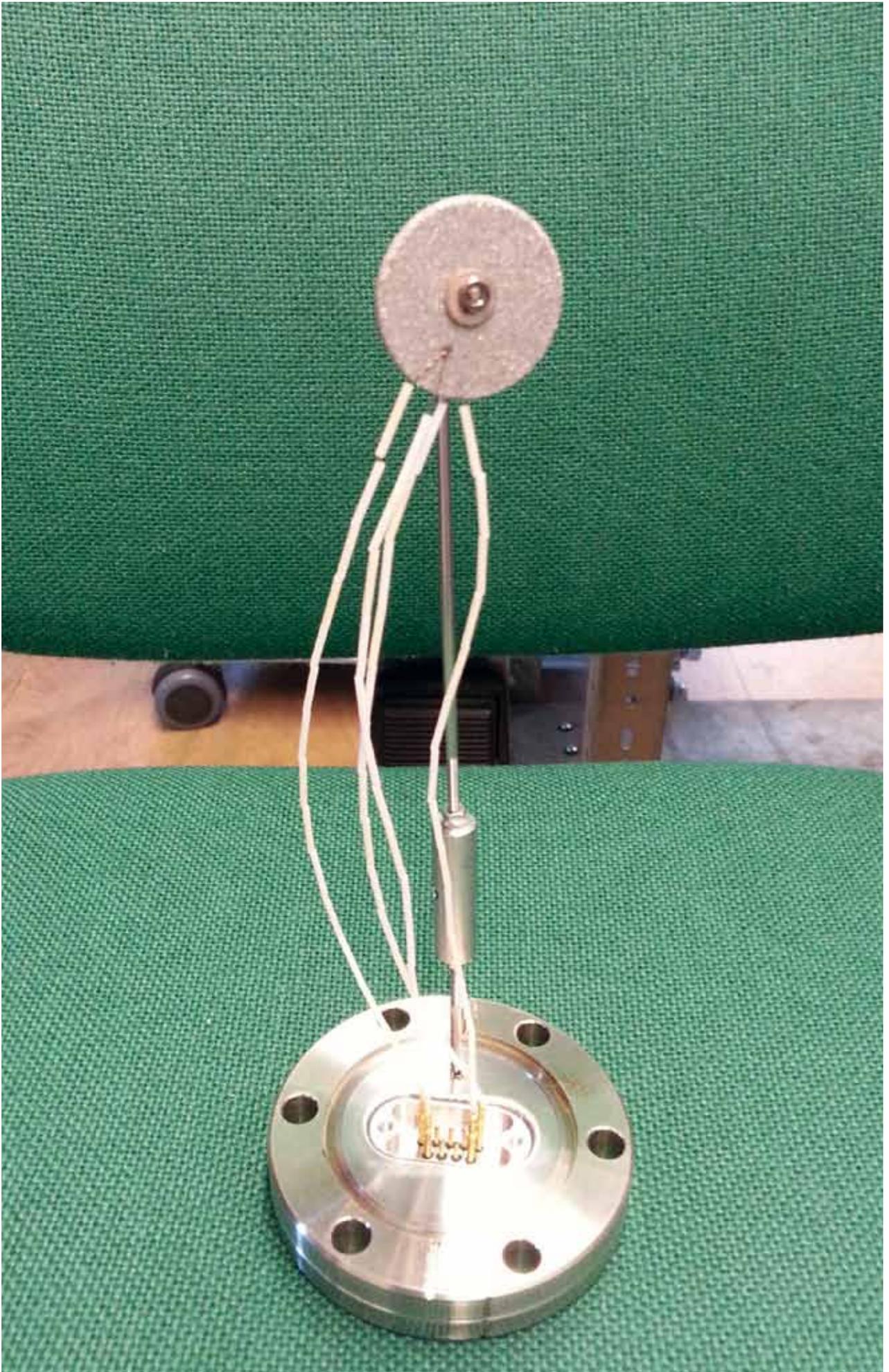


Abb. 7: Zeitverlauf der chemischen Zusammensetzung und des ortho-Anteils bei zyklischer Abkühlung und Erwärmung des Eisenoxid-Katalysators.

sich durch die Kombination eines Eisenoxid- und eines Palladiumkatalysators die Nachteile beider Materialien für die ortho/para-Katalyse ausgleichen und eine unabhängige Einstellung des chemischen und ortho/para Verhältnisses ermöglichen. Die Raman-Messsysteme am TLK bieten ideale Bedingungen für diese Art von Untersuchungen. Zukünftige Experimente werden sich der Qualifizierung eines solchen kombinierten Katalysators für die Gasversorgung des TAPiR-Experiments widmen. In Kalibriermessungen unter Verwendung dieses Katalysators kann dann der Einfluss des ortho/para-Verhältnisses auf die Infrarotabsorption bestimmt und korrigiert werden, was eine Messung der Konzentration flüssiger Wasserstoffisotopologe mit einer Unsicherheit kleiner fünf Prozent ermöglicht.



Neue Gettermaterialien im Test: Mehr als 2 Millionen solcher Scheiben werden in einer einzigen Vakuumpumpe integriert – aber nur, wenn sie gut pumpen!

Ergebnisse aus den Forschungsbereichen

Vakuumtechnik

Leitung: Dr. Christian Day

Im Jahr 2015 wurden im Bereich die drei neuen Vakuumumpumpentechnologien für das Fusionskraftwerk DEMO wesentlich weiterentwickelt. Darüber hinaus wurde die Architektur des gesamten inneren Brennstoffkreislaufs für DEMO aufgesetzt und konsolidiert. Um die Tritiuminventare zu reduzieren, enthält der innere Brennstoffkreislauf von DEMO nun drei Teilkreisläufe: Der erste Teilkreislauf führt direkt aus den Vakuumpumpen unverbrannten Brennstoff an die Pelletinjektoren, der zweite ist ein kontinuierlich betriebener Bypass innerhalb der Tritiumanlage, und der dritte ist schließlich der mit Kryodestillation und Wasserdetriiierung ausgerüstete Umlauf, der die verbleibenden Wasserstoffisotope in die reinen Wasserstoffisotope überführt.

Diese Arbeiten sind fest im Europäischen Fusionsprogramm verankert. Das Management des Arbeitspaketes PPPT-TFV (Tritium-Materiezufuhr-Vakuum) hat sich etabliert, siehe Abbildung 1, und lief ohne größere Abweichungen vom Zielplan ab. Im Physikprogramm konnte gezeigt werden, dass der eigene Neutralteilchen-Code DIVGAS wertvolle Resultate liefert, die deutlich über das hinausgehen, was mit den herkömmlichen Codes in diesem Bereich zur Zeit erzielt werden kann

Vakuumtechnologie für DEMO

Das für DEMO in den letzten Jahren entwickelte neue Konzept arbeitet im Gegensatz zu den kryogenen Vakuumpumpen an ITER kontinuierlich und ohne Kryogen. Durch eine fest eingebaute Separation des Divertorabgases kann zudem ein Großteil des unverbrannten Brennstoffs direkt recyclet werden, wodurch sich die aufgebauten Tritiuminventare und Prozessierzeiten deutlich verringern lassen. Dieses sogenannte DIR-Konzept (Direkte Interne Rezyklierung) besteht aus drei Pumpstufen. Zur Separation sollen superpermeable Me-

tallfolien verwendet werden. Als Hochvakuumpumpe werden Diffusionspumpen eingesetzt, die, um tritiumverträglich zu sein, mit dem Flüssigmetall Quecksilber betrieben werden. Als mechanische Pumpe zur Kompression bis Umgebungsdruck werden schließlich Flüssigkeitsringpumpen verwendet, die ebenfalls mit Quecksilber als Arbeitsmittel betrieben werden.

Der Arbeitsschwerpunkt in der Pumpenentwicklung wurde 2015 auf einen Pumpstand zur Verwendung in der Tritium-Anlage von JET (Active Gas Handling System AGHS) gelegt. JET sieht für den Zeitraum 2018 bis 2020 eine Versuchskampagne mit Tritium und Deuterium-Tritium-Mischungen vor. Dies ist die erste Kampagne mit tritiumhaltigen Gasen seit dem trace-tritium Experiment in 2004 und der letzten längeren Kampagne mit stark tritiumhaltigen Gasen in 1998. Schon für die Kampagne 2004 wurde ein Kryovakuumpumpstand von uns entwickelt und im AGHS eingebaut und mit Erfolg betrieben. Für die bevorstehende Tritium-Kampagne benötigt JET einen tritium-kompatiblen Vorvakuumumpstand. Dies hat sich als beträchtliches Problem herausgestellt, weil die einzige Firma, die die benötigten tritium-kompatiblen Vakuumpumpen in entsprechenden Größen kommerziell baut, vom Markt verschwunden ist. So entstand die Möglichkeit, die neue Technologie der Quecksilberringpumpen für DEMO bereits zu diesem frühen Stadium in einer richtigen Anwendung zu testen. Es wurde daher innerhalb des Europäischen Fusionsprogramms mit JET vereinbart, einen kompletten Pumpstand zu entwickeln und zu bauen, der dann, nach Abnahme an der Testanlage THESEUS am KIT, in AGHS eingebaut werden wird. Dieser Pumpstand wird nicht nur zwei Quecksilber-Flüssigkeitsringpumpen enthalten, um die Anforderungen an die JET-Vorpumpen zu erfüllen, sondern auch noch eine zuschaltbare Booster-



Abb. 1: Jahresabschlusstreffen des TFV-Teams im Forschungszentrum Culham (JET), England.



Abb. 2: Schaltschrankmontage des JET-Pumpstands.

Einheit, die auf dem Quecksilberdiffusionspumpenprinzip beruht. Damit kann die Vorpumpe direkt als Vorpumpe für die verwendeten Tubomolekularpumpen bei JET eingesetzt werden. Und es werden erste Erfahrungen mit Quecksilberdiffusionspumpen gesammelt.

Eine wichtige Funktionalität, die bei der Benutzung der Pumpe in der JET DT-Kampagne gezeigt werden soll, ist der verlässliche Betrieb der Baffles am Pumpenein- und auslass für eine sichere Handhabung des Quecksilberinventars im Pumpmodul. Der größte Teil der Komponenten für den JET-Pumpstand ist inzwischen beschafft, und die Integration ist bereits gut vorangeschritten, siehe Abbildung 2. Die nötigen Anträge für die Umbauarbeiten innerhalb AGHS sind auf den Weg gebracht, und die Sicherheitsstudien liegen vor. Im nächsten Jahr findet die Inbetriebnahme und Abnahme statt.

Die zweite Technologie für DEMO ist die Metallfolienpumpe, die auf dem Prinzip der plasmagetriebenen Permeation beruht, die sogenannte Superpermeabilität. Damit wird eine Separation des Abgases der Fusionsmaschine in einen Teil aus reinen Wasserstoffisotopologen (für die Rezyklierung) und einen an Helium angereicherten Teil erzeugt. Im Gegensatz zur gasgetriebenen Permeation kann beim Durchgang durch die Metallfolie außerdem eine Kompression des Wasserstoffstroms erzielt werden. Das Herzstück dieser Technologie ist die Metallfolie, deren Wirksamkeit von vielerlei Faktoren, insbesondere der Oberflächenbeschaffenheit abhängt. Es ist ein Ziel des Entwicklungsprogramms in den nächsten Jahren, die Folientechnologie besser zu verstehen, erste theoretische Ansätze zur Simulation zu entwickeln und danach in Versuchen zu validieren. Als erster Schritt in diese Richtung wurden in diesem Jahr umfangreiche Tests gemacht, um den Superpermeationseffekt als solchen zu demonstrieren, was in sehr erfolgreicher Art und Weise gelungen ist. Auf dieses Highlight wird weiter unten in diesem Bericht im Detail eingegangen.

Trotz aller bisherigen Erfolge ist dieses neue Konzept natürlich hoch risikoreich, weil noch nie dagewesen. Als potentielle Alternative für die neuen DEMO-Pumptechnologien sieht das Programm daher wieder Kryopumpen vor, für die aus dem ITER-Programm viel Erfahrung vorliegt. Allerdings sollen auch diese einen selektiven Pumpbetrieb ermöglichen, so dass das DIR-Prinzip auch im Alternativszenario umgesetzt werden kann. Dazu nutzt man den Effekt aus, dass die Pumpwahrscheinlichkeiten für die verschiedenen Teilchenarten unterschied-



Abb. 3: Testpanelfläche für die Tests in TIMO-2.

liche Temperaturabhängigkeiten zeigen. Durch geschickte Wahl der Temperatur an verschiedenen in der Kryopumpe installierten Flächen kann man daher eine Auftrennung der zu pumpenden Gasmischung bereits während des Pumpens erzielen, und dann separat regenerieren. Da Daten zu den benötigten Temperaturen (und den sich dabei einstellenden Haftwahrscheinlichkeiten) nicht vorliegen, wurden in 2015 erste Messungen dazu in der Kryovakuumtestanlage TIMO-2 durchgeführt. Diese Tests werden im nächsten Jahr fortgesetzt, siehe Abbildung 3.

Schließlich werden im Rahmen des DEMO-Entwicklungsprogramms auch noch Pumpen für Neutralteilcheninjektoren (NBI) entwickelt. Hierfür könnten auch die neuen Diffusionspumpen eingesetzt werden, aber alternativ dazu wird die Verwendung von neuen Gettermaterialien diskutiert. Diese zeichnen sich gegenüber den bisher erhältlichen konventionellen Getterwerkstoffen dadurch aus, dass sie eine deutlich höhere Pumpkapazität versprechen, eine zwingende Voraussetzung bei den erwarteten relativ hohen Drücken und Gasdurchsätzen im NBI.

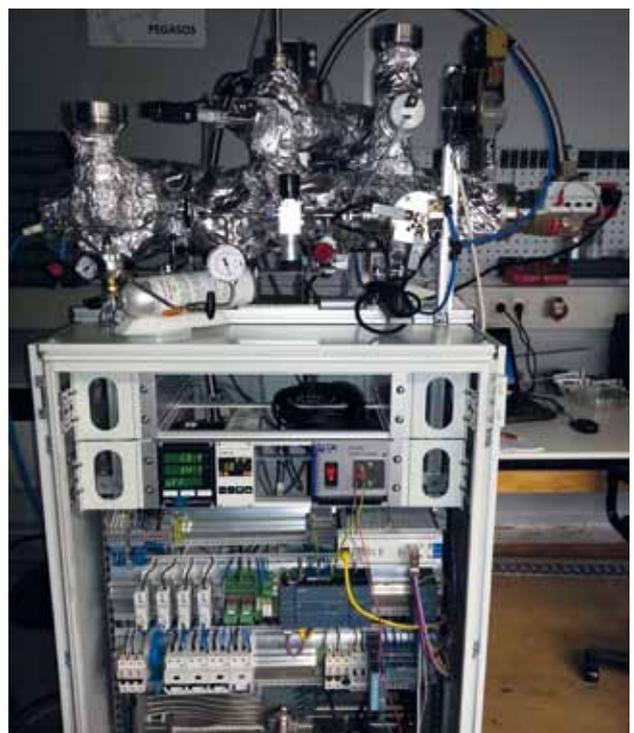


Abb. 4: Anlage PEGASOS zur Charakterisierung von Gettermaterialien.

Für die Charakterisierung der neuen Materialien wurde zusammen mit dem Hersteller SAES Getters, Italien ein experimentelles Programm geeinigt. Dazu wurde im Labor bei KIT die Versuchsanlage PEGASOS (Pumping Experiment for Getter Alloys as SOption Systems) aufgebaut, mit der die NEG-Scheiben unter relevanten Bedingungen (Druck, Beladung mit Wasserstoff) charakterisiert werden können. Die Anlage ging inzwischen in den Routinebetrieb, siehe Abbildung 4.

DEMO Physikprogramm

Im DEMO-Physikprogramm konzentriert sich der Bereich im wesentlichen auf die Physik des Teilchenabtransports im Divertor eines Tokamaks, siehe Abbildung 5. Und hier insbesondere auf den Bereich unterhalb der Divertorkassetten: Hier ist das Plasma wieder in Neutralgas umgewandelt, und dies ist der Bereich, wo die Pumpsysteme ankoppeln.



Abb. 5: Blick auf den Divertorring von JET.

Das Plasmaszenario für DEMO wird sich wesentlich von dem von ITER unterscheiden. So ist es nötig, ein Divertorplasma im sogenannten 'detachment Modus' aufrecht zu halten, nur dann können die resultierenden Wärmelasten von den Divertormaterialien bei gleichzeitiger Neutronenstrahlung beherrscht werden. Dieser Plasmazustand ist noch nicht völlig verstanden, man möchte daher in das Design der Maschine möglichst viele Kontrollmöglichkeiten einbauen. Auch hier kommen wieder die Pumpsysteme ins Spiel. Sie müssen das bei der Fusionsreaktion gebildete Helium abziehen (zusammen mit dem unverbrannten Brenngas und anderen benötigten Hilfsgasen, die dem Plasma zugefügt werden, um die Stabilität zu erhöhen). Die Divertorstrecke muss daher nach oben offen sein, um die Teilchen aufnehmen und abführen zu können, andererseits wäre eine Verdichtung hilfreich, um im gleichen Volumen eine höhere Teilchenzahl ausschleusen zu können. In bisherigen Fusionsanlagen hat man daher den Divertor mit einem sogenannten Dom versehen. Für DEMO haben wir nun mit dem eigenen Neutralteilchencode DIVGAS

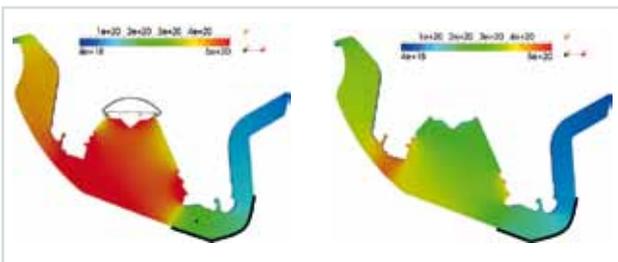


Abb. 6: Vergleich des Dichteprofiles (in der Einheit Teilchen/m³), im Sub-divertor. Deutlich wird die Verringerung der Dichte bei Wegnahme des Doms.

eine prinzipielle Studie zur Charakterisierung des Divertordoms begonnen. Erste Ergebnisse zeigt Abbildung 6. Diese Aktivität wird nun im Rahmen einer Schwerpunktsaktivität auf europäischer Ebene weitergeführt.

Arbeiten für ITER

Für die NBI-Vakuumanlage agiert der Bereich als Unterauftragnehmer der italienischen Fusionsassoziation Consorzio RFX. In dem Berichtszeitraum wurde am Detaildesign des Restionenfängers des NBI gearbeitet. Dies ist eine Komponente, die mit keramischen elektrischen Isolatoren aufgestellt ist und im Betrieb extrem hohe Wärmelasten aushalten muss. Damit verbunden sind beträchtliche thermische Ausdehnungen, die zu Schädigungen in den Keramikbauteilen führen, wenn man diese nicht sorgfältig auslegt. Es waren daher umfangreiche Rechnungen nötig, um die Bauteile ausreichend zu dimensionieren.

Arbeiten für JT-60SA

Der Bereich ist auch schon seit Jahren im Europäischen Programm zur Vorbereitung des Versuchsbetriebs der japanischen Tokamakmaschine JT-60SA aktiv. Hier wurden im Berichtszeitraum äußerst wertvolle und erfolgreiche Benchmarkrechnungen des DIVGAS Codes mit dem japanischen Gegenstück NEUT2D gemacht. Aller-



Abb. 7: Die neue Tribüne in der Vakuum-Versuchshalle.

dings hat nur DIVGAS die Fähigkeit Strömungen im Übergangsbereich zu beschreiben. JT-60SA wird 2019 in Betrieb gehen und in den 20er Jahren die zentrale Maschine zwischen ITER und DEMO werden.

Infrastrukturmaßnahmen

In diesem Jahr war es möglich, zwei äußerst wichtige Infrastrukturmaßnahmen umzusetzen. Zum einen war dies der Aufbau eines Linux-Rechnerclusters mit 8 Knoten (200 Intel Xeon Prozessoren), als in-house Arbeitspferd für die Monte Carlo Rechnungen. Zum anderen wurde die Versuchshalle in Bau 276 erneuert und eine Tribüne aufgebaut, so dass die Laborfläche fast verdoppelt werden konnte, siehe Abbildung 7. Solche Maßnahmen bedeuten eine besonders große Herausforderung.

Highlight 2015 Vakuumtechnik: Nutzung der Superpermeation als Pumpe

Seit einigen Jahren ist die Entwicklung eines neuen und deutlich effizienteren Vakuumprozesses für ein Fusionskraftwerk ein Schwerpunkt unserer Forschung. Dabei arbeiten wir an der Umsetzung des von uns patentierten KALPUREX Prozesses. Auch dieses Jahr kam wieder ein weiteres wichtiges Puzzleteil hinzu. Neben den beiden mit Flüssigmetall arbeitenden Pumpen ist die Metallfolienpumpe ein unerlässlicher Teil des Prozesses. Sie erlaubt das „Direct Internal Recycling“ der Prozessgase in einem Fusionskraftwerk. Dies ist für ein Kraftwerk unerlässlich, da das Tritiuminventar eines solchen Reaktors auf einen Wert begrenzt ist, der ohne dieses Verfahren nicht zu erreichen ist. Die Metallfolienpumpe hat deshalb zwei Funktionen. Neben dem Pumpen, also dem komprimieren eines Gasstromes, muss sie in der Lage sein Wasserstoff und seine Isotopologe von anderen Gasen zu trennen. In diesem Jahr konnten wir den ersten Schritt, das Komprimieren von Wasserstoff, demonstrieren.

Wie funktioniert eine Metallfolienpumpe?

Eine Metallfolienpumpe ist eine Pumpe ohne bewegte Teile. Sie verwendet einen Membraneffekt, der Superpermeation heißt, um Wasserstoff zu pumpen. Um den Effekt nachzuvollziehen, ist es zunächst wichtig den Prozess der normalen Permeation von Wasserstoff durch eine Metallfolie zu verstehen. Dieser ist in Abbildung 8 schematisch dargestellt. Für die Permeation lagert sich zuerst ein Wasserstoffmolekül an der Metalloberfläche an (1). Dort kann es sich aufspalten (2) und in atomarer Form in das Metallgitter eindringen (3). Das Atom bewegt sich dann von einem Zwischengitterplatz zum nächsten und erreicht so die andere Seite des Metalls (4). Dort kann es dann wieder an die Oberfläche kommen (5). Trifft es dort ein weiteres Wasserstoffatom (5),

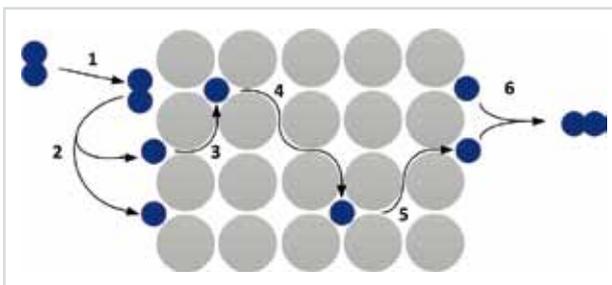


Abb. 8: Schema der Permeation von Wasserstoff (blau) in Metall (grau).

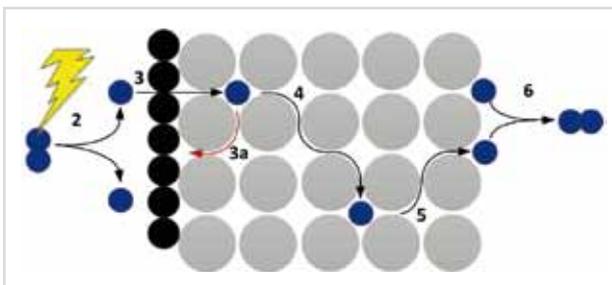


Abb. 9: Schema der Superpermeation von Wasserstoff (blau) durch ein Metall (grau). Die Oxidschicht (schwarz) schränkt den Prozess auf eine Richtung ein.

tom, kann es mit diesem wieder ein Molekül bilden und in die Gasphase übergehen (6).

Für die Permeation ist es also wichtig eine saubere Metalloberfläche zu haben, an die sich der Wasserstoff binden kann. Will man die Permeation von Wasserstoff dagegen verhindern, wird deshalb häufig eine Schutzschicht auf der Metalloberfläche aufgebracht. In der Vakuumtechnik wird beispielsweise in einem sogenannten „air bake“ eine Oxidschicht erzeugt, die als Schutzschicht agiert.

In einer Metallfolienpumpe wird nun eine solche Schutzschicht genutzt, um den Prozess auf eine Richtung zu beschränken und somit pumpen zu können, siehe Abbildung 9. Dabei wird das Wasserstoffmolekül schon vor der Metallfolie durch ein Plasma aufgespalten (2). Nun benötigt es keine saubere Metalloberfläche mehr, um in das Metallgitter einzudringen (3). Ist der atomare Wasserstoff im Metall, kann dieser allerdings nicht mehr an die Oberfläche zurückkehren (3a) und muss daher mit dem zuvor erklärten Prozess (4-6) die Folie durchdringen.

Bei der „normalen“ Permeation kann der Prozess natürlich in beide Richtungen ablaufen, sodass hier der Druckunterschied zwischen den beiden Seiten der Folie die treibende Kraft ist. Bei der Superpermeation ist das nicht der Fall, der Wasserstoff wird nur auf einer Seite aufgespalten. Dadurch läuft der Prozess nur in eine Richtung ab.

Welches Metall wird eigentlich genutzt?

Die Anforderungen an das Metall sind vielfältig, der Wasserstoff muss sich gut in dem Metall bewegen können, es muss eine große Menge an Wasserstoff im Metall löslich sein und das Metall muss eine stabile Oberflächenschicht ausbilden können. Die hohe Beweglichkeit von Wasserstoff ist insbesondere bei Metallen mit einer kubisch-raumzentrierten Gitterstruktur gegeben. Die Metalle Vanadium, Niob und Tantal eignen sich besonders, da sie alle Kriterien erfüllen. Des Weiteren haben diese Metalle noch einen weiteren Vorteil, die Lösungsenthalpie von Wasserstoff in diesen Metallen ist negativ, was eine Verwendung bei Temperaturen nahe der Umgebungstemperatur ermöglichen sollte. Bei den hier vorgestellten Tests wurde Vanadium verwendet.

Wie wird der Effekt gemessen?

Im HERMES-Experiment, Abbildung 10, das zum Untersuchen der Superpermeation entworfen und gebaut



Abb. 10: Einfaches Prinzip, aber aufwändig in der Umsetzung: Das HERMES-Experiment.

wurde, sind zwei Vakuumkammern durch eine Metallfolie getrennt. Die eine Kammer verfügt über eine Gaszufuhr und eine Plasmaquelle, die andere wird durch eine Turbomolekularpumpe auf einen sehr niedrigen Druck evakuiert. Durch das Schließen eines Schiebers vor dieser Pumpe kann dann eine Messung gestartet werden. Der durchgetretene Gasstrom kann anhand des Druckanstieges in der zuvor evakuierten Kammer gemessen werden.

Was wurde dieses Jahr festgestellt?

Nach größeren Umbaumaßnahmen, z. B. musste die Plasmaquelle repariert werden, konnte dieses Jahr mit systematischen Tests begonnen werden.

Der wohl größte Erfolg war die Demonstration einer hohen Kompression von Wasserstoff. In Abbildung 11 sind die Drücke in den beiden Kammern von HERMES zu sehen. Der Druck in der Plasmakammer liegt relativ konstant bei 2 Pa. in der anderen Kammer steigt der Druck

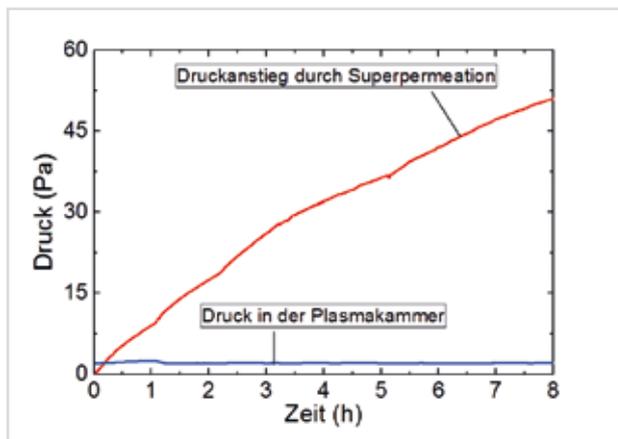


Abb. 11: Kompression von Wasserstoff ohne bewegte Teile in der Versuchsanlage HERMES.

durch die Superpermeation auf einen um Faktor 25 höheren Wert auf über 50 Pa.

Der Druck steigt nahezu linear über den Testzeitraum an. Die Schwankungen im Druck können direkt auf Temperaturänderungen der Metallfolie zurückgeführt werden. Der kontinuierlich lineare Druckanstieg zeigt, dass hier noch keine Höchstgrenze erreicht ist und bei Bedarf auch noch höhere Kompressionen erreicht werden könnten.

Eine weitere Aufgabe der Metallfolienpumpe wird das Trennen von Gasmischungen sein, dabei ist besonders wichtig, dass Helium nicht auch die Metallfolie durchdringen kann. Auch wenn HERMES bisher nicht in der

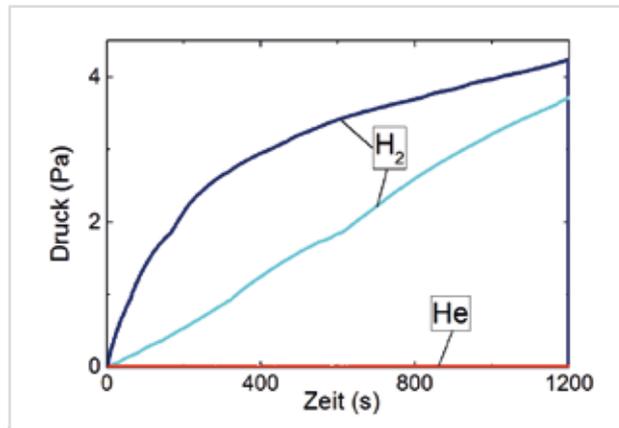


Abb. 12: Druckanstieg bei Experimenten in HERMES für die reinen Gase Helium und Wasserstoff. Der Druck in der Plasmakammer wurde jeweils bei etwa 2 Pa konstant gehalten.

Lage ist, Gasmischungen zu analysieren, wurden Messungen mit reinem Helium durchgeführt.

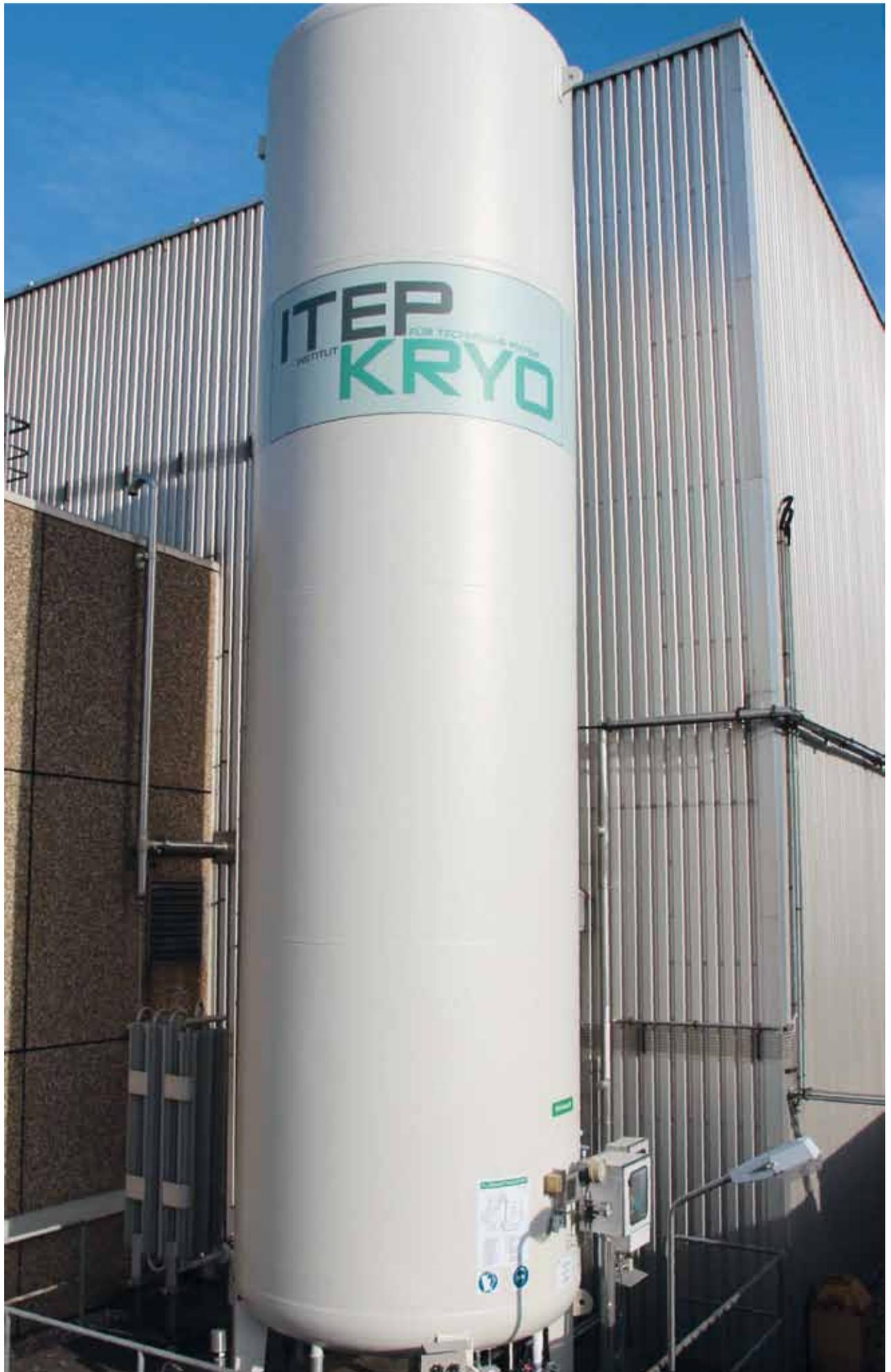
Wie aus Abbildung 12 entnommen werden kann, ist die Permeation von Helium deutlich geringer als die von Wasserstoff. Bei genauerem Betrachten der Werte zeigt sich, dass diese um etwa vier Größenordnungen kleiner ist. Dieser große Unterschied lässt auf eine erfolgreiche Gastrennung hoffen.

Wie geht es jetzt weiter?

Abbildung 12 zeigt nicht nur das vielversprechende Verhalten bei den verschiedenen Gasen, sondern verdeutlicht auch eine weitere Herausforderung für eine Pumpe auf Basis der Superpermeation. Die beiden Druckanstiege für Wasserstoff haben nicht nur unterschiedliche Steigungen, sondern auch eine andere Form. Solch unterschiedliche Messungen werden durch eine andere Vorbehandlung der Folie und andere Temperaturen der Folie erreicht. Die hier ablaufenden Prozesse sind noch nicht voll verstanden und werden ein Thema für die nächsten Untersuchungen sein.

Um sowohl die Gastrennung, als auch das Verhalten der Metallfolie besser zu verstehen, steht jetzt eine Anlagenerweiterung für HERMES an. Für die Analyse von Gasmischungen wird ein Quadrupolmassenspektrometer angeschafft, die bessere Behandlung von Metallfolien wird durch eine neue Heizung, die höhere Temperaturen erreichen kann, ermöglicht.

Neben diesen experimentellen Aufgaben wird auch die Modellierung der Vorgänge einen Schwerpunkt im kommenden Jahr bilden.



LN₂-Behälter.

Ergebnisse aus den Forschungsbereichen

Kryotechnik

Leitung: Dr. Holger Neumann

Kryoinfrastruktur

Auch im Jahr 2015 gewährleistete der Bereich Kryotechnik einen erfolgreichen Betrieb seiner Helium-Kälte- und Rückgewinnungsanlagen am ITEP. Dazu nahm er umfangreiche Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten vor, unter anderem:

- Austausch von Verdichter des Kaltwassersatzes der 2-kW-He-Tieftemperaturanlage inklusive Kältemittelumstellung (s. Abbildung 2)
- Reparatur von Ölpumpen der Verdichtereinheiten FE 10
- Totalrevision Rückverdichter V20
- Aufbau einer Testeinrichtung für Druck- und Dichtungsprüfungen der Stromzuführungs-Wärmeübertrager von JT60, Stromzuführung 20 kA für Leckraten von $\approx 1 \times 10^{-9}$ mbar l/s
- Aufbau eines Schalt- und Instrumentenschrankes der Helium-Reinigungsanlage inklusive neuer Ventile
- Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen an Behältern und Anlagenteilen (s. Abbildung 3)
- Sanierungs- und Lackierarbeiten am LN₂-Speichertank 406
- Mess-, Steuer-, Regeltechnik-Erweiterungsarbeiten bei CuLTka
- State-of-the-art-Softwareprogrammierung des Helium-Bilanz Abrechnungsprogramms

Die 300-W-He-Tieftemperaturanlage war im Betriebsjahr 2015 (Stand November) insgesamt 914 Stunden in Betrieb. Davon entfielen 371 Stunden auf den Verflüssigungsbetrieb, 63 Stunden auf den Spülbetrieb sowie das Kalt- und Warmfahren der Anlage, sodass insgesamt 480 Stunden reine Kälteleistung für Experimente im



Abb. 1: Aufbau des Armaturenschranks der He-Rückgewinnungsanlage.

Hochfeldmagnetbereich und für den Kryostaten FBI erbracht wurden.

Die 2-kW (4,5-K)-Helium-Tieftemperaturanlage war 2015 für 3 439 Stunden in Betrieb. Davon entfielen 700 Stunden auf den Verflüssigungsbetrieb, 371 Stunden auf den Spülbetrieb sowie das Kalt- und Warmfahren der Anlage. Somit wurden 2368 Stunden reine Kälteleistung für Experimente in den Bereichen Fusion und Vakuumtechnik erbracht.



Abb. 2: Einblick in den zerstörten Zylinder des Kaltwassersatzes der 2-kW-He-Tieftemperaturanlage.

Insgesamt erreichten die Tieftemperaturanlagen eine Verflüssigungsleistung von 237 175 Litern Helium. Davon wurden 109 649 Liter für Experimente am ITEP verwendet, während 134 526 Liter an andere Institute gingen.



Abb. 3: Neuer Saugdruck-Puffer-Behälter D2171.

Die 500-W (4,5-K)-He-Tieftemperaturanlage für das KATRIN-Experiment war im Jahr 2015 nur rund 50 Stunden für Instandhaltungsmaßnahmen in Betrieb, um eine Betriebsbereitschaft für die CPS-Abnahme 2016 zu prüfen.

An allen He-Tieftemperaturanlagen sowie den Reinigungs- und Speicheranlagen führten die Mitarbeiter

der Kryoinfrastruktur die notwendigen Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten umgehend aus. Die Gesamtbetriebsstunden der Reinigungs- und Rückgewinnungsanlagen betragen insgesamt 1 887 Stunden.

Die Kryoinfrastruktur unterstützte auch Arbeiten am Versuchsstand CuLTka, was Lecksuche, Inbetriebnahme der Prozessleittechnik usw. betraf.

Kryotechnik für „Speicher und vernetzte Infrastrukturen“

PICARD (Pressure Increase in Cryostats and Analysis of Relief Devices)

Im Jahr 2015 wurde der kryotechnische Sicherheits-Versuchsstand PICARD (Pressure Increase in Cryostats and Analysis of Relief Devices) aufgebaut und in Betrieb genommen (s. Abbildung 4). Mit PICARD lassen sich die Vorgänge bei Störfällen in Kryostaten, wie der Zusammenbruch des Isoliervakuum, genau untersuchen. Die Variation von Belüftungsdurchmesser, Füllstand, Isolation und vielem mehr ermöglicht eine detaillierte Untersuchung der Einflussgrößen auf die Dynamik des gesamten Prozesses. Ziel ist eine genauere Dimensionierung von Sicherheitseinrichtungen. Im Rahmen einer Kooperation mit dem CERN untersuchen Mitarbeiter des Bereichs Kryotechnik am ITEP das Auftreten und die Auswirkungen von Zweiphasenströmung während des Abblasens. Außerdem lassen sich Ausflussziffern von Sicherheitseinrichtungen bei kryogenen Temperaturen messen.



Abb. 4: Versuchsstand PICARD.

Kryogene Gemischkältekreisläufe

Für die Kühlung von Hochtemperatur-Supraleiter (HTS)-Anwendungen in elektrischen Netzwerken hat das KIT aus dem Strategiefonds des Helmholtz-Programms „Speicher und vernetzte Infrastrukturen“ (SCI) Mittel zur Entwicklung von Mikrostrukturwärmeübertragern für kryogene Gemischkältekreisläufe eingeworben. An dem Projekt sind neben dem ITEP das Institut für Technische Thermodynamik und Kältetechnik (ITTK) und das Institut für Mikroverfahrenstechnik (IMVT) beteiligt.

SUPRAPOWER (Superconducting, reliable, light-weight, and more powerful offshore wind turbine)

Nachdem 2014 der prinzipielle Isolationsaufbau eines modularen Kryostaten für eine supraleitende Spule ausgelegt

wurde und auch eine Dummy-Spule konstruiert und gefertigt wurde, konstruierte und fertigte das Kryotechnik-Team des ITEP 2015 den detaillierten Aufbau. Aufgrund der sich im Lauf der Zeit entwickelnden Spule und der Anforderungen an die maximal zulässige Isolationsdicke erfolgte die Konstruktion in mehreren iterativen Schritten.

Abbildung 5 stellt die Explosionszeichnung der Dummy-Spule mit Stützsystem zum thermischen Schild dar, der mit der ersten Stufe des Gifford-McMahon-Kühlers auf ca. 80 K gekühlt wird. Dieser thermische Schild wird mit ca. 24 Lagen Superisolation umwickelt (nicht gezeigt in Abbildung 5). Nach außen hin erfolgt dann wieder eine Abstützung zum Vakuumbehälter. Für die Montage der Stützstruktur, die vor allem aus Titanstäben besteht, sind entsprechende Montagefenster vorgesehen.

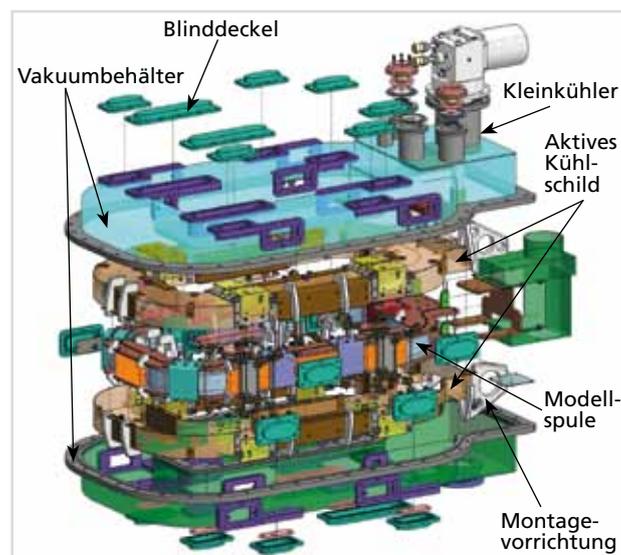


Abb. 5: Explosionszeichnung des modularen Kryostaten um eine Dummy-Spule.



Abb. 6: Thermischer Schild mit Halterungen für das Stützsystem.

Abbildung 6 zeigt den thermischen Schild mit den Halterungen für die Titan-Stützstäbe. In Abbildung 7 ist eine Hälfte des gefertigten und erfolgreich leckgetesteten Vakuumbehälters zu sehen.

Mit dem beschafften MSR-System stehen damit alle Komponenten für den Experimentierbetrieb bereit, in dem die berechnete Temperaturverteilung in Spule und thermischem Schild experimentell validiert werden sollen.

Darüber hinaus wurden auch die endgültigen modularen Kryostaten nach weiteren Designänderungen der Spulen konstruiert. Für den nichtmodularen Kryostaten, der als wärmeleitende Verbindung zwischen zwei Spulen fungiert und in welchem der Kleinkühler und Stromzuführungen für die Spulen untergebracht werden,



Abb. 7: Eine Hälfte des Vakuumbehälters.

wurde ebenfalls ein Konstruktionsentwurf erstellt, der kurz vor der Finalisierung steht.

Kryotechnik für „Fusion“

Stromzuführungstests in CuLTka

Innerhalb des Helmholtz-Programms „Fusion“ konzentrierte sich der Bereich Kryotechnik 2015 auf die Optimierung der CuLTka-Anlage (Current Lead Test facility Karlsruhe) und den Test der Stromzuführungen für das internationale Projekt JT-60SA.

Nach der Inbetriebnahme der CuLTka-Anlage und dem Test des ersten Stromzuführungspaars im Jahr 2014 wurde die Testanlage 2015 weiter für den Betrieb optimiert. Oszillationen, die während der Inbetriebnahme zum Ausfrieren eines Ventils geführt hatten, wurden durch den Umbau der Spülgasleitungen behoben.

Für die Steuerung der Sicherheitsabschaltung des LHe-Behälters wurde ein eigenes Steuermodul entwickelt,



Abb. 8: Eingefrorenes Ventil durch Oszillationen im Kryosystem.

da die kommerziell erhältlichen Module nicht zuverlässig arbeiteten. Die Füllstandssonde für das LHe-Bad wurde ebenfalls angepasst, um einen zuverlässigen unbemannten Nachtbetrieb zu gewährleisten.

Um die Testkosten für Stromzuführungen zu reduzieren, wurde die CuLTka-Anlage für einen Doppeltest angepasst. So ist es nun möglich, zwei Stromzuführungspaare gleichzeitig in einem Kalt- und Warmfahrzyklus zu testen. Die Testzeit für vier Stromzuführungen verkürzt sich dadurch um zwei Wochen. Für den Doppel-

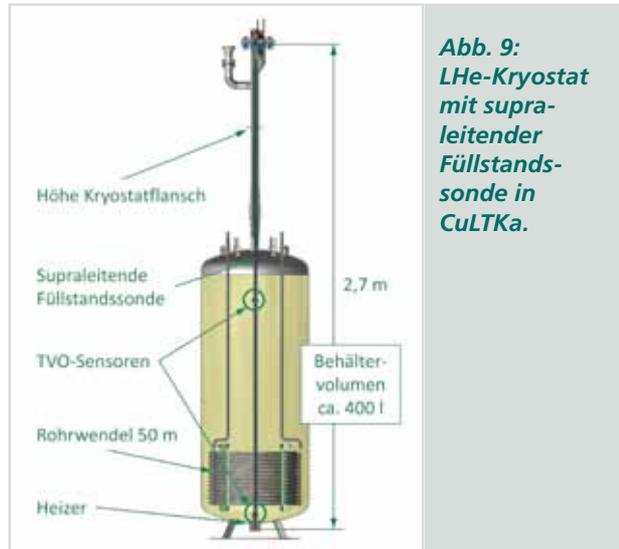


Abb. 9: LHe-Kryostat mit supra-leitender Füllstandssonde in CuLTka.



Abb. 10: Supraleitende Füllstandssonde.

test musste das He-Rückgassystem weiter ausgebaut werden. Das Helium kann jetzt direkt zu den Kompressoren der 2-kW-Kälteanlage zurückgeführt werden und muss nicht mehr über die kostenintensive He-Reinigungsanlage aufbereitet werden, bevor es wieder dem He-Kreislauf zugeführt werden kann. Diese Maßnahmen verringern die Testkosten für vier Stromzuführungen um bis zu 150 000 Euro.

Bis Ende 2015 wurden drei Stromzuführungspaare für das Toroidalpulensystem mit 26 kA und zwei Stromzuführungspaare mit 20 kA für das Poloidalpulensystem von JT-60SA erfolgreich getestet.

Neben den Testphasen und der Optimierung der Testanlage gehörten Wartung und Instandhaltung zu den Hauptaufgaben des Bereichs Kryotechnik, um einen reibungslosen Testablauf sicherzustellen.



Abb. 11: Doppeltest von zwei Stromzuführungspaaren.



10.09.2015: Anlieferung des WGTS-Magnetkryostaten an das TLK.

Ergebnisse aus den Forschungsbereichen

Karlsruher Tritium Neutrino Experiment KATRIN

Leitung: Dr. Beate Bornschein

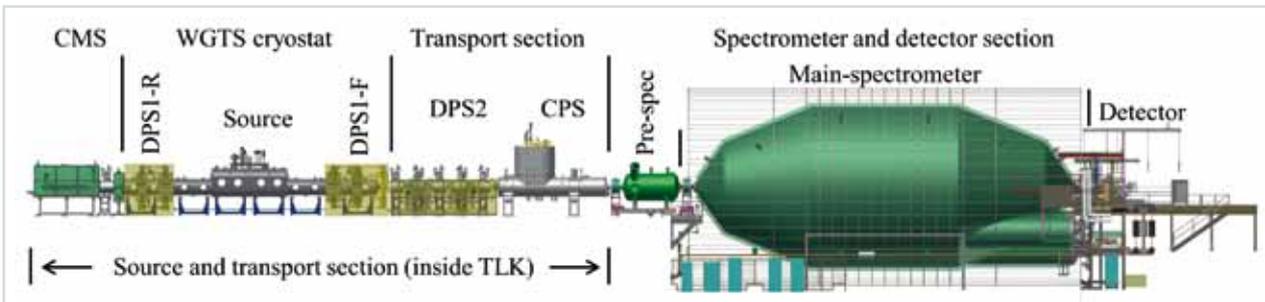


Abb. 1: Schematische Darstellung des internationalen Großexperimentes KATRIN. Die bei β -Zerfällen in einer hochintensiven fensterlosen molekularen Tritiumquelle (WGTS) entstehenden Elektronen werden über eine Tritiumpumpstrecke mit den aktiven und passiven Elementen DPS2 und CPS zu einem System aus zwei elektrostatischen Spektrometern (Vor- und Hauptspektrometer) geführt. Die analysierten Elektronen werden mit Hilfe eines Halbleiterdetektors nachgewiesen.

Neutrinos spielen Schlüsselrollen in der Astroteilchenphysik: Zum einen haben massebehaftete Neutrinos eine spezifische Rolle als heiße dunkle Materie bei der Evolution großräumiger Strukturen im Universum inne. Zum anderen kommt der Neutrinomasse eine wesentliche Rolle beim offenen Problem der Entstehung von Masse zu. Daraus ergibt sich die Motivation des Karlsruher Tritium Neutrino Experiments KATRIN. Ziel von KATRIN ist die modellunabhängige Messung der Neutrinomasse mit einer Sensitivität von $200 \text{ meV}/c^2$ (90 % C.L.). Das experimentelle Prinzip von KATRIN basiert auf der präzisen Vermessung des Spektrums von Elektronen aus dem β -Zerfall molekularer Tritiums nahe dem kinematischen Endpunkt von $18,6 \text{ keV}$ (maximal beim β -Zerfall freiwerdende Energie). Dazu werden Elektronen aus einer fensterlosen, gasförmigen Tritiumquelle höchster Intensität (10^{11} Zerfälle/Sekunde) durch starke Magnetfelder von supraleitenden Magneten adiabatisch, das heißt ohne deren Energie zu verändern, durch die 70 Meter lange Experimentiereinrichtung geführt. Ein System aus zwei elektrostatischen Retardierungsspektrometern erlaubt, die Elektronenenergien mit einer Auflösung von $0,93 \text{ eV}$ zu bestimmen (Abbildung 1).

Derzeit ist eine weltweite Kollaboration mit mehr als 150 Wissenschaftlern, Ingenieuren und Technikern unter Federführung des KIT damit befasst, dieses Schlüsselexperiment der Astroteilchenphysik am und im Tritiumlabor Karlsruhe (TLK) aufzubauen und in Betrieb zu nehmen. Design, Aufbau und erfolgreiche Ausführung des Experiments KATRIN stellen höchste Anforderungen an die Prozesstechnik, besonders die Tritiumverfahrentechnik, die Ultrahochvakuum- und die Kryotechnik sowie die Stabilisierung der Hochspannung. Darüber hinaus bedarf es eines funktionierenden Projektmanagements, um die Einteilung der personellen und finanziellen Ressourcen mit den zeitlichen und inhaltlichen Zielen von KATRIN zu vereinbaren.

Im Rahmen von KATRIN hat das ITEP die verantwortliche Leitung für die Tritiumprozesstechnik sowie für die Kryotechnologie inne. Es stellt in diesem Bereich mehrere Teilprojektleiter (Taskleiter). Die Arbeit des ITEP ist zu mehr als 95 Prozent im sogenannten Quell- und Transportsystem angesiedelt, das in Abbildung 2 als Blockbild dargestellt ist. Wegen der Handhabung großer Mengen an Tritium wird das System komplett im TLK aufgebaut.

Hauptbestandteil ist ein WGTS-Magnetkryostat (Windowless Gaseous Tritium Source) genanntes, supraleitendes Magnetsystem von 16 Meter Länge, das in seinem ca. 30 K kalten Strahlrohr die gasförmige Tritiumquelle beherbergt. Außerdem befinden sich auf der Strahlachse im rückwärtigen Teil das sogenannte Kalibrations- und Monitoringsystem (CMS) und im vorderen Teil – Richtung Spektrometer – das Transportsystem. Dieses hat die Aufgabe, die Tritiumzerfallelektronen ins Spektrometer zu leiten und gleichzeitig über Pumpen den Tritiumgasfluss ins Spektrometersystem um mehr als zwölf Größenordnungen zu reduzieren. Dies geschieht einerseits mithilfe einer differenziellen Pumpstrecke (DPS2) durch den Einsatz von Turbomolekularpumpen und andererseits – als letzte Stufe – mit einer kryogenen Pumpstrecke (CPS), die bei $3,5$ bis 4 K betrieben wird. Sowohl DPS2 als auch CPS stellen supraleitende Magnetkryostatsysteme von sieben bzw. neun Meter Länge dar. Sie wurden bei externen Firmen gefertigt und fertigungsbegleitend von Teams aus IKP, IEKP, ITEP und PPQ betreut.

Zusätzlich dargestellt sind in Abbildung 2 die Tritiumkreisläufe (Inner Loop, Outer Loop), die für eine geregelte Tritiumgaseinspeisung sorgen und die Tritiumreinheit auf Werten von über 95 Prozent halten sollen. Das gleichzeitige stabile Einspeisen und Abpumpen des Tritiumgases ermöglicht letztendlich eine stationäre Gas-säulendichte im Strahlrohr der WGTS (Tritiumquelle).

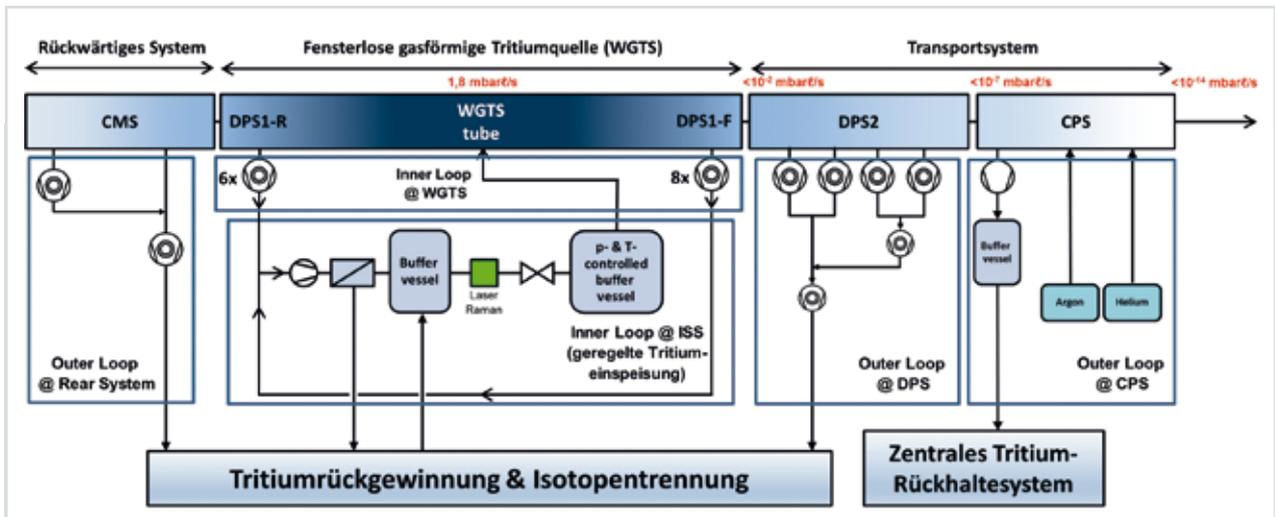


Abb. 2: Blockbild der KATRIN-Tritiumquelle und ihrer Schnittstellen zur Infrastruktur des TLK.

Die folgenden Abschnitte stellen den Stand der Arbeiten im Einzelnen dar.

WGTS (Fensterlose gasförmige Tritiumquelle)

Im Jahr 2015 wurden im Quellbereich des KATRIN-Experiments wichtige Meilensteine erreicht. Einer der wichtigsten war die Fertigstellung und Anlieferung des Quellsystemes WGTS. Anfang des Jahres wurden die supraleitenden Stromkreise der Maschine erfolgreich geschlossen; bis zum Sommer wurde dann die Endmontage beim Industriepartner Research Instruments in Bergisch Gladbach vorgenommen. Nach umfangreichen flankierenden Abnahmetests wurde im August die vertragsgemäße Fertigstellung festgestellt und der Kryostat wurde an das TLK geliefert. Das Einbringen der Maschine erfolgte Anfang September. Seitdem widmet sich das Team mit Hochdruck der Installation und dem Anschluss von Sensorik, Sicherheits- und Kryo-Hilfssystemen.

Ziel der Kollaboration ist, im Frühjahr 2016 die Inbetriebnahme und das erste Kaltfahren der Anlage zu erreichen. Im weiteren Verlauf des Jahres 2016 wird die WGTS als vollintegrierte Komponente im Quell- und Transportbereich von KATRIN einsetzbar sein.

DPS2 (Differenzielle Pumpstrecke 2)

Der modulare Neubau der DPS mit Einzelmagnetsystemen und einem am KIT entwickelten und gefertigten Strahlrohrsystem wurde 2015 weitgehend abgeschlossen. Nach einigen Anfangsschwierigkeiten wurden die Magnete von der Firma Cryomagnetics Inc. bis Mitte des Jahres erfolgreich in Betrieb genommen (Abbildung 3). Die vertraglich geforderte Dokumentation wurde bis



Abb. 3: Quenchttest der DPS-Magnete.

Ende November geliefert; damit wurde die Abnahme ausgesprochen.

Nach Abschluss der Abnahmetests der Magnete wurden die Strahlrohrelemente sowie die Pumpstutzen (gefertigt von TID-DGT-TEC) in den warmen Bohrungen der Magnete bzw. zwischen den Magneten installiert. Zurzeit laufen die Vorbereitungen zum Dichtheitstest gemäß den Anforderungen des TLK an ein primäres tritiumführendes System. Nach erfolgreichem Abschluss dieses Tests wird das Strahlrohr der DPS mit den Strahlrohren der CPS und der WGTS sowie mit dem äußeren Tritiumloop des KATRIN Experiments verbunden werden. Die bei der Firma GS bestellte Handschuhbox für die DPS wurde geliefert und aufgestellt. Sie wird nach Beendigung der (inaktiven) Gasflussreduktionsmessung geschlossen werden.

CPS (Cryogene Pumpstrecke)

Die Fertigung der CPS wurde Mitte 2015 von der Firma ASG in Genua abgeschlossen. Aufseiten von KATRIN hatte ein institutsübergreifendes Projektteam die Fertigung über die vergangenen siebeneinhalb Jahre begleitet. Schwerpunkte der Qualitätssicherungsarbeiten im Jahr 2015 lagen auf der Beaufsichtigung des Zusammenbaus des Kryostaten, besonders auf den Schweißinspektionen und abschließenden Abnahme- und Lecktests vor der Auslieferung. Die CPS



Abb. 4: Einbringung der CPS in das Tritiumlabor Karlsruhe.

wurde am 30. Juli in das Tritiumlabor Karlsruhe eingebracht (Abbildung 4). Der Magnetkryostat ist nun vollständig an die Kryo-Infrastruktur angeschlossen und die Inbetriebnahme der Messsensorik fast komplett abgeschlossen. Parallel dazu wurde die zugehörige Kryo-Infrastruktur des ITEP auf das Abkühlen der 12 t schweren Kaltmasse vorbereitet, sodass die Abnahmetests des supraleitenden Magnetsystems im Frühjahr 2016 erfolgen können.

Tritiumkreisläufe

Die Tritiumkreisläufe von KATRIN werden im TLK entwickelt und aufgebaut, unter anderem im Rahmen von Bachelor-, Diplom- und Doktorarbeiten. 2015 konzentrierten sich die experimentellen Arbeiten auf die Fortführung der Testexperimente CLARA und TriADE (siehe auch Highlight), die Identifizierung neuer Testexperimente (FT-ICR-Platinentest, Test der Rb/Kr-Quelle für den zu Kalibrierzwecken benötigten Kryptonmodus der KATRIN WGTS). Darüber hinaus wurden die Handschuhboxen der WGTS spezifiziert und bestellt. Eine erste Teillieferung erfolgte noch 2015.

Die kontinuierliche Überwachung der Tritiumgasreinheit im KATRIN-Tritiumkreislauf wird mithilfe eines Laser-Raman-Systems (LARA) erfolgen. Dieses misst automatisiert und berührungslos die Gaszusammensetzung, indem es das Tritiumgas mit Laserlicht durchstrahlt und das gestreute Licht spektral analysiert. Im Jahr 2015 wurden der Strahlengang und die optischen Komponenten des Systems überarbeitet, um die Justierung des Systems zu vereinfachen und die Bedien- und Wartungsfreundlichkeit zu erhöhen. Im Zuge der Installation eines neuen Laserschutzgehäuses wurde ein verbessertes Interlocksystem installiert. Zusätzlich wurden nahezu alle nichtmetallischen Komponenten aus dem System entfernt, um die Bildung von laserinduzierter Kontamination auf den optischen Komponenten zu verhindern. Dieser Effekt hatte in der Vergangenheit den Dauerbetrieb des Systems beeinträchtigt. Erste Ergebnisse zeigen den Erfolg der Maßnahme.

Im Rahmen einer TLK-weiten Versuchskampagne wurden die Anlagen zur Bereitstellung von hochreinem Tritiumgas getestet. Mithilfe der Raman-Spektroskopie wurde dazu an zwei Prozessschritten regelmäßig die Gaszusammensetzung bestimmt. Dabei wurde gezeigt, dass die Isotopentrennanlage Tritiumgas mit einer Isotopenreinheit von mehr als 98 Prozent zur Verfügung stellen kann.

Neben dem LARA-System für KATRIN werden am TLK aktuell zwei weitere Systeme im Routinebetrieb betrieben. An diesen Systemen sind weitere Mitarbeiter in den Betrieb der LARA-Systeme eingearbeitet worden, sodass diese Systeme nun auch durch technisches Personal bedient werden können.



Abb. 5: Neue Handschuhbox für die Rear Section mit supraleitenden und normalleitenden Magneten. Rechts wird die Tritiumquelle WGTS von KATRIN angeschlossen. Die Elektronenkanone ist links als Teil des primären Vakuumsystems eingebaut.

TRIHUDE (Tritium Hydrogen Deuterium Experiment)

Das Tritium Hydrogen Deuterium Experiment (TRIHUDE) zum Herstellen von tritiierten Kalibriergasmischungen und Vergleichen von am TLK entwickelten Analyseverfahren befindet sich derzeit im Aufbau. TRIHUDE wird erstmals ermöglichen, Kalibriergasmischungen aller sechs Wasserstoffisotopologe innerhalb eines weiten Druck- und Konzentrationsbereichs herzustellen. Damit lässt sich beispielsweise die Kalibrierung der LARA-Systeme verbessern, die zur Überwachung der Gaszusammensetzung in der Tritiumquelle von KATRIN eingesetzt werden.

Im Lauf des Jahres 2015 wurde ein Testaufbau für inaktive Gasmischungen aufgebaut, um das Konzept von TRIHUDE zu validieren. Neben ersten Messungen mit einem LARA-System wurden das Massenspektrometer und der verwendete Katalysator charakterisiert. Zurzeit werden die Erfahrungen aus dem Testaufbau in das Konzept von TRIHUDE eingearbeitet und der Einbau des Analysekreislaufs (A-Loop) in eine Handschuhbox vorbereitet.

Neben dem Analysekreislauf wurde mit dem Bau des Prozessierkreislaufs (P-Loop) von TRIHUDE begonnen. Dieser stellt die nötigen Schnittstellen zur TLK-Infrastruktur für den A-Loop bereit und kann zusätzlich kleine Mengen tritiiertes Gase reinigen.

Rear Section (CMS)

Die Rear Section erfüllt wichtige Kalibrier- und Monitoringaufgaben für KATRIN. Das Magnet- und Vakuumsystem wurde in die Ende 2014 gelieferte Handschuhbox eingebaut. Das Gleiche gilt für die vom Kollaborationspartner an der University of California, Santa Barbara (UCSB) entwickelte und ans TLK gelieferte Elektronenquelle. Diese wird später für die Kalibrierung des gesamten KATRIN Aufbaus benötigt. Weitere Arbeiten im Rahmen des Aufbaus der Elektronenquelle umfassen den Entwurf sowie den Aufbau einer hochintensiven UV-Lichtquelle.

Daneben wurde die bereits 2014 begonnene Entwicklung und Charakterisierung einer Rear Wall für das KATRIN-Experiment am TLK weitergeführt. Die Rear Wall wird das Referenzpotential zum Hauptspektrometer von KATRIN bereitstellen und somit einen wesentlichen Einfluss auf die Neutrinomassenmessung bei KATRIN besitzen. Zu ihrer Charakterisierung wurde am TLK eine Ultrahochvakuum-Kelvinprobe aufgebaut und erfolgreich in Betrieb genommen.

Für den sicheren Betrieb der Rear Section und besonders des supraleitenden Magneten wurden 2015 sämtliche Schaltschränke und Steuerungsanlagen („Slow Control“) spezifiziert und geliefert. Als Ziele für 2016 ergeben sich somit der komplette Aufbau der Rear Section für KATRIN, die verfahrenstechnische und physikalische Inbetriebnahme sowie die Integration der Rear Section in den KATRIN-Gesamtaufbau.

Danksagung

Die Aufgaben zu KATRIN liefen innerhalb des ITEP bereichsübergreifend mit großem Erfolg, wobei das TLK naturgemäß den größten Teil der Arbeiten übernahm. Alle Teilaufgaben profitierten zudem von einer engen und fruchtbaren Zusammenarbeit mit Studierenden, Technikerinnen und Technikern, Ingenieurinnen und Ingenieuren, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des ITEP, des Instituts für Kernphysik (IKP), des Instituts für experimentelle Kernphysik (IEKP), des Instituts für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE), der Hauptwerkstatt (TID-DGT-TEC) und der KIT-Projektmanagementgruppe (PPQ). Dafür herzlichen Dank!

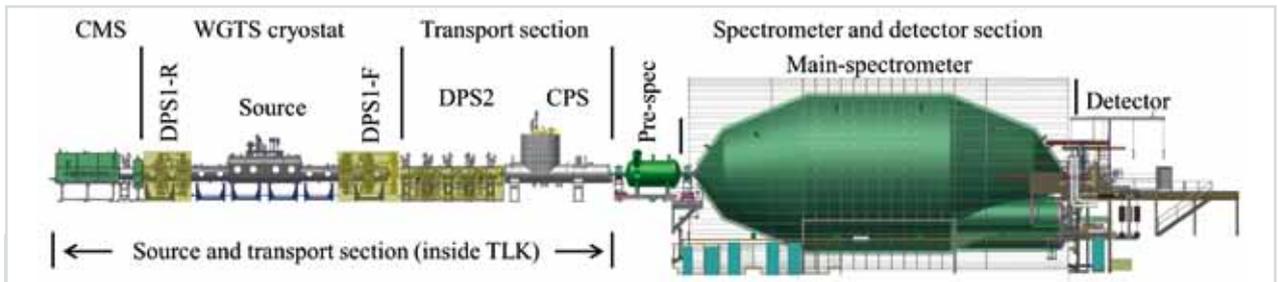


Abb. 6: Seitenansicht des CAD Modells von KATRIN. Das Kalibrations- und Monitoringsystem ist links in grün dargestellt.

Highlight 2015: Aktivitätsüberwachung der KATRIN-Tritiumquelle mithilfe der Beta-Induzierten Röntgenspektroskopie

Einleitung

Eine der wesentlichen Aufgaben in KATRIN ist die kontinuierliche Aktivitätsüberwachung der Tritiumquelle während der geplanten drei Jahre Messzeit. Aktivitätsschwankungen auf dem 0,1-Prozent-Niveau müssen innerhalb von max. 1000 s Messzeit erkannt werden, um die angestrebte KATRIN-Sensitivität von $200 \text{ meV}/c^2$ (dies entspricht $3,6 \cdot 10^{-34} \text{ g}$ oder dem 2,55 Millionsten Teil der Elektronenmasse) auf die Elektronantineutrinomasse erreichen zu können. Für die hochpräzise und nicht invasive Aktivitätsüberwachung ist die Methode der Beta-Induzierten Röntgenspektroskopie (BIXS) besonders gut geeignet.

Im KATRIN-Quellkryostaten (siehe Abbildung 6) entstehen durch den Betazerfall von Tritium 10^{11} Zerfallselektronen pro Sekunde. Lediglich die höchstenergetischen Elektronen ($>18,5 \text{ keV}$) tragen dabei auswertbare Informationen über die Neutrinomasse. Der Großteil der Betaelektronen (mehr als 99,999 Prozent) wird durch elektromagnetische Felder auf die Rear Wall (Abbildung 7) geführt und dort absorbiert. Während des Absorptionsprozesses in der Rear Wall entsteht Röntgenstrahlung, die sich mit Röntgendetektoren nachweisen lässt und deren Intensität ein Maß für die Betaaktivität in der Quelle ist.

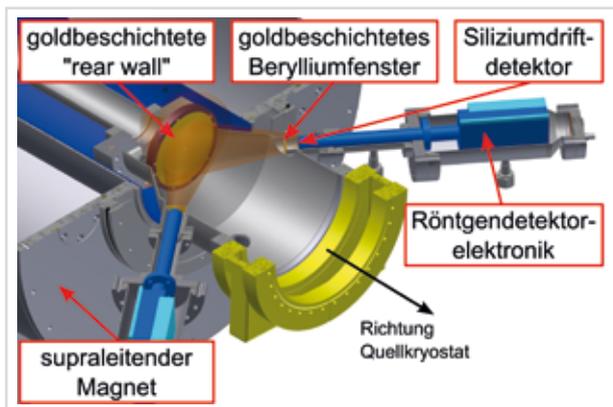


Abb. 7 CAD Modell des KATRIN BIXS Systems zur Aktivitätsüberwachung der Tritiumquelle.

Aufbau des KATRIN-BIXS-Systems

Das KATRIN-BIXS-System ist zwischen dem Kryostaten der fensterlosen gasförmigen Tritiumquelle (CMS, Abbildung 6, grün) und dem Kalibrations und Monitoringsystem (Abbildung 6, gelb) positioniert. Abbildung 7 zeigt diesen Bereich vergrößert im Schnitt. Auf die goldbeschichtete Rear Wall mit einem Radius von sieben Zentimetern treffen pro Sekunde 10^{11} Zerfallselektronen auf. Die von der Oberfläche

der Rear Wall emittierte Röntgenstrahlung wird von zwei Siliziumdriftdetektoren registriert.

Diese indirekte Art des Nachweises von Betastrahlung erlaubt es, die Detektoren außerhalb des zentralen Fluss-schlauches zu platzieren und verhindert damit eine Beeinflussung des KATRIN-Messbetriebs. Da Röntgenstrahlung langreichweitiger ist als Betastrahlung, lassen sich die Detektoren außerdem mit jeweils einem Berylliumfenster vor Tritiumkontamination bewahren, ohne die Röntgenintensität nennenswert zu schwächen.

Um die Aktivität in der KATRIN-Tritiumquelle mit einer Präzision von 0,1 Prozent innerhalb einer Messzeit von $\leq 1000 \text{ s}$ überwachen zu können, müssen im normalen KATRIN Tritiumbetrieb mindestens 1 000 Röntgenphotonen pro Sekunde in den Detektoren registriert werden. Ob diese Röntgenintensität im Detektor erreicht wird, muss zuvor mithilfe von Monte Carlo Simulationen bestimmt werden.

Monte Carlo Simulationen zur Charakterisierung des KATRIN-BIXS-Systems

Zur Simulation der Zerfallselektronen und der in der Rear Wall entstehenden Sekundärteilchen wurde das am CERN entwickelte Softwarepaket Geant4 genutzt. Die simulierte Geometrie ist in Abbildung 8 dargestellt.

Die in der Rear Wall entstehende Röntgenstrahlung wird durch Bremsstrahlung dominiert: Zerfallselektronen werden an den Atomkernen des Rear-Wall-Materials gestreut und verlieren dabei Energie, die in Form von Röntgenstrahlung ausgesendet wird. Durch die vergleichsweise niedrige Energie der Zerfallselektronen ($\leq 8,6 \text{ keV}$) ist dies aber ein seltener Prozess. Lediglich eines von ca. 100 Elektronen erzeugt ein Bremsstrahlungsphoton. Wie viel Röntgenstrahlung letztendlich detektiert wird, hängt von der Energieverteilung der Elektronen, den verwendeten Materialien und der Geometrie des BIXS-Systems ab.

Innerhalb von ca. 35 000 CPU-Stunden wurden $4 \cdot 10^{10}$ Betaelektronen simuliert, was etwa einer halben Sekunde KATRIN-Betrieb entspricht. Die durchgeführten Monte-Carlo-Simulationen zeigen, dass die nachgewiesene Röntgenintensität hoch genug sein wird, um eine Unsicherheit von 0,1 Prozent in etwa 70 s Messzeit zu erreichen. Damit ist eine Überwachung der KATRIN-Tritiumquelle per BIXS möglich. Der experimentelle Nachweis wurde in einem TLK-Experiment – unter einer anderen Geometrie – ebenfalls erbracht.

Tritiumoberflächenkontaminationen auf der Rear Wall und auf dem Berylliumfenster wurden im Rahmen der Simulation als signifikante Quellen von BIXS-Untergrundsignalen identifiziert, falls die Kontamination im Bereich einer atomaren Lage Tritium liegt. Aus diesem Grund wurde eine experimentelle Einrichtung zur Untersuchung von Oberflächenkontaminationen unter KATRIN-nahen Bedingungen am TLK aufgebaut.

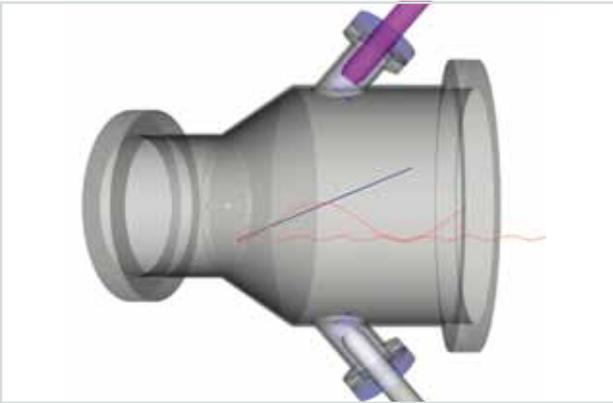


Abb. 8: Simulierte Geometrie des KATRIN-BIXS-Systems. Ein Zerfallselektron aus der Quelle (rot, großer Zyklotronradius) wird magnetisch auf die „rear wall“ geführt und an der „rear wall“ zurück gestreut (rot, kleiner Zyklotronradius). Die Elektronenwechselwirkung mit der „rear wall“ bewirkt die Emission eines Röntgenphotons (blau), welches hier in der Behälterwand absorbiert wird. Zur besseren Visualisierung der Zyklotronbahn des Elektrons wurde ein Magnetfeld von 0,01 T simuliert. Im KATRIN-Experiment sind die Feldstärken zwischen Quelle und „rear wall“ im Bereich (1,5-3,6) T.



Abb. 9: Goldbeschichteter Probenhalter des TRIADE Experiments.

Messung von Tritiumoberflächenkontaminationen per BIXS-Methode mit TRIADE

Tritiumoberflächenkontaminationen sind sowohl im KATRIN Experiment als auch in der Fusionstechnologie ein meist unerwünschter, jedoch unvermeidbarer Effekt. Zur Quantifizierung von zeit-, druck- und temperaturabhängigen Kontaminationseffekten wurde die experimentelle Einrichtung TRIADE (Tritium Adsorption Desorption Experiment) aufgebaut. Sie beruht auf dem BIXS-Prinzip und ist sensitiv auf Oberflächenkontaminationen von weniger als 0,1 atomaren Monolagen Tritium.

Mit TRIADE lassen sich beliebige feste Materialproben untersuchen. Der goldbeschichtete Probenhalter (Abbildung 9) lässt sich in einem Temperaturbereich von -150°C bis 200°C stabilisieren. Die Probenkammer (Abbildung 10) ist vergoldet, um Untergrundeffekte durch Oberflächenkontaminationen auf den Probekammerwänden zu minimieren.

Erste Tritiummessungen wurden mit einer goldbeschichteten Berylliumprobe durchgeführt (Abbildung 11), da diese Materialkombination im Experiment KATRIN als Schutzfenster für die Röntgendetektoren des BIXS-Systems verwendet wird. Im KATRIN-relevanten Bereich von (10^{-5} – 10^{-3}) mbar Expositionsdruck wurden Oberflächenkontaminationen im Bereich (0,1-1) atomare Monolagen nachgewiesen. Das Zeitverhalten und die Wirksamkeit von Dekontaminationsverfahren wurden untersucht.

Anhand der Ergebnisse aus den Monte-Carlo-Simulationen lassen sich die Tritiummessergebnisse von TRIADE auf KATRIN übertragen. Das aufgrund von Oberflächenkontaminationen erwartete Untergrundsignal des BIXS-Systems von KATRIN wurde berechnet. Darüber hinaus lässt sich aus dem beobachteten Zeitverhalten der Adsorptions-/ Absorptions- sowie Desorptionsprozesse in TRIADE die Zeit berechnen, welche die KATRIN Rear Wall benötigt, um einen Gleichgewichtszustand zu erreichen. Mit den Ergebnissen der TRIADE-Messungen ist damit erstmals eine detaillierte Zeitplanung des KATRIN-Messbetriebs im Hinblick auf die Stabilität des Quellpotentials möglich.

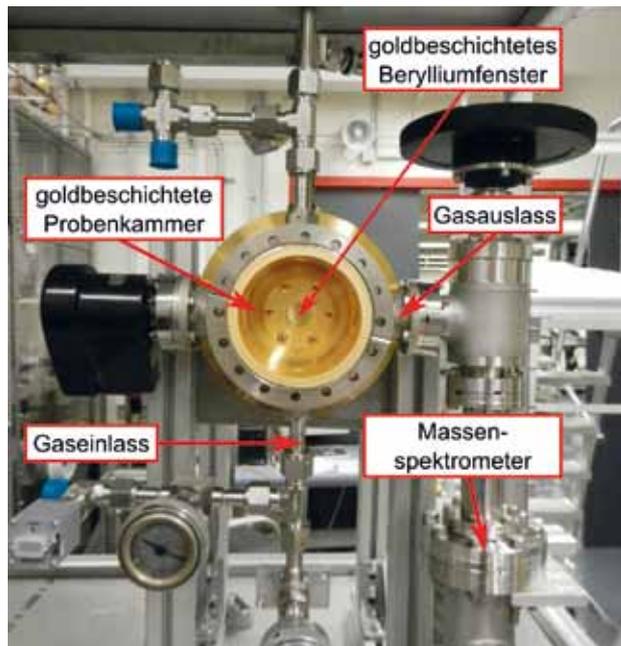


Abb. 10: Probenkammer mit Gasein- und Gasauslass sowie Druckmessstellen während der Aufbauphase von TRIADE. Der Probenhalter ist nicht montiert.



Abb. 11: Berylliumprobe mit einer Dicke von $200\ \mu\text{m}$ und einer aufgetragenen Goldschicht von $100\ \text{nm}$.

Ausblick auf weitere Anwendungen für TRIADE

Mit der experimentellen Einrichtung TRIADE besteht nun erstmals die Möglichkeit, In-situ-Messungen von Oberflächenkontaminationen von beliebigen festen Materialproben in einem weiten Temperatur- und Druckbereich durchzuführen. Dies ist auch für Fusionsanwendungen interessant, da Oberflächenkontaminationen Einfluss auf das Permeationsverhalten haben und in der Entsorgung von Komponenten berücksichtigt werden müssen. Darüber hinaus kann mit TRIADE nach Beschichtungen gesucht werden, die Oberflächenkontaminationen weitgehend reduzieren. Dies ist besonders für Systeme für die Tritiumanalytik von Interesse.

Auszeichnungen und Preise

2015 erwies sich für das ITEP als ein ausgesprochen ereignisreiches und fruchtbares Jahr. So erhielten das Institut und seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einige Auszeichnungen in verschiedenen Bereichen.

ESAS Award for Excellence für Wilfried Goldacker

Die European Society for Applied Superconductivity (ESAS) vergab 2015 erstmals den „ESAS Award for Excellence“. Dieser ging an Dr. Wilfried Goldacker vom ITEP. Bei der EUCAS-Konferenz in Lyon am 7. September 2015 wurde die Auszeichnung überreicht. Mit dem Preis zeichnet die ESAS herausragende Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Angewandten Supraleitung aus. Das Preiskomitee würdigte die Forschungsarbeiten von Wilfried Goldacker folgendermaßen: „In acknowledgement of Dr. Goldackers outstanding contributions in developing advanced Roebel-Coated-Conductor technologies. Dr. Goldacker accumulated a substantial body of understanding and insight aimed at establishing their capability for providing cables, the Roebel-Coated-Conductor Cables, of a most complex superconductor, which will have a sustainable impact for magnet technology, electrical and power engineering. Moreover, Dr. Goldacker gained internationally broad recognition for his thoughtful and thorough thinking that not only addresses the key problems of the technology but also provided the basis for his broad dissemination of this knowledge.“



Dr. Wilfried Goldacker (ganz links) nahm den Award for Excellence der European Society for Applied Superconductivity im September 2015 in Lyon entgegen.

ISFNT Student Award für Cristian Gleason-Gonzalez

Bei der Internationalen Konferenz zur Nukleartechnik in der Kernfusion (ISFNT) in Jeju/Südkorea, die alle zwei Jahre stattfindet, erhielt Cristian Gleason-Gonzalez vom ITEP am 18. September 2015 als einer von zwei Preisträgern den „Student Award“ für seine herausragenden Beiträge auf dem Feld der Nukleartechnologie für die Fusion. Der mit 1 000 Dollar dotierte Preis wurde vom Verlag Elsevier gestiftet, 2015 zum ersten Mal. Cristian Gleason-Gonzalez ist Physiker und schloss 2012 seinen Fusion Master im Europäischen Erasmus Mundus Programm an der KTH in Stockholm ab. Er befasst sich mit

der praktischen Anwendung der DSMC-Methode für die Lösung der Boltzmann-Gleichung zur Beschreibung von Strömungen im Übergangsbereich. Diesen Ansatz hat er erstmals erfolgreich zur effizienten Beschreibung der Neutralteilchenströmung im Divertor-Bereich eines Tokamaks angewandt. Auf der ISFNT stellte der Nachwuchsforscher seine Ergebnisse eines Benchmarks für die japanische Fusionsanlage JT-60SA vor. Diese Arbeiten laufen im Konsortium EUROfusion innerhalb der Kooperation „Broader Approach“ zwischen Europa und Japan.



Cristian Gleason-Gonzalez (2. von links) bei der Preisverleihung im September 2015 in Jeju.

KIT-Innovationspreis NEULAND für Transferprojekt Supraleiter in der Energietechnik

Präsident Professor Holger Hanselka zeichnete bei der Jahresfeier des KIT im April 2015 die Gewinner im dritten Innovationswettbewerb NEULAND des KIT aus. Professor Bernhard Holzapfel, Dr. Alexandra Jung und Dr. Manuela Erbe vom Institut für Technische Physik (ITEP) erhielten den Sonderpreis Transferprojekte für „Supraleiter für die Energietechnik“. Den ersten Platz in der Kategorie Ideenwettbewerb belegten Professor Wilhelm Schabel, Dr. Philip Scharfer, Marcel Schmitt und Ralf Diehm für ihr Projekt „Neuartige Schlitzdüsenteknologie zur Beschichtung von Lithium-Ionen-Batterien“.



Prof. Dr. Holger Hanselka, Prof. Dr. Bernhard Holzapfel, Dr. Alexandra Jung, Dr. Manuela Erbe bei der Preisübergabe.

KlimaExpo.NRW zeichnet Projekt AmpaCity aus

Knapp ein Jahr nach der Einweihung des weltweit längsten supraleitenden Energiekabels wurde das Projekt AmpaCity ausgezeichnet: Dr. Arndt-Neuhaus, Vorsitzender der RWE

Deutschland, erhielt am 30. April 2015 im Rahmen einer technischen Führung durch die Umspannungsanlage Herkules in Essen von dem NRW-Wirtschaftsminister die KlimaExpo.NRW-Urkunde. Diese würdigt AmpaCity als Musterbeispiel für den Klimaschutz. Die KlimaExpo.NRW ist eine ressortübergreifende Initiative der NRW-Landesregierung. Ziel der Landesgesellschaft ist, erfolgreiche Projekte in innovativen Formaten einem breiten Publikum bis hin zur internationalen Ebene zu präsentieren und zusätzliches Engagement für den Klimaschutz zu initiieren.

ICMC – Best Paper Award

Dr. Jens Hänisch, Wissenschaftler am ITEP, erhielt auf der International Cryogenic Materials Conference (ICMC) in Tucson, Arizona/USA am 29. Juni 2015 den „ICMC Best Paper Award“ für die beste Veröffentlichung über supraleitende Materialien. Der Best Paper Award würdigt die besten Publikationen, die in der Zeitschrift „Advances of Cryogenic Engineering“ erscheinen. Der Titel des ausgezeichneten Beitrags lautet: „The Effect of 45° Grain Boundaries and associated Fe particles on J_c and Resistivity in $Ba(Fe_{0.9}Co_{0.1})_2As_2$ Thin Films“. Co-dotiertes $BaFe_2As_2$ ist ein eisenbasierter Supraleiter, dessen Anwendungstauglichkeit zurzeit evaluiert wird. Das Paper beschreibt das Wachstum von ausgedehnten Kristallbaufehlern, wie Korngrenzen und Eisenpartikeln, in $BaFe_2As_2$ -Dünnschichten und ihren Einfluss auf Größe und Anisotropie der elektrischen Stromtragfähigkeit der Dünnschichten in äußeren Magnetfeldern. Die Mikrostruktur wurde mithilfe von Röntgenbeugung und Elektronenmikroskopie untersucht, die Transporteigenschaften wurden anhand mikroskopischer und makroskopischer Modelle beschrieben.



Foto mit freundlicher Genehmigung des Magazins „Cold Facts“

Herr Professor Michael Sumption, ICMC Conference Chairman, überreicht Herrn Dr. Hänisch den Preis.

Doktorandin erhält Graduate Study Mitgliedschaft für IEEE

IEEE CSC Graduate Study Fellowship in Applied Superconductivity für Doktorandin Yingzhen Liu vom ITEP,

eine Auszeichnung für besondere wissenschaftliche Leistungen in Rahmen einer Doktorarbeit. Der Preis ist mit 5 000 Dollar dotiert. Neben einem Zertifikat beinhaltet die Auszeichnung auch eine kostenlose Mitgliedschaft im IEEE für ein Jahr.



Von links: Der Preisträger Emmanuele Ravaoli (University of Twente), Vizepräsident (IEEE CSC Executive Committee) Dr. Bruce P. Strauss, Preisträgerin Yingzhen Liu (ITEP) und der Präsident (IEEE CSC Executive Committee) Antonio della Corte.

Sanierungspreis Metall für die Metallfassade von Gebäude 411

Reiner Geissler und sein Team realisierten in enger Zusammenarbeit mit dem Architekten Günter Nagel eine für das Gebäude 411 eine moderne Fassade, die das Gebäude optisch und energetisch aufwertet. Für die außerordentliche Sanierungsarbeit erhielt Geissler Bad & Dach den Sanierungspreis 2015 in der Kategorie Metall. Ziel des von Herrn Geissler und Herrn Nagel erarbeiteten Sanierungskonzepts für das Dach und die Fassade war es, durch eine hochwertige Dämmung die Betriebskosten zu senken, den sommerlichen Wärmeschutz sowie Schall- und Brandschutz zu verbessern. Das Gebäude entsprechend der Nutzungssituation zu sanieren und das Raum- und Arbeitsklima aufzuwerten. Geissler Bad & Dach ist es gelungen, das Dach des Gebäude 411 nachhaltig zu sanieren und eine neue, qualitativ und ästhetisch überzeugende Fassade für das KIT zu realisieren, die sowohl den energetischen, bauphysikalischen als auch architektonischen Sanierungszielen mehr als gerecht wird.



Vorderansicht Fassade Bau 411.

Lehre und Bildung

Vorlesungen, Seminare, Workshops und Sommerschulen

Vorlesungen

KIT-Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
Supraleitende Systeme der Energietechnik (Holzapfel) WS 14/15, WS 15/16
Supraleitende Materialien (Holzapfel) WS 14/15, WS 15/16
Energiespeicher und Netzintegration (Noe) WS 14/15
Energy Storage and Network Integration (Noe) WS 15/16
Übungen zu Energy Storage and Network Integration (Noe, Kottonau) WS 15/16
Project Management for Engineers (Noe, Grohmann, Day) SS 15
Grundlagen und Technologie supraleitender Magnete (Holzapfel) SS 15
Superconducting Materials for Energy Applications (Grilli) SS 15

KIT-Fakultät für Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik
Vakuumtechnik (Day) WS 14/15, WS 15/16
Übung zu Vakuumtechnik (Varoutis) WS 14/15, WS 15/16
Kältetechnik A (Grohmann) WS 14/15, WS 15/16
Übungen zu Kältetechnik A (Grohmann, Mitarbeiter) WS 14/15, WS 15/16
Kryotechnik B (Grohmann) WS 15/16
Übungen zu Kryotechnik B (Grohmann, Heidt) WS 15/16
Kryotechnik A (Grohmann) SS 15
Übungen zu Kryotechnik A (Grohmann, Heidt) SS 15
Kältetechnik B (Grohmann) SS 15
Übungen zu Kältetechnik B (Grohmann, Mitarbeiter) SS 15

KIT-Fakultät Maschinenbau
Fusionstechnologie A* (Bornschein, Demange, Day, Fietz, Weiss) WS 14/15, WS 15/16
Fusionstechnologiekolloquium* (Noe) SS 15
Magnet-Technologie für Fusionsreaktoren (Fietz, Weiss) SS 15
Vakuumtechnik und Tritiumbrennstoffkreislauf (Bornschein, Day, Demange) SS 15

KIT-Fakultät Physik
Hauptseminar Astroteilchenphysik: Neutrinos und dunkle Materie* (Bornschein, Schlösser, Fischer) WS 14/15, SS 15
Hauptseminar für Lehramtsstudierende zu ausgewählten Themen der modernen Physik* (Holzapfel) WS 15/16
Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik (Priester) SS 15
Übungen zu Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik (Röllig) SS 15

House of Competence
Wissenschaftliches Schreiben und Präsentieren für Studierende der Physik I* (Bornschein) WS 14/15, WS 15/16
Hauptseminar Astroteilchenphysik: Neutrinos und dunkle Materie* (Bornschein) WS 14/15, SS 15

Duale Hochschule BW – Fachbereich Maschinenbau
Konstruktionslehre (Bauer) WS 14/15, WS 15/16
Thermodynamik 1 für Maschinenbauer (Neumann) WS 14/15, WS 15/16
Arbeitssicherheit und Umweltschutz (Bauer) SS 15
Thermodynamik 2 für Maschinenbauer (Neumann) SS 15

Duale Hochschule BW – Fachbereich Sicherheitswesen
Umwelttechnik (Wendel) SS 15

* Organisation mit ITEP Beteiligung

Seminare / Sommerschulen / Workshops

6th ITEP Young Scientists Seminar
12.–15. Januar 2015, Kristberg, Österreich

Seminar „Die Kunst sich selbst zu präsentieren“
26.–27. Februar 2015, Karlsruhe

VDI-Seminar Kryotechnik
04.–06. März 2015, Karlsruhe

KSETA Plenary-Workshop*
04.–06. März 2015, Durbach

DPG Frühjahrstagung*
23.–27. März 2015, Heidelberg

ITEP-Projektstrategie Workshop
14.–15. April 2015, Maulbronn

Data Visualization and Presenting
12. Mai 2015, Karlsruhe

5th KIT Fusion PhD Student Seminar*
16.–17. Juni 2015, St. Martin

**9th ESAS Summer School on Materials and Applications
on Superconductivity**
20.–24. Juli 2015, Karlsruhe

Analyse-Workshop KATRIN*
31. August – 03. November 2015, Universität Münster

9th International Summer School on Fusion Technologies*
31. August – 11. September 2015, Karlsruhe

ISFNT 2015*
12.–18. September 2015, Jeju Island, South Korea

Haus der Technik – Seminar Kryostatbau
23.–25. September 2015, Karlsruhe

VDI-Seminar Kryotechnik
07.–09. Oktober 2015, Karlsruhe

Aufbauseminar „Die Kunst sich selbst zu präsentieren“
22.–23. Oktober 2015, Karlsruhe

Workshop „How to Supervise“
12.–13. November 2015, Karlsruhe

DKV-Tagung 2015*
18.–20. November 2015, Dresden

Strategiereview und FuE-Planung 2016 ITEP
07.–09. Dezember 2015, St. Martin

Lehre und Bildung

Doktorarbeiten – Master- und Diplomarbeiten – Bachelor-, Studien- und Praxisarbeiten

Doktorarbeiten 2015 (* abgeschlossen)

Kai Ackermann

Präparation und Charakterisierung supraleitender Joints REBCO-basierter Bandleiter
Betreuer: Dr. J. Hänisch, Prof. Dr. B. Holzapfel

Rodrigo Antunes

Experimental and numerical study on advanced inorganic membranes for tritium processes and qualification for tritium recovery in the breeding blanket
Betreuer: Dr. D. Demange, Prof. Dr. Margarida Cruz (Universität Lissabon)

Christoph Bayer

Characterization of high temperature superconductor (HTS) cable for large scale HTS magnet coil application
Betreuer: Dr. K.-P. Weiss, Prof. Dr.-Ing. M. Noe (KIT, ETIT)

Flavia Bonelli

Consistent Modelling of Particle Flows for Integrated Divertor Design
Betreuer: Dr. S. Varoutis, Dr. C. Day, Prof. Dr. R. Stieglitz (KIT, MACH)

Olga Borisevich

Simulation and experimental study of a multi-stage permeation process for tritium recovery in breeder blanket
Betreuer: Dr. D. Demange, Prof. Dr. M. Kind (KIT, CIW)

Sylvia Ebenhöch

Aufbau und Inbetriebnahme KATRIN Rear Section und Weiterentwicklungen im Bereich der Tritiumanalytik
Betreuer: Dr. F. Priester, Prof. Dr. B. Holzapfel, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Florian Erb

Entwurf supraleitender Windkraftgeneratoren
Betreuer: Prof. Dr.-Ing. M. Noe (KIT, ETIT)

Patthabi Vishnuvardhan Gade

Optimization of High Temperature Superconductor (HTS) cable concepts for high current capacity to be used in HTS coils for future fusion reactors
Betreuer: Dr. W. Fietz, Dr. R. Heller, Prof. Dr.-Ing. M. Noe (KIT, ETIT)

Thomas Giegerich

Entwicklung eines Vakuumpumpkonzepts für zukünftige Fusionsreaktoren
Betreuer: Dr. C. Day, Prof. Dr. K. Schaber (KIT, CIW/VT)

Cristian Gleason-González

Modelling of rarefied neutral gas flow
Betreuer: Dr. S. Varoutis, Prof. Dr. R. Stieglitz (KIT, MACH)

Aurélien Godfrin

AC loss characterization of superconducting devices for power applications
Betreuer: Dr. F. Grilli, Prof. Dr.-Ing. M. Noe (KIT, ETIT)

David Gomse

Entwicklung eines Wärmeüberträgers für MRC-Cryocooler
Betreuer: Prof. Dr. S. Grohmann (KIT, CIW/VT)

Robin Gröble*

IR-Spektroskopie an flüssigen Wasserstoffisotopen und Entwicklung einer Methode zur Bestimmung der Tritiumkonzentration im Brennstoffkreislauf von ITER
Betreuer: Dr. B. Bornschein, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Moritz Hackenjos

Aufbau und Inbetriebnahme des äußeren und inneren Tritium-Kreislaufs der WGTS und DPS des KATRIN-Experiments
Betreuer: Dr. M. Sturm, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Carolin Heidt

Experimentelle Untersuchungen und Modellierung von Störfällen in Flüssighelium-Kryostaten und die Auswirkungen auf das Schutzkonzept
Betreuer: Prof. Dr. S. Grohmann (KIT, CIW/VT)

Sebastian Hellmann

Technologieentwicklung für supraleitende strombegrenzende Transformatoren
Betreuer: Prof. Dr.-Ing. M. Noe

Zoltán Köllö*

Studies on a plastic scintillator detector for activity measurement of tritiated water
Betreuer: Dr. B. Bornschein, Prof. Dr. B. Holzapfel, Prof. Dr. G. Drexlin, IEKP

Marco Langer

Dünne Schichten pnktid-basierter Supraleiter für Detektoranwendungen
Betreuer: Prof. Dr. B. Holzapfel

Yinzhen Liu

Design and test of a superconducting DC wind generator demonstrator
Betreuer: Prof. Dr.-Ing. M. Noe

Sven Meyer

Elektrische Transporteigenschaften epitaktischer Fe-basierter Supraleiterdünnschichten
Betreuer: Dr. J. Hänisch, Prof. Dr. B. Holzapfel

Sebastian Mirz

Untersuchung der Molekularen Effekte in allen sechs flüssigen Wasserstoffisotopologen mithilfe Infrarot- und Ramanspektroskopischer Methoden
Betreuer: R. Gröbke, Dr. B. Bornschein, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Oliver Näckel*

Development of an Air Coil Superconducting Fault Current Limiter
Betreuer: Dr. W. Goldacker, Prof. Dr.-Ing. M. Noe (KIT, ETIT)

Simon Niemes

The TRIHYDE-Experiment: calibration grade gas samples of all six hydrogen isotopes in thermal equilibrium
Betreuer: Dr. B. Bornschein, Dr. M. Sturm, Prof. Dr. B. Holzapfel, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Simon Otten

HTS Roebel cables with thermal and mechanical stabilizations
Betreuer: Dr. W. Goldacker, Dr. A. Kario, Prof. Dr.-Ing. M. Noe

Benedikt Peters

Entwicklung einer Metallfolienpumpe
Betreuer: Dr. C. Day, Prof. Dr. R. Stieglitz (KIT, Mach)

Ruslan Popov

Stromtragfähigkeit und Pinningeigenschaften REBCO-basierter Dünnschichten und Bandleiter bei tiefen Temperaturen und in hohen Magnetfeldern
Betreuer: Dr. J. Hänisch, Prof. Dr. B. Holzapfel

Alan Preuß

Development of high temperature superconductor (HTS) REBCO cables for large current applications
Betreuer: Dr. M. Wolf, Dr. W. Fietz, Prof. Dr.-Ing. M. Noe

Marco Röllig*

Tritium analytics by beta induced X-ray spectrometry
Betreuer: Dr. B. Bornschein, Prof. Dr.-Ing. M. Noe, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Simone Rupp

Development of a highly sensitive hollow waveguide based Raman system for compositional analyses of the KATRIN tritium source gas
Betreuer: Dr. B. Bornschein, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Kerstin Schönung

Development of a Rear wall for the KATRIN Rear Section and investigation of tritium compatibility of Rear Section Components
Betreuer: Dr. B. Bornschein, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Shengnan Zou

Development of numerical models of the electromagnetic and thermal behaviour of superconductors for power applications
Betreuer: Dr. F. Grilli, Prof. Dr.-Ing. M. Noe

**Betreute Masterarbeiten 2015
(* abgeschlossen)****Kai Bauer***

Wirksame Strategieentwicklung in Forschungsinstituten
Betreuer: R. Baarfuss (Malik-Akademie), Prof. Dr.-Ing. M. Noe

Tim Brunst

Infrarot- und Raman-spektroskopische Untersuchungen an hochreinem HD
Betreuer: S. Mirz, Dr. B. Bornschein, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Sylvia Ebenhöch*

Konzeptionierung und Test eines Experiments zur Herstellung von Mischungen gasförmiger Wasserstoffisotope mit hoher Genauigkeit
Betreuer: S. Niemes, Dr. F. Priester, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT – Physik), Prof. Dr. B. Holzapfel

Jean-Hughes Fournier Lupien

Les Alliages Germanium-étain et Silicium-Germanium-étain: Croissance, Propriétés Structurales et Stabilité Thermique
Betreuer: S. Zou, Dr. F. Grilli, Prof. Dr.-Ing. M. Noe, Prof. Oussama Moutanabbir (École Polytechnique de Montréal)

Tobias Gebel*

Impedanzbasierte Methoden zur Bestimmung des Ladezustandes von Lithiumeisenphosphat-Zellen
Betreuer: Patrick Jansen (Audi Electronics Venture GmbH), Prof. Dr.-Ing. M. Noe

Irina Glasner*

Magnetfeldmessungen an der differentiellen Pumpstrecke am KARTIN-Experiment
Betreuer: Dr. B. Bornschein, Prof. Dr. G. Quast (IEKP), Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Roland Gyuráki*

Current Paths in Filamentary HTS coated conductors for AC Applications
Betreuer: Dr. F. Grilli, Dr. Juan de Santiago & Dr. R. Mathieu (UPPSALA Univers., Uppsala, Sweden)

Krzysztof Habelok*

Development of numerical models for extracting the $J_c(B)$ angular dependence of HTS wires from experimental data
Betreuer: Dr. F. Grilli, Dr. V. Rodriguez-Zermeno, Dr. Mariusz Stepień (Silesian University of Technology, Gliwice, Poland)

Moritz Hackenjos*

Inbetriebnahme und Charakterisierung des supraleitenden Magnetsystems
Betreuer: Dr. L. Bornschein (IKP), Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik), Prof. Dr. G. Quast (IEKP)

Yannick Hörstensmeyer

Systemanalyse kryogener Pelletinjektoren in Fusionsreaktoren
Betreuer: Dr. C. Day, Prof. Dr. S. Grohmann

Diana Kalteisen*

Untersuchung von mechanischen Presskontakten zur Stromeinkopplung in supraleitende ReBCO-Dünnschichtbandleiter

Betreuer: S. Hellmann, Prof. Dr.-Ing. M. Noe

Manuel Klein*

Adsorption of Gaseous Tritium on Gold Coated Beryllium Investigated with TRIADE

Betreuer: M. Röllig, Prof. Dr. B. Holzapfel, Dr. B. Bornschein, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Bennet Krasch*

Entwicklung eines Experimentes zur Raman-spektroskopischen Bestimmung der Molekülkonstanten der Wasserstoffisotopologie mit hoher Genauigkeit

Betreuer: S. Mirz, Prof. Dr. H. Telle (Universität Swansea), Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Philip Kreideweis*

Aufbau eines Power-Hardware-in-the-loop Teststands zur Untersuchung von Energienetzen

Betreuer: Dr. C. Lange, Prof. Dr.-Ing. M. Noe

Merlijn Mertens*

Engineering design of the test section for tritium extraction from PbLi using a vacuum sieve tray

Betreuer: Dr. D. Demange; Prof. Dr. Dr.h.c. ir. J. Noterdame (Universität Gent, B.)

Venkataram Narayanan Venkatesan*

Preliminary Investigation and simulation of FBG cryogenic flowmeters

Betreuer: Dr. R. Ramalingam, Prof. R. P. Bharti (Institute of Technology (IIT), India)

Andreas Off*

Untersuchungen zur Fluoreszenzreduzierung in einem Kapillar-Raman-System für hochsensitive Gasanalytik am Tritiumlabor Karlsruhe (TLK)

Betreuer: S. Rupp, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik), Prof. Dr. H. Telle (Universität Madrid)

Manuel Pitz

Aufbau eines echtzeitfähigen Auswertesystems zur Wirk- und Scheinleistungsbewertung von induktiven supraleitenden Strombegrenzern

Betreuer: Dr. S. Strauß, Prof. Dr.-Ing. M. Noe, (ETIT)

Alexander Rein*

Abschätzung von Verunreinigung in Kalibriergasmischungen für das Tritium-Hydrogen-Deuterium-Experiment (TRIHUDE)

Betreuer: S. Niemes, Prof. B. Holzapfel, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik),

Rudolf Sack*

Aufbau einer Ionenquelle und Simulation der Transporteigenschaften der DPS und CPS am KATRIN Experiment

Betreuer: Dr. B. Bornschein, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

David Schneider*

Electromechanical test facility for the study of superconductors at cryogenic temperatures within a magnetic field

Betreuer: C. Bayer, Dr. K.-P. Weiss, Prof. Dr. R. Stieglitz (KIT, MACH)

Sankar Ram Thekkethil*

Design, Development and Calibration of Fibre Bragg Grating Sensor Based Cryogenic Mass Flow Meter

Betreuer: Dr. R. Ramalingam, Dr. K.E. Reby Roy, Dr. Rijo Jacob Thomas (T.K.M. College, Kerala)

Carlos Roberto Vargas Llano*

Study of Hysteretic Losses in the Superconducting Windings of a MgB₂ based Wind Turbine Generator

Betreuer: Dr. V. Rodriguez-Zermeno, Dr. Frederic Trillaud Pighi (UNAM Mexico)

Betreute Diplomarbeiten 2015

(* abgeschlossen)

Patrick-Simon Klug*

Numerische Untersuchungen eines mehrstufigen Membranprozesses

Betreuer: Dr. D. Demange, Professor Dr. M. Kind (CIW, VT)

Betreute Bachelorarbeiten 2015

(* abgeschlossen)

Max Aker*

Weiterführende Untersuchungen der optischen Eigenschaften von Glasfasern in einer Tritiumumgebung

Betreuer: K. Schöning, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Woo-Jeong Baek*

Characterization of a detector system consisting of a KETEK AXAS-M1 X-ray detector and an Amptek DP5 data acquisition unit

Betreuer: M. Röllig, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Stefanie Blust*

Gas flow balancing for the DEMO inner fuel cycle

Betreuer: T. Giegerich, Prof. Dr.-Ing. K. Schaber (KIT, CIW/VT)

Christian Burkhardt*

Verbesserung der Lagerstelle an Frontscharnieren für Brillen

Betreuer: Prof. Dr. Carlo Burkhardt (OBE GmbH & Co. KG, Ispringen), Kai Bauer

Dominik Dorer*

Untersuchung der Intensitätsstabilität der mit einem Bruker Tensor 27 aufgenommenen IR-Absorptionsspektren

Betreuer: S. Mirz, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Eicher Alain*

Optische und elektrische Untersuchung des Quench- und Recoveryverhaltens von Dünnschichtsupraleitern

Betreuer: S. Hellmann, Prof. Dr.-Ing. M. Noe

Sven Engelmann*

Konzeptionsentwicklung zur Energieeffizienzsteigerung eines Produktionswerkes

Betreuer: Dr. Inge Hartmann (Fa. Metaldyne Zell GmbH & Co. KG), Kai Bauer

David Gerstner*

Bewertung verschiedener Verfahren zur Tritiumextraktion aus Brutblankets

Betreuer: Dr. D. Demange, Prof. Dr. S. Grohmann (KIT, CIW/VT)

Elisabeth Günther*

Einfluss einer Wärmebehandlung auf Struktur und Widerstandsverhalten von MgB_2 -Schichten

Betreuer: S. Kaufmann-Weiss, Prof. Dr. B. Holzapfel

Michael Gross*

Untersuchungen zur Laser-induzierten Kontamination

Betreuer: Dr. S. Fischer, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Fabian Kopold*

Konstruktive Ausarbeitung einer optionalen Entlüftungsmöglichkeit für sensible Bereiche von Kunststoffbaueilen

Betreuer: Reiner Gebhard (Härter Werkzeugbau GmbH), Kai Bauer

Christian Linder*

Theoretische Analyse des Wärmeübergangs durch Strahlung und Verdampfung von Stickstoff für verschiedene Behältergeometrien

Betreuer: Dr. H. Neumann, Prof. Dr. B. Müller (Hochschule Kempten)

Oliver Linder*

Untersuchung eines RF Plasmas in Metallfolienpumpen für den Brennstoffkreislauf von Fusionsanlagen

Betreuer: T. Giegerich, Prof. Dr. W. Wulfhekel (KIT, Physik)

Christoph Lusch*

Qualification of Electron Beam Welded Joints between Copper and Stainless Steel for Cryogenic Application

Betreuer: C. Heidt, Dr. J. Sas, Prof. Dr. S. Grohmann (KIT, CIW/VT)

Paul Masuch

Aufbau eines Raman-Systems zur Untersuchung von Flüssigkeiten

Betreuer: Andreas Off (TLK), Dr. S. Fischer (TLK), Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Martin Meinzer*

Analyse des Kooperationsmodells zwischen der KIT-Campus-Transfer-GmbH und einem Materialtestlabor des KIT

Betreuer: Dr. K.-P. Weiss, Dr. Rajiv Kumar (DHBW)

Marie Oehler*

Aufbau einer optimierten BIXS-Messzelle und Messungen zum Detektorverhalten bezüglich der Ausheiztemperatur

Betreuer: S. Ebenhöch, Dr. F. Priester, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Nadin Osman

Investigation of Lithium-6 issues for nuclear fusion applications

Betreuer: T. Giegerich, Dr. C. Day, Prof. Dr. T. Wetzel (TVT)

Moritz Rabe*

Set up and Investigation of the Properties of a Power Build-Up Cavity for Cavity Enhanced Raman Spectroscopy.

Betreuer: Dr. T. James, Dr. M. Schlösser, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Cathrin Röhnisch*

Entwicklung eines Konzepts zur leistungsorientierten Budgetverteilung für ein wissenschaftliches Forschungsprogramm

Betreuer: Dr. Isabelle Südmeyer, Prof. H. Rothermel (DHBW)

Hartmut Schmidt*

Comparison of Ortho/Para and chemical conversion of H_2 and D_2 with an iron oxide catalyst

Betreuer: S. Mirz, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Alexander Schöbel

Konzeption der Messung thermischer Kontaktwiderstände in Silizium-Sensoren für den CMS-Detektor am CERN

Betreuer: C. Heidt, Prof. Dr. S. Grohmann

Kevin Schöbel

Untersuchung der Temperatur und Dichteabhängigkeit der IR-Absorption flüssiger Wasserstoffisotope

Betreuer: S. Mirz

Sebastian Senst*

Aufbau des Fibertestexperiments zur Untersuchung optischer Eigenschaften von Glasfasern in einer Tritiumumgebung und erste Ergebnisse

Betreuer: K. Schönung, Dr. B. Bornschein, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Damian Sprawka*

Writing of LabView Software for multiplexed AC transport current loss measurements

Betreuer: A. Kudymow, Prof. Dr. A. Konczakowska (Politechnika Gdańsk)

Boyuan Tan*

Vergleich verschiedener Quellen zur Erzeugung von energiereichem Wasserstoff zur Entwicklung einer neuartigen Vakuumpumpe

Betreuer: B. Peters, Prof. Dr. B. Holzapfel

Leonard Weidemann*

Umsetzung einer Messroutine zur effizienten Bestimmung von kritischer Strömen in Hochtemperatursupraleitern

Betreuer: S. Hellmann, Prof. Dr.-Ing. M. Noe (KIT, ETIT)

Thomas Werner*

Inbetriebnahme einer Ultrahochvakuumkelvinsonde für das KATRIN Experiment

Betreuer: K. Schönung, Prof. Dr. G. Drexlin (KIT, Physik)

Betreute Studienarbeiten 2015

(* abgeschlossen)

Johannes Eckel, Julian Becker*

Erstellung eines Auslegungsmoduls in Excel für Rohr-in-Rohr-Wärmeübertrager

Betreuer: Dr. H. Neumann

Fabian Hamsch*

Conceptual design of a small experimental setup to experiment tritium extraction process from liquid breeding blanket of fusion reactors

Betreuer: Dr. D. Demange, Prof. Dr. M. Kind (KIT, CIW)

Dennis Karkosch, Felix Schmid

Konzeptionierung und Vorkonstruktion eines Teststandes zur Untersuchung von Kleinkühlern unter dynamischen Rotations- und Seitwärtsbelastungen

Betreuer: Dr. H. Neumann

Nico Cyba, Tim Elgert

Erstellung eines Makros in Excel zur Berechnung der Abdampfrate tiefsiedender Fluide bei Zusammenbruch des Isolationsvakuums und Quench eines supraleitenden Magneten

Betreuer: Dr. H. Neumann

Betreute Praxisarbeiten und -berichte, Projektarbeiten**Rica Jansen**

Praxisbericht – an der DHBW Karlsruhe (Fb Wirtschaftsingenieurwesen)

Internationale Forschungsteams: Betrachtung interkultureller Aspekte der Mitarbeitermotivation & Erstellung eines Welcome Flyers

Betreuer: A.-K. Weber, N. Kästle

1. Studienjahr

Matthias Kluge

Praxisbericht I (T2_1000) – an der DHBW Karlsruhe (FB Mechatronik)

Konstruktion von Schaltschränken der Kryoinfrastruktur am Institut für Technische Physik

Betreuer: S. Bobien

1. Studienjahr

Michael Korevaar

Projektarbeit (T2000_1) – an der DHBW Karlsruhe (FB Maschinenbau)

Planung und Konzeption eines Armaturenschranks für Hochdruckventile (V9190) der Helium Rückgewinnung am Institut für Technische Physik

Betreuer: S. Holzmann

2. Studienjahr

Projektarbeit (T2000_2) – an der DHBW Karlsruhe (FB Maschinenbau)

Füllstandregelung eines Behälters mit flüssigem Stickstoff

Betreuer: S. Bobien

2. Studienjahr

Martin Meinzer

Praxisbericht – an der DHBW Karlsruhe (FB Wirtschaftsingenieurwesen)

Market Study on Scanning Probe Microscopes in cold environments

Betreuer: A.-K. Weber, Dr. Ziad Melhem (Oxford Instruments)

3. Studienjahr

Cathrin Röhnisch

Projektbericht – an der DHBW Karlsruhe (FB Wirtschaftsingenieurwesen)

Controlling in der Wissenschaft: Anwendbarkeit klassischer Steuerungs- und Überwachungsinstrumente

Betreuer: A.-K. Weber

3. Studienjahr

Julian Sandrock

Projektarbeit – an der DHBW Karlsruhe (FB Elektrotechnik)

Einführung in die Automatisierung mit einer Simatic S7-1500

Betreuer: C. Melzer

1. Studienjahr

Lehre und Bildung

Kolloquien

- 28.04.2015 Interaction of ferromagnetic and
superconducting permanent magnets
– superconducting levitation
Prof. Dr. Ludwig Schultz; IFW Dresden
- 02.06.2015 Materials research at the Dresden
High Magnetic Field Laboratory
Prof. Dr. Jochen Wosnitza;
Helmholtz-Zentrum
Dresden-Rossendorf
- 09.06.2015 Verflüssigung von Wasserstoff –
Geschichte, Gegenwart und Zukunft
Prof. Dr. Hans Quack; TU Dresden
- 01.12.2015 Accelerators at the
high-energy frontier:
CERN's future plans
Dr. Philippe Lebrun; CERN

Lehre und Bildung

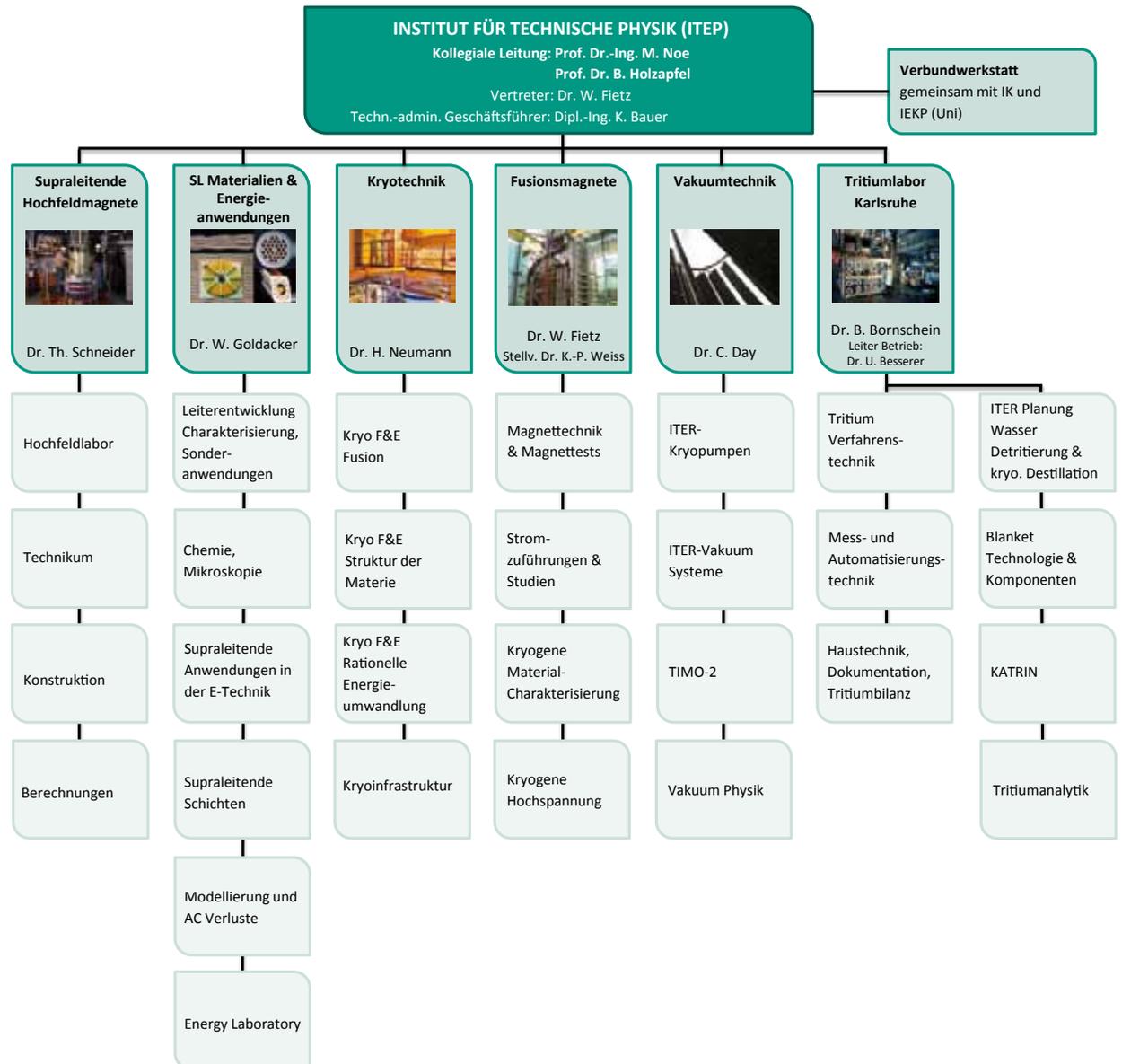
Fach- und Gastvorträge

- | | | | |
|------------|---|------------|--|
| 03.02.2015 | Commercial Coated Conductors: Electrical, Mechanical and Thermo-Physical Properties
Dr. Christian Barth, Université de Genève
Département de Physique de la Matière Condensée
Gast; FUSION | 31.03.2015 | Theoretische Analyse des Wärmeübergangs durch Strahlung und Verdampfung von Stickstoff für verschiedene Behältergeometrien
Christian Linder, Hochschule Kempten
Masterarbeit; KRYO |
| 10.02.2015 | Writing of LabView Software for multiplexed AC transport current loss measurements
Damian Sprawka, Gdansk University of Technology
Gastwissenschaftler; FUSION | 30.04.2015 | Electromechanic test facility for the study of superconductors at cryogenic temperatures within a magnetic field
David Schneider, Fachbereich Maschinenbau
Masterarbeit; FUSION |
| 24.02.2015 | Untersuchungen zu Lötkontakten an REBCO-Bandleitern und RACC
Alan Preuß
Masterarbeit; FUSION | 02.06.2015 | Neuer Welcome-Flyer für Gäste und Gastwissenschaftler Rica Jansen
DHBW-Studentin; Administration |
| 27.02.2015 | Untersuchung von mechanischen Presskontakten zur Stromeinkopplung in supraleitende ReBCO-Dünnschichtbandleiter
Diana Kalteisen
Masterarbeit; SUPRA | 08.06.2015 | Umsetzung einer Messroutine zur effizienten Bestimmung von kritischen Strömen bei Hochtemperatursupraleitern
Leonard Weidemann
Bachelor-Student; SUPRA |
| 04.03.2015 | Current Science and Research Activities of department of Metal Forming and Principals of Physical Metallurgy of Stainless Steels for DEMO
Prof. Tibor Kvačkaj, Technische Universität Košice, Slowakei
Gast; FUSION | 23.06.2015 | Untersuchungen zur Fluoreszenzreduzierung in einem Kapillar-Raman-System für hochsensitive Gasanalytik am Tritiumlabor Karlsruhe (TLK)
Andreas Off
Master-Student; TLK |
| 04.03.2015 | Post SPD Materials Recovery at Thermal Exposition
Assoc. Prof. Robert Bidulsky, PhD., Technische Universität Košice, Slowakei
Gast, FUSION | 14.07.2015 | Design, construction and performance of the cryogenic system and the high-temperature superconducting magnet for the radio blackout mitigation experiment "COMBIT"
Sonja Schlachter
Fachvortrag; SUPRA |
| 05.03.2015 | SuperOx. Industrial supplier of 2G HTS tapes and integrated HTS components
Alexander Molodyk, SuperOx, Moscow, Russian Federation
Gast; SUPRA | 28.07.2015 | Stromzuführungstestanlage CuLTka – Ein Portrait Thomas Richter
Fachvortrag; KRYO |

- 15.09.2015 Einfluss einer Wärmebehandlung auf Struktur und Widerstandsverhalten von MgB_2 -Schichten Elisabeth Günther
Bachelorarbeit; SUPRA
- 16.09.2015 HTS Transformers: 1 MVA 11/0.4 kV demonstrator and future prospects
Bob Buckley, Mike Staines, Victoria University of Wellington
Gastvortrag
- 16.10.2015 Thermoelectric Materials and Applications
Prof. Chan Park, Dept. Materials Science & Engineering, Seoul National University
Gastvortrag
- 19.11.2015 Optische und elektrische Untersuchung des Quench- und Recoveryverhaltens von Dünnschichtsupraleitern
Alain Eicher
Bachelorarbeit; SUPRA
- 24.11.2015 Analyse des Kooperationsmodells zwischen der KIT-Campus-Transfer-GmbH und einem Materialtestlabor des KIT
Martin Meinzer, Institutsbereich Fusionsmagnete
Bachelorarbeit; FUSION
- 25.11.2015 Impedanzbasierte Methoden zur Bestimmung des Ladezustandes von Lithiumeisenphosphat-Zellen
Tobias Gebel, Industriepartner Audi Electronics Venture GmbH
Masterarbeit; Extern
- 14.12.2015 Aufbau eines Power-Hardware-in-the-loop Teststands zur Untersuchung von Energienetzen Kreideweis
Masterarbeit, IB FUSION
- 15.12.2015 Informationsveranstaltung: Der neue Drittmittelprozess (3MP) des KITS
Frau Heidt (EVM), Herr Dasselaar (FIMA) und Frau Dr. Reussner (FOR)
Fachvortrag; EVM, FIMA, FOR
- 15.12.2015 Praktikum IAESTE
Stefanie Blust
Fachvortrag; VAKUUM

Zahlen und Daten

Organigramm



Personalstand (30.11.2015)

Gesamt	229	zusätzlich, während 2015:	
Akademiker	69	Gäste	21
Ingenieure und Techniker	61	Praktikanten	17
Sonstige	32	Studentische Hilfskräfte	36
Doktoranden	31	Studien-, Bachelorarbeiten	34
Master	23		
DH-Studenten	8		
Auszubildende	4		
Trainees	1		

Zahlen und Daten

Personalveränderungen

Neu eingestellt (ohne Praktikanten, Gäste und studentische Hilfskräfte)

Kai Ackermann

Giulia Bartelt

Christian Bettin

Flavia Bonelli

Jasmin Dossinger

Sylvia Ebenhöch

Jonas Faul

Laetitia Frances

Gerd Fürniß

Chiara Geiger

Jörn Geisbüsch

David Gomse

Christian Göcke

Sarah Götz

Moritz Hackenjos

Martin Jäger

Jürgen Jung

Diana Kalteisen

Sven Meyer

Omar Alejandro Muñoz Ovalle

Hosea Neubehler

Andreas Off

Ruslan Popov

Alan Preuß

Carsten Zins

Zahlen und Daten

Personalveränderungen

Ausgeschieden (ohne Praktikanten, Gäste und studentische Hilfskräfte)

Max Beckenbach

Christian Bettin

Olga Borisevich

Sandra Drotziger

Florian Erb

Eric Freynhagen

Nando Gramlich

Timothy James

Diana Kalteisen

Zoltan Köllö

Yannick Nagel

Cathrin Röhnisch

Zhihan Xu

Zahlen und Daten

Studentische Hilfskräfte

Studentische Hilfskräfte

Max Aker

Evelyn Bens

Stefanie Blust

Tim Brunst

Felix Diel

Sylvia Ebenhöch

Marius Frank

Anna Friedel

Tobias Gebel

Lu Guo

Mert Gülcür

Elisabeth Günther

Maiken Günther

Roland Gyuráki

Till Holzhäuser

Thomas Karcher

Johannes Kern

Manuel Klein

Rafael Klenk

Alexander Kraus

Yanshu Li

Christoph Lusch

Paul Masuch

Marie Oehler

Andreas Off

Manuel Pitz

Salman Quaiyum

David Schneider

Pia Schulz

Jasmin Seeger

Eugen Shabagin

Matthias Wecker

Leonhard Weidemann

Jochen Werling

Mark Weyrauch

Sebastian Wozniewski

Zahlen und Daten

Gastwissenschaftler

Gastwissenschaftler

Dr. Christian Barth

02.02.–06.02.15 Institute of Condensed Matter Physics, Genf, Schweiz

Dr. Marcus Beck

16.11.–30.11.15 Johannes-Gutenberg Universität, Mainz, Deutschland

Kévin Berger

27.04.–24.07.15 Université de Lorraine, Nancy, Frankreich

Edward Bickmann

16.11.–30.11.15 Johannes-Gutenberg Universität, Mainz, Deutschland

Gregory Courville

08.10.–30.10.15 University of California, Santa Barbara, USA

Dr. Mauro Dalla Palma

08.04.–10.04.15 Conzorzio RFX, Padova, Italien

Hiroyuki Horii

22.06.–29.06.15 Mitsubishi Electric Corporation, Kobe, Japan

Dr. Fedai Inanir

01.08.–31.10.15 Yildiz Technical University, Department of Physics, Faculty of Art and Sciences, Davutpasa Campus, Istanbul, Türkei

Jan Kahlenberg

16.11.–30.11.15 Johannes-Gutenberg Universität, Mainz, Deutschland

Dr. Robert Kočíško

13.04.–17.04.15 Technical University of Kosice, Slowakei

Dr. Norimitsu Koga

13.01.–16.03.15 Department of Materials Science and Engineering, Faculty of Engineering, Yokohama National University, Japan

Zoltan Köllö

13.07.–17.07.15 Culham Science Centre (JET), Abingdon, UK

Haruyuki Murakami

22.06.–29.06.15 Japan Atomic Energy Agency, Naka, Japan

Alina Niculescu

23.06.–15.07.15 National Institute of R&D for Cryogenic and Isotopic Technologies, Institut ICIT, Valcea, Rumänien

Dr. Fumito Okino

18.05.–20.05.15 Institute of Advanced Energy, Kyoto University, Kyoto, Japan

Dr. Roland Piccin

09.11.–20.11.15 ITER IO, Cadarache, Frankreich

Dr. Emanuele Sartori

08.04.–10.04.15 Conzorzio RFX, Padova, Italien

Christian Schmidt

16.11.–30.11.15 Johannes-Gutenberg Universität, Mainz, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. F. Sirois

01.09.15–31.08.16 École Polytechnique, Montréal, Canada

Dr. W. Batista de Sousa

01.11.–14.11.15 Applied Superconductivity Laboratory-LASUP/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasilien

Dr. Mingxing Zhang

01.09.15–31.08.16 Beihang University, Beijing, China

Zahlen und Daten

Mitgliedschaften in technisch und wissenschaftlich relevanten Gremien

Kai Bauer

- Mitglied der gemeinsamen Kommission „Max-Planck-Gesellschaft und Helmholtz-Gemeinschaft HSE“
- Mitglied im Helmholtz-Arbeitskreis HSE „Health, Safety and Environment“
- Mitglied der Kommission für Lehrkultur an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe im Fachbereich „Technik“
- Mitglied der Prüfungsausschüsse der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe in den Fachbereichen „Maschinenbau“ und „Wirtschaftsingenieurwesen“

Beate Bornschein

- Mitglied im KIT-Lenkungskreis KATRIN
- Mitglied im Financial Technical Review Board von KATRIN
- Mitglied im KATRIN Executive Committee
- Mitglied im KATRIN Collaboration Board
- Mitglied im KATRIN Publication Committee
- Koordinatorin Quelle und Transportsystem von KATRIN
- Mitglied im Lenkungsgremium von KCETA
- Mitglied im Executive Board von KSETA
- Mitglied im Admission Panel von KSETA
- Mitglied im CRYC (Council for Research and Promotion of Young Scientists) des KIT
- Mitglied im KHYS-Lenkungsgremium

Ion Cristescu

- Member of the tritium sub-task of the IEA Committee of Nuclear Technology for Fusion Reactors

Christian Day

- Mitglied des Vorstandsrates der Dt. Vakuumgesellschaft (DVG).
- Stellv. Vorsitzender des Fachverbandes Vakuumphysik und -technik der Dt. Physikalischen Gesellschaft (DPG).
- Projektleitung des Bereichs Tritium-Materiezufuhr-Vakuum im Europäischen Fusionsprogramm EUROFUSION
- Sprecher Topic 'Vakuum und Tritium' der deutschen DEMO-Initiative
- Mitglied im International Advisory Committee der RGD (Rarefied Gas Dynamics Conference)
- Nationaler Vertreter in der IUVSTA (International Union of Vacuum Science and Technology Applications)
- Mitglied des Programmkomitees der EVC (European Vacuum Conference), IVC (International Vacuum Conference) und ISFNT (international Symposium of Fusion Nuclear Technology).
- Associated Expert of the Indian Vacuum Society (IVS).
- Chartered Engineer of American Vacuum Society (AVS).

Walter H. Fietz

- Member of EUROfusion Scientific Technical Advisory Committee (STAC)
- Member of International Organizing Committee of Symposium of Fusion Technology (SOFT) conference
- Head of Task Force Magnets in KIT Program Fusion
- Member of KIT Senate

Thomas Giegerich

- Stellv. Vorsitzender des Fachverbandes Vakuumphysik und -technik der Dt. Physikalischen Gesellschaft (DPG).

Wilfried Goldacker

- President of Board of Directors ICMC (International Cryogenics Materials Commission)
- Mitglied der Kommission Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik im DIN und VDE, DKE, Referat K184 „Supraleiter“
- Advisory Board CESUR Universität Ankara (Centre of Excellence for Superconductivity Research)
- Board member ICEC25-ICMC Conference, ICMC Chair, New Dheli 2016
- Program Committee Member ICSM-Conference Antalya 2015
- Member Executive Board of Eucard-II (EU-Projekt)
- Mitglied und KIT-Vertreter Windenergie-Netzwerk e. V. Rostock
- Mitglied im VAMAS Gremium für Normierung TWA 16
- IEC International Electrotechnical Commission/Technical Committee 90 „Superconductivity“ Mitglied

Francesco Grilli

- Board member International HTS Modelling working group: <http://www.htsmodelling.com>
- International advisory board member of the 5th International Workshop on Numerical Modelling of High Temperature Superconductors, 2016 Bologna

Steffen Grohmann

- Mitglied im DIN Normenausschuss Druckgeräte (NDG)
- Mitglied im Verein zur Förderung der Luft- und Kältetechnik e.V.
- Mitglied im International Institute of Refrigeration, Commission A1: Cryophysics, cryoengineering

Jens Hänisch

- EMFL User Proposal Selection Committee (<http://www.emfl.eu/user/selection-committee.html>)

Reinhard Heller

- Applied Superconductivity Conference, Member of International Program Committee
- Magnet Technology Conference, Lead Editor
- Computation of Thermo-Hydraulic Transients in Superconductors (CHATS-AS), Board member
- DKE/DIN K 184 – Supraleiter
- International Electrotechnical Commission (IEC TC90) – Superconductivity – Member WG 12 – “Superconducting Power Devices-General Requirements for Characteristic Tests of Current Leads designed for Powering Superconducting Devices”

Bernhard Holzapfel

- European Society for Applied Superconductivity (ESAS), Board Member, Society
- International Energy Agency, Implementing Agreement for a co-operative programme for assessing the impacts of high-temperature superconductivity on the electric power sector, German representative
- Applied Superconductivity Conference, Board member
- European Conference on Applied Superconductivity, Member of International Program Committee
- Industrieverband Supraleitung, Gastmitglied
- Siemens Campus “Future Energy Systems”, Steering Board Member
- IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Editor

Holger Neumann

- Vorstandsmitglied im „Deutscher Kälte und Klimatechnischer Verein e. V. – DKV“ als stellvertretender Vorsitzender

Mathias Noe

- Sprecher des Helmholtz Programmes Speicher und vernetzte Infrastrukturen
- Präsident der European Society for Applied Superconductivity (ESAS)
- Mitglied des Engitech Scientific Committees von Science Europe
- Koordinator des Joint Programs Energy Storage der European Energy Research Alliance (EERA)
- Convenor of Working Group D.1.38 “Emerging Test Techniques Common to High Temperature Superconducting (HTS) Power Applications” des International Council of Large Electric Systems (CIGRE)
- Deutscher Abgesandter der International Energy Agency, Implementing Agreement for a co-operative programme for assessing the impacts of high-temperature superconductivity on the electric power sector
- Mitglied des Technical Advisory Panel von Fusion for Energy (F4E)
- Mitglied des International Organizing and Scientific Program Committee of the International Conference on Magnet Technology
- Mitglied des Boards der Applied Superconductivity Conference
- Mitglied des International Program Committee der European Conference on Applied Superconductivity
- Programmdirektor des Studiengangs Energy Engineering and Management der Hector School
- Mitglied des Advisory Panel der Zeitschrift Physica C
- Editor des Journals IEEE Transactions on Applied Superconductivity for Large Scale Applications
- Gastmitglied des Industrieverband Supraleitung (ivsupra)
- Mitglied des Verwaltungsrats der Heinrich-Hertz-Gesellschaft

Rajanikumar, Ramalingam

- Mitglied im technischen Komitee, an der International conference on Electrical, Instrumentation and communication Engineering- Recent Trends & Research Issues (ICE2)
- Mitglied im Beratungskomitee an der – International conference on Aerospace and Mechanical Engineering (ICAME)

Sonja Schlachter

- Member of the „Executive Board of Superconductor Science and Technology“ (SUST) in the Institute of Physics (IOP) UK

Stylios Varoutis

Mitglied im Scientific Committee der NEGF (European Conference on Non-equilibrium Gas Flows).

Anne-Kathrin Weber

- Mitglied des Konvent des Karlsruher Institut für Technologie
- Mitglied des Prüfungsausschusses der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe im Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen

Klaus-Peter Weiss

- DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE Referat K 184 „Supraleiter“ Stellvertretender Obmann
- IEC International Electrotechnical Commission/ Technical Committee 90 „Superconductivity“ Mitglied WG 2 “Critical current measurement of Nb-Ti composite superconductors”, WG 5 “Tensile test and electro-mechanical properties of composite superconductors”, WG 7 “Critical current measurement method of Nb3Sn composite superconductors”, WG 11 “Critical temperature measurement – Critical temperature of composite superconductors”, WG 13 “General characteristics for practical superconducting wires”
- Sprecher der Arbeitsgruppe „Magnet Design“ innerhalb der deutschen Koordination der Fusionsforschung für DEMO

Jürgen Wendel

- Gründungs- und Vorstandsmitglied (Schatzmeister) der Deutschen Gesellschaft für Flüssigszintillationschromatographie e. V. (DGfS)
- Referent am Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt (FTU) in den Bereichen Strahlenschutz und Radiochemie

Veröffentlichungen

Fusion

(* Thomson Reuters referiert)

Bagrets, N.; Celentano, G.; Augieri, A.; Weiss, K.P.
Investigation of soldered REBCO tape-to-copper joints for superconducting applications.
24th International Conference on Magnet Technology (MT 2015), Seoul, Korea, October 18–23, 2015

Bagrets, N.; Fink, S.; Zweckner, V.; Weiss, K.P.
PE300 cryogenic high voltage insulators.
12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6-10, 2015

Bagrets, N.; Otten, S.; Kario, A.; Weiss, K.P.; Goldacker, W.
Thermal and mechanical properties of impregnation materials for HTS cables and coils.
Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28– July 2, 2015

* Bagrets, N.; Otten, S.; Weiss, K.P.; Kario, A.; Goldacker, W.
Thermal and mechanical properties of impregnation materials for HTS cables and coils.
IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 102(2015) pp.012021/1-5
DOI:10.1088/1757-899X/102/1/012021

* Barth, C.; Takayasu, M.; Bagrets, N.; Bayer, C.M.; Weiss, K.P.; Lange, C.
Temperature- and field-dependent characterization of a conductor on round core cable.
Superconductor Science and Technology, 28(2015) pp.045015/1-10
DOI:10.1088/0953-2048/28/4/045015

Batistoni, P.; Campling, D.; Conroy, S.; Giegerich, T.; Lefebvre, X.; Lengar, I.; Lilley, S.; Pillon, M.; Popovichev, S.; Reynolds, S.; Vila, R.; Villari, R.; Bekris, N.
Technological exploitation of Deuterium-Tritium operations at JET in support of ITER design, operation and safety.
12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14-18, 2015

* Battes, K.; Day, C.; Rohde, V.
Basic considerations on the pump-down time in the dwell phase of a pulsed fusion DEMO.
Fusion Engineering and Design, 100(2015) pp.431-435
DOI:10.1016/j.fusengdes.2015.07.011

Battes, K.; Day, C.
Impact of the outgassing of tungsten on the pump-down time in the dwell phase of DEMO.
15th International Conference on Plasma-Facing Materials and Components for Fusion Applications (PFMC 2015), Aix-en-Provence, F, May 18–22, 2015

* Battes, K.; Day, C.; Hauer, V.
Outgassing rate measurements of stainless steel and polymers using the difference method.
Journal of Vacuum Science and Technology A, 33(2015) pp.021603/1-9
DOI:10.1116/1.4905099

* Borisevich, O.; Antunes, R.; Demange, D.
Experimental study of permeation and selectivity of zeolite membranes for tritium processes.
Fusion Engineering and Design, 98–99(2015) pp.1755–1758
DOI:10.1016/j.fusengdes.2015.04.015

* Borisevich, O.; Demange, D.; Kind, M.; Lefebvre, X.
Zeolite membrane cascade for tritium extraction and recovery systems.
Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.262-265
DOI:10.13182/FST14-T6

* Breschi, M.; Bevilacqua, A.; Bottura, L.; Granieri, P.
Analysis of beam-induced quenches of the LHC cables with a multi-strand model.
IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 25(2015) pp.4700405/1-5
DOI:10.1109/TASC.2014.2365856

Brighenti, A.; Drotzinger, S.; Heller, R.; Savoldi, L.; Zanino, R.
Numerical analysis of propagation of thermal disturbances in REBCO tapes.
CHATS Workshop on Applied Superconductivity 2015, Bologna, I, September 14–16, 2015

* Bükki-Deme, A.; Alecu, C.G.; Kloppe, B.; Bornschein, B.
Current status of tritium calorimetry at TLK.
Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.282–285
DOI:10.13182/FST14-T11

Bükki-Deme, A.; Demange, D.; Le, T.L.; Fanghänel, E.; Simon, K.H.
PERMCAT experiments with Tritium at high flow rates relevant for the Tritium extraction systems using the CAPER facility at TLK.
12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14-18, 2015

- Cristescu, I.
Enhanced configuration of a water detritiation system. Impact on ITER isotope separation system based cryogenic distillation.
12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14-18, 2015
- Day, C.; Butler, B.; Giegerich, T.; Lang, P.; Lawless, R.; Meszaros, B.
Consequences of the technology survey and gap analysis on the european R&D programme of the DEMO inner fuel cycle. (eingeladen)
12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14-18, 2015
- Day, C.; Igitkhanov, J.; Lang, P.; Meszaros, B.; Pegourie, B.; Plöckl, B.; Varoutis, S.
DEMO fuel cycle: integrated design strategies.
3rd IAEA DEMO Programme Workshop, Hefei, China, May 11–15, 2015
- Day, C.; Igitkhanov, Y.; Varoutis, S.; Hauer, V.
Initial studies of the divertor dome effect on detachment onset in DEMO.
26th Symposium on Fusion Engineering (SOFE 2015), Austin, Tex., May 31–June 4, 2015
- Day, C.; Varoutis, S.; Igitkhanov, Y.
Initial studies of the divertor dome effect on pumping efficiency in DEMO.
26th Symposium on Fusion Engineering (SOFE 2015), Austin, Tex., May 31–June 4, 2015
Proceedings on CD-ROM
Piscataway, N.J. : IEEE, 2015
ISBN 978-1-4799-8264-6
- Day, C.; Gleason-Gonzalez, C.; Igitkhanov, J.; Varoutis, S.
Status of divertor particle exhaust modelling activities at KIT.
42nd European Physical Society Conference on Plasma Physics (EPS 2015), Lisboa, P, June 22-26, 2015
- * Day, Chr.
Handed over: Industry takes over after more than 20 years of ITER cryopump development at KIT.
Cold Facts, 31(2015) pp.38–39
- * Day, Chr.
Proving the power of fusion.
Physics World, Special Issue Focus on: Vacuum Technology, Article 8713
- * Demange, D.; Fanghänel, E.; Fischer, S.; Le, T.L.; Priester, F.; Röllig, M.; Schlösser, M.; Simon, K.H.
CAPER as central and crucial facility to support R&D with tritium at TLK.
Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.308-311
DOI:10.13182/FST14-T17
- * Demange, D.; Cristescu, I.; Fanghänel, E.; Glugla, M.; Gramlich, N.; Le, T.L.; Michling, R.; Moosmann, H.; Shu, W.M.; Simon, K.H.; Wagner, R.; Welte, S.; Willms, R.S.
Micro-channel catalytic reactor integration in caper and R&D on highly tritiated water handling and processing.
Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.312–315
DOI:10.13182/FST14-T18
- Demange, D.; Besserer, U.; Bornschein, B.; Cristescu, I.; Fischer, S.; Priester, F.; Schäfer, P.; Sturm, M.; Wendel, J.; Welte, S.
Overview of research activities at Tritium laboratory Karlsruhe. (eingeladen)
26th Symposium on Fusion Engineering (SOFE 2015), Austin, Tex., May 31–June 4, 2015
- Demange, D.; Antunes, R.; Borisevich, O.; Frances, L.; Rapisarda, D.; Santucci, A.; Utili, M.
Tritium extraction technologies and DEMO requirements. (eingeladen)
12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14–18, 2015
- Ebenhöch, S.; Niemes, S.; Priester, F.; Röllig, M.
Experimental characterization of a compact Tritium activity monitor.
12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14–18, 2015
- Federici, G.; Wenninger, R.; Morlock, C.; Shannon, M.; Bachmann, C.; Maviglia, F.; Coleman, M.; Franke, T.; Meszaros, B.; Cismondi, F.; Ciattaglia, S.; Diegele, E.; Tran, M.Q.; Boccaccini, L.; Rieth, M.; Day, C.; Loving, A.; Ibarra, A.; Zani, L.; Taylor, N.; Biel, W.; You, J.H.; Grattarola, M.
Overview of the design approach and prioritization of R&D activities towards an EU DEMO.
12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14–18, 2015
- Fietz, W.H.; Heller, R.; Wolf, M.J.; Gade, P.V.; Weiss, K.P.
High temperature superconductor cables for DEMO TF-magnets.
3rd Joint IAEA-ITER Technical Meeting on ITER Materials and Technologies, Wien, A, November 16–18, 2015
- Fink, S.; Bagrets, N.; Fuhrmann, U.; Lange, C.; Müller, R.; Weiss, K.P.; Zwecker, V.
3D printed cryogenic high voltage devices.
12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015
- * Fischer, S.; Schönung, K.; Bornschein, B.; Rolli, R.; Schäfer, V.; Sturm, M.
Investigation of durability of optical coatings in highly purified tritium gas.
Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.316–319
DOI:10.13182/FST14-T19
- * Franza, F.; Boccaccini, .V.; Fischer, U.; Gade, P.V.; Heller, R.
On the implementation of new technology modules for fusion reactor systems codes.
Fusion Engineering and Design, 98–99(2015) pp.1767–1770
DOI:10.1016/j.fusengdes.2015.03.034
- * Gade, P.V.; Bayer, C.; Fietz, W.H.; Heller, R.; Weiss, K.P.
Electromagnetic and mechanical analysis of a toroidal field coil winding pack for EU DEMO.
Fusion Engineering and Design, 98–99(2015) pp.1068–1071
DOI:10.1016/j.fusengdes.2015.06.165

Giegerich, T.; Bekris, N.; Camp, P.; Day, C.; Gethins, M.; Lesnoj, S.; Luo, X.; Müller, R.; Ochoa, S.; Pfeil, P.; Smith, R.; Strobel, H.; Stump, H.

Advanced design of the mechanical Tritium pumping system for JET DTE2.

12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14-18, 2015

* Giegerich, T.; Bekris, N.; Butler, B.; Day, C.; Gethins, M.; Lesnoj, S.; Luo, X.; Müller, R.; Ochoa, S.; Pfeil, P.; Smith, R.; JET Contributors

Conceptual design of the mechanical tritium pumping system for jet DTE2.

Fusion Science and Technology, 68(2015) pp.630–634
DOI:10.13182/FST14-950

Giegerich, T.; Day, C.

Vacuum pumping of fusion reactors: the KALPUREX-process.

79. Jahrestagung der DPG und DPG-Frühjahrstagung der Sektion Kondensierte Materie, Fachverband Vakuumphysik und Vakuumtechnik, Berlin, 15.–20. März 2015

Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), VA 1.1

Giegerich, T.; Day, C.

Vacuum pumps for fusion reactors: Recent developments and the KALPUREX-process. (eingeladen)
AIV XXII Conference, Genova, I, May 20–22, 2015

Gleason-Gonzalez, C.; Varoutis, S.; Luo, X.; Shimizu, K.; Nakano, T.; Hoshino, K.; Kawashima, H.; Asakura, N.; Day, C.; Sakurai, S.

Simulation of collisional effects on divertor pumping in JT-60SA.

12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14–18, 2015

* Granieri, P.P.; Santandrea, D.; Koettig, T.; van Weelden, R.

Heat extraction from the LHC main dipole, main quadrupole, and MQXA superconducting cables.

IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 25(2015) pp.4002005/1-5
DOI:10.1109/TASC.2014.2366553

* Gröbke, R.; Beck, A.; Bornschein, B.; Fischer, S.; Kraus, A.; Mirz, S.; Rupp, S.

First calibration measurements of an FTIR absorption spectroscopy system for liquid hydrogen isotopologues for the isotope separation system of fusion power plants.

Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.357–360
DOI:10.13182/FST14-T29

Groessle, R.; Mirz, S.

Observation of molecular dimers in IR absorption spectra of liquid hydrogen isotopologues.

DPG-Frühjahrstagung der Sektion AMOP, Fachverband Molekülphysik, Heidelberg, 23.–27. März

Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), MO 17.5

* Hauer, V.; Day, Chr.

ITER divertor gas flow modelling.

Fusion Engineering and Design, 98–99(2015) pp.1775–1778
DOI:10.1016/j.fusengdes.2015.04.012

* Hauer, V.; Battes, K.; Flämmich, M.; Ierardi, V.; Jousten, K.; Setina, J.

Outgassing rate measurements with the difference method in the framework of EMRP IND12.

Vacuum, 122(2015) pp.250–254
DOI:10.1016/j.vacuum.2015.03.033

Hauer, V.; Day, C.; Gleason-Gonzalez, C.; Varoutis, S.

Uncertainty estimation of gas flow modelling in vacuum technology.

1st International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering (UNCECOMP 2015), Hersonissos, GR, May 25–27, 2015

Heller, R.; Gade, P.V.; Bayer, C.; Fietz, W.H.; Weiss, K.P.

Conceptual design improvement of a toroidal field coil for EU DEMO using high temperature superconductors.
24th International Conference on Magnet Technology (MT 2015), Seoul, Korea, October 18-23, 2015

Heller, R.; Fietz, W.H.; Kienzler, A.

High power high temperature superconductor current leads.

3rd Joint IAEA-ITER Technical Meeting on ITER Materials and Technologies, Wien, A, November 16-18, 2015

Hicks, W.R.; Her, N.I.; Hamlyn-harris, C.; Choi, C.H.; Sborchia, C.; Weiss, K.P.

ITER vacuum vessel thermal shield additional neutron shielding.

26th Symposium on Fusion Engineering (SOFE 2015), Austin, Tex., May 31–June 4, 2015

Igitkhanov, Y.; Boccaccini, L.; Fetzer, R.; Bazylev, B.

Erosion of Tungsten armour under heat loads in demo operation.

17th International Conference on Fusion Reactor Materials, Aachen, October 12–16, 2015

Igitkhanov, Y.

Evolution of electron temperature in tokamak boundary plasma during a massive gas injection.

15th International Workshop on Plasma Edge Theory in Fusion Devices (PET 2015), Nara, J, September 9-11, 2015

Igitkhanov, Y.; Day, C.; Varoutis, S.; Hauer, V.

Operation space of divertor Attachment in DEMO.

26th Symposium on Fusion Engineering (SOFE 2015), Austin, Tex., May 31–June 4, 2015

Proceedings on CD-ROM

Piscataway, N.J.: IEEE, 2015

ISBN 978-1-4799-8264-6

Igitkhanov, Y.; Day, C.; Varoutis, S.; Hauer, V.

Operation space of divertor detachment in DEMO.

26th Symposium on Fusion Engineering (SOFE 2015), Austin, Tex., May 31–June 4, 2015

- Igitkhanov, Y.; Boccaccini, L.; Fetzer, R.; Bazylev, B.
Thermo-hydraulic analysis of the DEMO PFC module.
15th International Conference on Plasma-Facing Materials and Components for Fusion Applications (PFMC 2015), Aix-en-Provence, F, May 18–22, 2015
- Junginger, T.; Horn, P.; Koettig, T.; Liao, K.; MacPherson, A.; Peters, B.J.
High flux three dimensional heat transport in superfluid helium and its application to a trilateration algorithm for Quench localization with OSTs.
17th International Conference on RF Superconductivity (SRF 2015), Whistler, CDN, September 13–18, 2015
- Koettig, T.; Peters, B.J.; Junginger, T.; Bremer, J.
Study of temperature wave propagation in superfluid helium to cool radio-frequency cavities.
Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28–July 2, 2015
- * Koettig, T.; Peters, B.J.; Avellino, S.; Junginger, T.; Bremer, J.
Study of temperature wave propagation in superfluid helium Focusing on radio-frequency cavity cooling.
IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 101(2015) pp.012164/1-10
DOI:10.1088/1757-899X/101/1/012164
- * Lang, P.T.; Day, Ch.; Fable, E.; Igitkhanov, Y.; Köchl, F.; Mooney, R.; Pegourie, B.; Plöckl, B.; Wenninger, R.; Zohm, H.
Consideration on the DEMO pellet fuelling systems.
Fusion Engineering and Design, 96-97(2015) pp.123-128
DOI:10.1016/j.fusengdes.2015.04.014
- Lang, P.T.; Day, C.; Dunne, M.; Fable, E.; Fischer, R.; Kardaun, O.; Kocsis, G.; McDermott, R.; Mertens, V.; Mlynek, A.; Ploeckl, B.; Rapson, C.; Szepesi, T.; Treutterer, W.; Viezzer, E.; Zohm, H.
Development of high density scenarios at ASDEX upgrade in support of ITER and DEMO.
42nd European Physical Society Conference on Plasma Physics (EPS 2015), Lisboa, P, June 22–26, 2015
- Luo, X.; Giegerich, T.; Day, C.
Simulation of a large linear jet mercury diffusion pump with the test particle Monte Carlo method.
AVS 62nd International Symposium and Exhibition, San Jose, Calif., October 18–23, 2015
- Luo, X.; Wang, R.; Day, C.; Xu, K.
Study of vacuum gas flows with the unified gas-kinetic scheme.
Fan, J. [Hrsg.]
Proceedings of the 29th International Symposium on Rarefied Gas Dynamics, Xian, China, July 13–18, 2014
Melville, N.Y. : AIP, 2015 pp.1371-1377
(AIP Conference Proceedings ; 1628)
ISBN 978-0-7354-1265-1
- * Michling, R.; Braun, A.; Cristescu, I.; Dittrich, H.; Glugla, M.; Gramlich, N.; Lohr, N.; Shu, W.; Willms, S.
Capture and isotopic exchange method for water and hydrogen isotopes on zeolite catalysts up to technical scale for pre-study of processing highly tritiated water.
Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.483–486
DOI:10.13182/FST14-T60
- Mirz, S.; Gröble, R.; Wozniowski, S.
Investigation of molecular processes in inactive liquid hydrogen isotopologues via infrared absorption spectroscopy.
8th International Conference on Vibrational Spectroscopy (ICAVS 2015), Wien, A, July 12–17, 2015
- Mirz, S.; Gröble, R.
Spectroscopic investigation of molecular processes in liquid hydrogen isotopologues.
DPG-Frühjahrstagung der Sektion AMOP, Fachverband Molekülphysik, Heidelberg, 23.–27. März
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), MO 11.17
Poster
- Moulton, D.; Groth, M.; Harting, D.; Wiesen, S.; Varoutis, S.; Gleason-Gonzalez, C.
Pumping in vertical and horizontal target configurations on JET, an interpretive study using EDGE2D-EIRENE.
42nd European Physical Society Conference on Plasma Physics (EPS 2015), Lisboa, P, June 22–26, 2015
- Möbius, S.; Erat, S.; Möbius, R.; Möbius, T.; Santiago, L.; Wendel, J.; Wisser, S.
Liquid scintillation. Measuring procedures, new developments.
Karlsruhe: KIT, Campus North, 2015
ISBN 978-3-923704-87-3
- Neumann, H.; Mayrhofer, R.; Richter, T.
Influence of tailored MLI for complex surface geometries on heat transfer.
Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28–July 2, 2015
- * Neumann, H.; Mayrhofer, R.; Richter, T.
Influence of tailored MLI for complex surface geometries on heat transfer.
IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 101(2015) pp.012013/1-7
DOI:10.1088/1757-899X/101/1/012013
- * Niemes, S.; Sturm, M.; Michling, R.; Bornschein, B.
High level tritiated water monitoring by bremsstrahlung counting using a silicon drift detector.
Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.507-510
DOI:10.13182/FST14-T66
- Nyilas, A.; Weiss, K.P.; Ono, Y.; Langeslag, S.A.E.
Anisotropic fracture toughness properties of a nitronic 50 forging at 4.2 K.
Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28–July 2, 2015

- Ochoa Guaman, S.; Hanke, S.; Dalla Palma, M.; Sartori, E. Analysis of twisted tape solutions for cooling of the residual ion dump of the ITER HNB. 12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14–18, 2015
- Ochoa, S.; Day, C. CFX simulation of the cooling channels for the ITER residual ion dump. ANSYS Conference & 33rd CADFEM Users' Meeting, Bremen, June 24–26, 2015
- Peters, B.J.; Giegerich, T.; Day, C. Superpermeation as a means to realize direct internal recycling of Tritium for future fusion machines. 12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14–18, 2015
- * Plöckl, B.; Day, Chr.; Lamalle, P.; Lang, P.T.; Rohde, V.; Viezzer, E.; ASDEX Upgrade Team. The enhanced pellet centrifuge launcher at ASDEX upgrade: advanced operation and application as technology test facility for ITER and DEMO. Fusion Engineering and Design, 96–97(2015) pp.155–158 DOI:10.1016/j.fusengdes.2015.01.006
- * Priester, F.; Röllig, M. Post service examination of turbomolecular pumps after stress testing with kg-scale tritium throughput. Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.539–542 DOI:10.13182/FST14-T74
- Priester, F.; Klein, M. TRitium activity Measurements with a Photomultiplier in Liquids. The TRAMPEL experiment. 12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14–18, 2015
- * Ricapito, I.; Calderoni, P.; Poitevin, Y.; Aiello, A.; Utili, M.; Demange, D. Tritium processing for the European tests blanket systems: current status of the design and development strategy. Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.543–546 DOI:10.13182/FST14-T75
- Richter, T.; Lietzow, R. Design details of the current lead test facility Karlsruhe (CuLTka). Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28–July 2, 2015
- Richter, T.; Hollik, M.; Lietzow, R. Einsatz von TVO-Sensoren zur Füllstandsüberwachung im durchmischten Flüssigheliumbehälter. Jahrestagung des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins, Dresden, 19.–20.November 2015
- Richter, T. FBG mass flow sensor. Innovations Days 2015, Berlin, December 8–9, 2015
- * Röllig, M.; Ebenhöch, S.; Niemes, S.; Priester, F.; Sturm, M. Development of a compact tritium activity monitor and first tritium measurements. Fusion Engineering and Design, 100(2015) pp.177–180 DOI:10.1016/j.fusengdes.2015.05.056
- * Rummel, T.; Schauer, F.; Moennich, T.; Buscher, K.P.; Fietz, W.H.; Heller, R. Current leads for the Wendelstein 7-X superconducting magnet system. IEEE Transactions on Plasma Science, 42(2015) pp.2146–2153 DOI:10.1109/TPS.2014.2332192
- Sas, J.; Bagrets, N.; Urbach, E.; Weiss, K.P. CryoMaK, the cryogenic test facility. Jahrestagung des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins, Dresden, 19.–20. November 2015
- Sas, J.; Weiss, K.P.; Jung, A. The mechanical and material properties of 316LN austenitic stainless steel for the fusion application in cryogenic temperatures. Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28–July 2, 2015
- Scannapiego, M.; Day, C. Experimental and CFD analyses of a thermal radiation shield dimple plate for cryogenic pump application. Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28–July 2, 2015
- Scannapiego, M.; Day, C.; Haas, H.; Hauer, V.; Johann, T.; Luo, X.; Pfeil, P.; Strobel, H.; Stump, H.; Weinhold, J. Experimental and numerical investigation on charcoal adsorption surface sticking coefficients for cryogenic pump application. 12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14–18, 2015
- * Schlösser, M.; Pakari, O.; Rupp, S.; Mirz, S.; Fischer, S. How to make Raman-inactive helium visible in Raman spectra of tritium-helium gas mixtures. Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.559–562 DOI:10.13182/FST14-T79
- * Schlösser, M.; Bornschein, B.; Fischer, S.; James, T.M.; Kassel, F.; Rupp, S.; Sturm, M.; Telle, H.H. Raman spectroscopy at the Tritium Laboratory Karlsruhe. Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.555–558 DOI:10.13182/FST14-T78
- Shu, W.M.; Cristescu, I.; Michling, R.; Demange, D.; Willms, R.S.; Glugla, M. Highly tritiated water processing by isotopic exchange. Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.563–566 DOI:10.13182/FST14-T80
- Stemmler, M.; Merschel, F.; Noe, M.; Hobl, A. Update on world's first superconducting cable and fault current limiter installation in a German city center. 9th International Conference on Insulated Power Cables (Jicable'15), Paris, F, June 21–25, 2015

- Varoutis, S.; Day, Chr.
Applications of the DSMC method in nuclear fusion.
7th Direct Simulation Monte Carlo Workshop, Kauai, Hawaii, September 13–17, 2015
- Varoutis, S.; Gleason-Gonzalez, C.; Igitkhanov, Y.; Day, C.
Investigation of the impact of sub-divertor neutral gas dynamics on particle exhaust.
26th Symposium on Fusion Engineering (SOFE 2015), Austin, Tex., May 31–June 4, 2015
- Varoutis, S.; Day, Chr.; Igitkhanov, Y.
Pumping efficiency assessment of the DEMO divertor dome.
1st IAEA Technical Meeting on Divertor Concepts, Wien, A, September 29–October 2, 2015
- Varoutis, S.; Day, Chr.; Igitkhanov, Y.
Pumping efficiency assessment of the DEMO divertor dome.
1st IAEA Technical Meeting on Divertor Concepts, Wien, A, September 29–October 2, 2015
- Varoutis, S.; Day, Chr.
The role of vacuum gas dynamics in nuclear fusion applications.
2nd European Conference on Non-equilibrium Gas Flows, Eindhoven, NL, December 9–11, 2015
- * Wagner, R.; Demange, D.; Fanghänel, E.; Le, T.L.; Schwarz, M.; Simon, K.H.
Dismantling of the PETRA glove box: Tritium contamination and inventory assessment.
Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.631-634
DOI:10.13182/FST14-T97
- Weiss, K.P.; Bagrets, N.; Sas, J.; Jung, A.; Schlachter, S.I.; della Corte, A.; Celentano, G.; Kvacka, T.
Mechanical and thermal properties of central former material for high current superconducting cable.
24th International Conference on Magnet Technology (MT 2015), Seoul, Korea, October 18–23, 2015
- * Welte, S.; Besserer, U.; Osenberg, D.; Wendel, J.
Tritium laboratory Karlsruhe: Administrative and technical framework for isotope laboratory operation.
Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.635-638
DOI:10.13182/FST14-T98
- Yoshida, K.; Kizu, K.; Tsuchiya, K.; Murakami, H.; Natsume, K.; Koide, Y.; Davis, S.; Tomarchio, V.; Wanner, M.; Decool, P.; Cucchiaro, A.; Heller, R.; Michel, F.; Disset, G.; Genini, L.; Mayri, C.
Construction status of superconducting magnet system for the JT-60SA.
24th International Conference on Magnet Technology (MT 2015), Seoul, Korea, October 18–23, 2015
- Zani, L.; Torre, A.; Lacroix, B.; Decool, P.; Vallcorba, R.; Nunio, F.; Hoa, C.; Poncet, J.M.; Coleman, M.; Federici, G.; Muzzi, L.; Turtu, S.; Della Corte, A.; Bruzzone, P.; Sedlak, K.; Nijhuis, A.; Gaio, E.; Maistrello, A.; Lewandowska, M.; Tiseanu, I.; Savoldi, L.; Bonifetto, R.; Zanino, R.; Panin, A.; Biancolini, M.; Brutti, C.; Fietz, W.; Heller, R.; Goldacker, W.; Eisterer, M.; Vojenciak, M.; Sanmarti, M.; Granados, X.; Duran, I.; Petrisor, T.
Overview of progress on the EU DEMO magnet system design.
24th International Conference on Magnet Technology (MT 2015), Seoul, Korea, October 18–23, 2015
- Zappatore, A.; Bauer, P.; Heller, R.; Savoldi, L.; Zanino, R.
Predictive 1-D analysis of the prototype HTS current leads for the ITER correction coils.
CHATS Workshop on Applied Superconductivity 2015, Bologna, I, September 14–16, 2015

Veröffentlichungen

Speicher und vernetzte Infrastrukturen

(* Thomson Reuters referiert)

Badel, A.; Ballarino, A.; Barth, C.; Bottura, L.; Dhalle, M.M.J.; Fleiter, J.; Goldacker, W.; Himbele, J.; Kario, A.; Rossi, L.; Rutt, A.; Senatore, C.; Tixador, P.; Usoskin, A.; Yang, Y.

Advances in the development of a 10-kA class REBCO cable for the EuCARD2 demonstrator magnet.

12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015

Brighenti, F.; Ramalingam, R.; Neumann, H.

A conceptual study on the use of a regenerator in a hybrid energy storage unit (LIQHYSMES).

Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials

Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28 – July 2, 2015

* Chekhonin, P.; Engelmann, J.; Langer, M.; Oertel, C.G.; Holzapfel, B.; Skrotzki, W.

Strain inhomogeneities in epitaxial BaFe₂As₂ thin films.

Crystal Research and Technology, 50 (2015) pp. 891–902
DOI:10.1002/crat.201500113

* de Sousa, W.T.B.; Polasek, A.; Assis, T.M.L.; de Andrade, R.; Noe, M.

Simulations of resistive and air coil SFCLs in a power grid.

IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 25(2015) pp.5601605/1–5

DOI:10.1109/TASC.2014.2387311

* de Sousa, W.T.B.; Noe, M.

The ADI method for simulations of SFCL.

IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 25(2015) pp.5600309/1–9

DOI:10.1109/TASC.2014.2368121

* Demencik, E.; Grilli, F.; Kario, A.; Nast, R.; Jung, A.; Vojenciak, M.; Scheiter, J.; Goldacker, W.

AC magnetization loss and transverse resistivity of striated YBCO coated conductors.

IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 25(2015) pp.8201405/1–5

DOI:10.1109/TASC.2014.2381561

Dittmeyer, R.; Noe, M.; Hagenmeyer, V.; Schmeck, H.; Leibfried, T.

Energy Lab @ KIT.

11th General Assembly of DERLab e.V., Fontainebleau, F, March 20, 2015

* Erbe, M.; Hänisch, J.; Hühne, R.; Freudenberg, T.; Kirchner, A.; Molina-Luna, L.; Damm, C.; van Tendeloo, G.; Kaskel, S.; Schultz, L.; Holzapfel, B.

BaHfO₃ artificial pinning centres in TFA-MOD-derived YBCO and GdBCO thin films.

Superconductor Science and Technology, 28(2015) pp.114002/1–13

DOI:10.1088/0953-2048/28/11/114002

Fetisov, S.S.; Zubko, V.V.; Zanev, S.Yu.; Nosov, A.A.; Vysotsky, V.S.; Kario, A.; King, A.; Goldacker, W.; Molodyk, A.; Mankevich, A.; Kalitka, V.; Samoilenkov, S.; Melyukov, D.

Development and characterisation of a 2G HTS Roebel cable for aircraft power systems.

12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F,

September 6–10, 2015

Fietz, W.H.; Wolf, M.J.; Heller, R.; Weiss, K.P.

High current HTS cables – status and actual development.

24th International Conference on Magnet Technology (MT 2015), Seoul, Korea,

October 18–23, 2015

Fietz, W.H.; Heller, R.; Weiss, K.P.

High-temperature superconductor current leads as energy efficient current feeders for superconductor applications.

EST 2015 – Energy, Science and Technology, Karlsruhe, May 20–22, 2015

Fink, S.; Müller, R.; Noe, M.; Zweckner, V.; Kim, H.R.

Withstand alternating voltage of liquid nitrogen in the presence of gas bubbles.

Proceedings of the 18th IEEE International Conference on Dielectric Liquids

(ICDL 2014), Bled, SLO, June 30 – July 3, 2014

Piscataway, N.J.: IEEE, 2015

ISBN 978-1-4799-2063-1

DOI:10.1109/ICDL.2014.6893118

Freitas, R.; Araujo, F.; Araujo, J.; Neumann, H.; Ramalingam, R.

A study on intermediate buffer layer of a coated Fiber Bragg grating cryogenic temperature sensors.

Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials

Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz.,

June 28–July 2, 2015

Godfrin, A.; Gyuraki, R.; Demencik, E.; Jung, A.; Kario, A.; Nast, R.; Scheiter, J.; Molodyk, A.; Mankevich, A.; Grilli, F.; Goldacker, W.

AC magnetization loss and transverse resistance measurement of striated coated conductors with electroplated Cu-stabilization.

12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6-10, 2015

Godfrin, A.

Automatic measurement of $I_c(B,a)$ dependence of HTS tapes.

6th ITEP Young Scientists Seminar, Kristberg, A, January 13, 2015

Godfrin, A.; Ringsdorf, B.; Nast, R.; Grilli, F.; Goldacker, W. Mesure automatique de $I_c(B,a)$ de rubans supraconducteurs HTc.

11es Journées de Cryogenie et de Supraconductivité, Aussois, F, 19–22 Mai 2015

Goldacker, W.

Conductors and cables from REBCO high temperature superconductors for applications. (eingeladen)

79. Jahrestagung der DPG und DPG-Frühjahrstagung der Sektion Kondensierte Materie, Fachverband Tiefe Temperaturen, Berlin, 15.–20. März 2015

Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), TT 51.2

Goldacker, W.

Requirements for future HTS materials. (eingeladen)

9th International Conference on Magnetic and Superconducting Materials (MSM15), Antalya, TR, April 30 – May 3, 2015

Grilli, F.

Numerical modeling of HTS applications.

12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6-10, 2015

Grilli, F.; Gyuraki, R.; Godfrin, A.; Jung, A.; Kario, A.; Nast, R.; Demencik, E.; Goldacker, W.

Transverse resistance and current paths in low-loss striated HTS coated conductors.

28th International Symposium on Superconductivity (ISS 2015), Tokyo, J, November 16–18, 2015

Grinenko, V.; Kurth, F.; Hühne, R.; Tarantini, C.; Jaroszynski, J.; Efremov, D.V.; Drechsler, S.L.; Hänisch, J.; Chekhonin, P.; Ikuta, H.; Iida, K.

Enhancement of the upper critical fields of $BaFe_2(As_{1-x}Px)_2$ thin films with disorder.

12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6-10, 2015

* Grinenko, V.; Efremov, D.V.; Drechsler, S.L.; Aswartham, S.; Gruner, D.; Roslova, M.; Morozov, I.; Nenkov, K.; Wurmehl, S.; Wolter, A.U.B.; Holzapfel, B.; Büchner, B.

Superconducting specific-heat jump ΔC_{el} at T_c ($b \sim 2$) for $K1-xNa_xFe_2As_2$.

Physical Review B, pp.060504/1-5

DOI:10.1103/PhysRevB.89.060504

* Hänisch, J.; Iida, K.; Kurth, F.; Reich, E.; Tarantini, C.; Jaroszynski, J.; Förster, T.; Fuchs, G.; Hühne, R.; Grinenko, V.; Schultz, L.; Holzapfel, B.

High field superconducting properties of $Ba(Fe_{1-x}Co_x)_2As_2$ thin films.

Scientific Reports, 5(2015) 5:17363

DOI:10.1038/srep17363

Hänisch, J., Iida K., Kurth F., Hühne R., Tarantini C., Jaroszynski J., Förster T., Schultz L., Holzapfel B.

J_c anisotropy of Fe-based superconducting thin films.

14th International Union of Materials Research Societies-International

Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM 2015), Jeju, Korea, October 25–29, 2015

Hänisch, J.; Sparing, M.; Erbe, M.; Holzapfel, B.

Superconductors with improved critical currents. (eingeladen)

EST 2015 – Energy, Science and Technology, Karlsruhe, May 20–22, 2015

Heidt, C.; Grohmann, S.; Schoen, H.; Stamm, M.

Commissioning of the cryogenic safety test facility PICARD.

Cryogenic Engineering Conference and International

Cryogenic Materials Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28 – July 2, 2015

Hellmann, S.; Noe, M.

Optical and electrical investigation of a novel method for improving the recovery under load characteristics of thin film superconductors.

12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015

Hellmann, S.; Noe, M.

Optical method for improving the accuracy of intrinsic normal zone temperature measurements on thin film superconductors during recovery under load.

24th International Conference on Magnet Technology (MT 2015), Seoul, Korea, October 18–23, 2015

Holzapfel, B.

A research career between academics and industry – risks and opportunities. (eingeladen)

IMPRS Workshop 'Functional Interfaces in Physics and Chemistry', Ringberg, February 9–13, 2015

Holzapfel, B.

Epitaxial $Ba122$ and 11 thin film heterostructures: basic properties and application aspects. (eingeladen)

Vortr.: Max-Planck-Institut für Festkörperphysik, Stuttgart, 29. Januar 2015

Holzapfel, B.

Epitaxial thin film heterostructures for basic and applied superconductivity research. (eingeladen)

IMPRS Workshop 'Functional Interfaces in Physics and Chemistry', Ringberg, February 9–13, 2015

Holzappel, B.

Recent developments of the European coated conductor project 'EuroTapes'. (eingeladen)
28th International Symposium on Superconductivity (ISS 2015), Tokyo, J,
November 16–18, 2015

Hornung, F.; Kläser, M.; Leys, P.; Schneider, T.

Construction and test of MgB₂ mock-up coils for LI-QHYSMES.
24th International Conference on Magnet Technology (MT 2015), Seoul, Korea,
October 18–23, 2015

Iida, K.; Grinenko, V.; Kurth, F.; Ichinose, A.; Tsukada, I.; Ahrens, E.; Teresiak, A.; Hühne, R.; Aswartham, S.; Wurmehl, S.; Mönch, I.; Erbe, M.; Hänisch, J.; Holzappel, B.; Efremov, D.V.; Drechsler, S.L.

Effect of in-plane strain on the phase diagram of Ba(Fe_{1-x}Cox)₂As₂ thin films (eingeladen)
28th International Symposium on Superconductivity (ISS 2015), Tokyo, J,
November 16–18, 2015

Iida, K.; Grinenko, V.; Kurth, F.; Efremov, D.; Drechsler, S.L.; Langer, M.; Engelmann, J.; Ichinose, A.; Tsukada, I.; Ahrens, E.; Aswartham, S.; Wurmehl, S.; Mönch, I.; Erbe, M.; Hänisch, J.; Holzappel, B.; Ikuta, H.; Hühne, R.

Strain effect on the phase diagram of Ba-122.
79. Jahrestagung der DPG und DPG-Frühjahrstagung der Sektion Kondensierte Materie, Fachverband Vakuumphysik und Vakuumtechnik, Berlin, 15.-20. März 2015
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), TT 31.6

Iida, K.; Wurmehl, S.; Ingolf, M.; Erbe, M.; Hänisch, J.; Holzappel, B.; Efremov, D.; Drechsler, S.L.; Grinenko, V.; Kurth, F.; Ichinose, A.; Ichiro, T.; Ahrens, E.; Teresiak, A.; Hühne, R.; Aswartham, S.

Effect of in-plane strain on the phase diagram of Ba(Fe_{1-x}Cox)₂As₂ thin films
12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F,
September 6–10, 2015

* Kario, A.; Vojenciak, M.; Grilli, F.; Kling, A.; Jung, A.; Brand, J.; Kudymow, A.; Willms, J.; Walschburger, U.; Zermeno, V.; Goldacker, W.

DC and AC characterization of pancake coils made from Roebel-assembled coated conductor cable.
IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 25(2015) pp.4700104/1-4
DOI:10.1109/TASC.2014.2349512

Kario, A.; Nast, R.; Jung, A.; Ringsdorf, B.; Scheiter, J.; Demencik, E.; Godfrin, A.; Grilli, F.; Molodyk, A.; Mankevich, A.; Goldacker, W.

Effectiveness of laser striation for AC loss reduction in SuperOx coated conductor. (eingeladen)
Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28 – July 2, 2015

Kario, A.; Vojenciak, M.; Kling, A.; Nast, R.; Godfrin, A.; Demencik, E.; Ringsdorf, B.; Grilli, F.; Goldacker, W.

Magnetization loss of Roebel coated conductor cable with up to 20 filaments for AC applications.
12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F,
September 6–10, 2015

Kario, A.; Otten, S.; Kling, A.; Jung, A.; Runtsch, B.; Nast, R.; Goldacker, W.

Roebel cables for EuCARD: experience and options. (eingeladen)
3rd Workshop on Accelerator Magnets in HTS (WAMHTS3), Lyon, F, September 10–11, 2015

Kario, A.; Kudymov, A.; Kling, A.; Jung, A.; Grilli, F.; Otten, S.; Ringsdorf, B.; Runtsch, B.; Nast, R.; Walschburger, U.; Willms, J.; Demencik, E.; Schlachter, S.I.; Goldacker, W.

Superconductivity activities towards application at SUPRA group. Institute for Technical Physics, Karlsruhe Institute of Technology.
Votr.: Institute of Electrical Engineering, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, SK, 20. März 2015

Kauffmann-Weiss, S.; Hänisch, J.; Erbe, M.; Jung, A.; Langer, M.; Ackermann, K.; Meyer, S.; Götz, S.; Dossinger, J.; Neubebler, H.; Will, A.; Günther, E.; Holzappel, B.

Structure, microstructure and electrical characterisation of high temperature superconductors.
1. Wissenschaftlicher SCI-Arbeitskreises 'Methodische Diagnostik',
Forschungszentrum Jülich, 12.–13. Oktober 2015

Kauffmann-Weiss, S.; Häbeler, W.; Scheiter, J.; Erbe, M.; Holzappel, B.

Working with MgB₂ – The formation of hazardous B₂H₆ during processing of MgB₂ powder.
12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F,
September 6–10, 2015

Kirchner, A.; Winkler, A.; Holzappel, B.; Hühne, R.

Surface acoustic waves – a new thin film deposition approach for coated conductors.
12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F,
September 6–10, 2015

* Krüger, P.A.C.; Zermeno, V.M.R.; Takayasu, M.; Grilli, F.

Three-dimensional numerical simulations of twisted stacked tape cables.
IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 25(2015) pp.4801505/1-5
DOI:10.1109/TASC.2014.2368715

Kurth, F.; Tarantini, C.; Grinenko, V.; Hänisch, J.; Jaroszynski, J.; Reich, E.; Mori, Y.; Sakagami, A.; Kawaguchi, T.; Engelmann, J.; Schultz, L.; Holzappel, B.; Ikuta, H.; Hühne, R.; Iida, K.

Unusually high critical current of P-doped BaFe₂As₂ single crystalline thin films.
79. Jahrestagung der DPG und DPG-Frühjahrstagung der Sektion Kondensierte Materie, Fachverband Tiefe Temperaturen, Berlin, 15.–20. März 2015
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), TT 43.5

- * Kurth, F.; Tarantini, C.; Grinenko, V.; Hänisch, J.; Jaroszynski, J.; Reich, E.; Mori, Y.; Sakagami, A.; Kawaguchi, T.; Engelmann, J.; Schultz, L.; Holzapfel, B.; Ikuta, H.; Hühne, R.; Iida, K.
Unusually high critical current of P-doped BaFe₂As₂ single crystalline thin films.
Applied Physics Letters, 106(2015) pp.072602/1-5
DOI:10.1063/1.4908257
- Langer, M.; Grinenko, V.; Hänisch, J.; Yuan, F.; Iida, K.; Holzapfel, B.; Schultz, L.; Hühne, R.
Effect of in-plane strain on the phase diagram of Ru-substituted BaFe₂As₂ epitaxial thin films.
12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015
- Langer, M.
Introduction to superconductivity.
ITEP Young Scientists Workshop, Kristberg, A, January 12–15, 2015
- Leys, P.; Klaeser, M.; Ruf, C.; Schneider, T.
Characterisation of commercial MgB₂ conductors for magnet application in LIQHYSMES.
12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015
- * Li, J.; Neumann, H.; Ramalingam, R.
Design, fabrication, and testing of fiber Bragg grating sensors for cryogenic long-range displacement measurement.
Cryogenics, 68(2015) pp.36-43
DOI:10.1016/j.cryogenics.2015.02.002
- * Molina-Luna, L.; Duerrschnabel, M.; Turner, S.; Erbe, M.; Martinez, G.T.; van Aert, S.; Holzapfel, B.; van Tendeloo, G.
Atomic and electronic structures of BaHfO₃-doped TFA-MOD-derived YBa₂Cu₃O_{7-d} thin films.
Superconductor Science and Technology, 28(2015) pp.115009/1-13
DOI:10.1088/0953-2048/28/11/115009
- * Naeckel, O.; Langston, J.; Steurer, M.; Fleming, F.; Paran, S.; Edrington, C.; Noe, M.
Power hardware-in-the-loop testing of an air coil superconducting fault current limiter demonstrator.
IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 25(2015) pp.5601807/1-7
DOI:10.1109/TASC.2014.2386341
- Nast, R.; Kario, A.; Jung, A.; Godfrin, A.; Gyuraki, R.; Ringsdorf, B.; Scheiter, J.; Grilli, F.; Goldacker, W.; Molydyk, A.; Mankevich, A.
Influence of electroporated Cu-stabilization on laser-structured Ag-cap coated conductors.
12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015
- Neumann, H.
Heat transfer to cryogenics - cooling techniques.
Kryotechnik: Grundlagen und Arbeitstechniken, Entwicklungsstand, -tendenzen, Anwendungen; VDI-Wissensforum, Karlsruhe, 7.–9. Oktober 2015
- Neumann, H.
Introduction to cryogenics.
Kryotechnik: Grundlagen und Arbeitstechniken, Entwicklungsstand, -tendenzen, Anwendungen; VDI-Wissensforum, Karlsruhe, 7.–9. Oktober 2015
- Neumann, H.
Technikforum Kryotechnik. Einführung.
Kryotechnik: Grundlagen und Arbeitstechniken, Entwicklungsstand, -tendenzen, Anwendungen; VDI-Wissensforum, Karlsruhe, 4.–6. September 2015
- Neumann, H.
Thermal insulation.
Kryotechnik: Grundlagen und Arbeitstechniken, Entwicklungsstand, -tendenzen, Anwendungen; VDI-Wissensforum, Karlsruhe, 7.–9. Oktober 2015
- Neumann, H.; Lehmann, W.
Thermische Isolation.
Kryotechnik: Grundlagen und Arbeitstechniken, Entwicklungsstand, -tendenzen, Anwendungen; VDI-Wissensforum, Karlsruhe, 4.–6. März 2015
- Neumann, H.
Thermodynamische Grundlagen.
Kryotechnik: Grundlagen und Arbeitstechniken, Entwicklungsstand, -tendenzen, Anwendungen; VDI-Wissensforum, Karlsruhe, 23.–25. September 2015
- Neumann, H.
Vakuum- und Sicherheitstechnik.
Kryotechnik: Grundlagen und Arbeitstechniken, Entwicklungsstand, -tendenzen, Anwendungen; VDI-Wissensforum, Karlsruhe, 23.–25. September 2015
- Neumann, H.
Wärmeübergang an Kryogene - Kühltechniken.
Kryotechnik: Grundlagen und Arbeitstechniken, Entwicklungsstand, -tendenzen, Anwendungen; VDI-Wissensforum, Karlsruhe, 4.–6. März 2015
- Noe, M.; Marzahn, E.
Hochtemperatur-Supraleiter Kabel. (eingeladen)
85. Kabelseminar, Hannover, 24.–25. Februar 2015
- Noe, M.; Goldacker, W.
Introduction in HTS technology. Principle of technical implementation for power systems and transport. (eingeladen)
Workshop on High-Temperature Superconductivity, Otobrunn, Februar 4, 2015
- Noe, M.
Research and challenges on materials around energy storage.
EERA Workshop on Materials for Energy Applications and Technologies: Report and Outcomes, Bruxelles, B, April 28–29, 2015
- Noe, M.
The energy transition in Germany. Objectives, status and prospects for superconductivity.
Vortr.: Federal University of Rio de Janeiro, BR, 27. März 2015

- Opherden, L.; Sieger, M.; Meledin, A.; Bianchetti, M.; Pahlke, P.; Nast, R.; Schultz, L.; Van Tendeloo, G.; Holzappel, B.; MacManus-Driscoll, J.L.; Hühne, R.; Hänisch, J. Large J_c enhancement and matching effects by $\text{Ba}_2\text{Y}(\text{Nb}/\text{Ta})\text{O}_6$ nanocolumns in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ thin films. Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28 – July 2, 2015
- Opherden, L.; Sieger, M.; Meledin, A.; Bianchetti, M.; Pahlke, P.; Nast, R.; Schultz, L.; Van Tendeloo, G.; Holzappel, B.; MacManus-Driscoll, J.L.; Hühne, R.; Hänisch, J. Pinning and Matching effects in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ thin films with $\text{Ba}_2\text{Y}(\text{Nb}/\text{Ta})\text{O}_6$ additions. 12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015
- * Otten, S.; Dhalle, M.; Gao, P.; Wessel, W.; Kario, A.; Kling, A.; Goldacker, W. Enhancement of the transverse stress tolerance of REBCO Roebel cables by epoxy impregnation. Superconductor Science and Technology, 28(2015) pp.065014/1-7 DOI:10.1088/0953-2048/28/6/065014
- Otten, S.; Dhalle, M.; Gao, P.; Wessel, W.; Kario, A.; Kling, A.; Goldacker, W. Transverse loading experiments on REBCO Roebel cables with and without impregnation. 12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6-10, 2015
- Pahlke, P.; Sieger, M.; Sun, P.; Hänisch, J.; Holzappel, B.; Usoskin, A.; Strömer, J.; Lao, M.; Eisterer, M.; Meledin, A.; Van Tendeloo, G.; Bianchetti, M.; MacManus-Driscoll, J.; Schultz, L.; Hühne, R. Application of ion beam textured templates for thick YBCO films with artificial pinning centers. 12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015
- Pahlke, P.; Sieger, M.; Chekhonin, P.; Skrotzki, W.; Lao, M.; Eisterer, M.; Meledin, A.; Van Tendeloo, G.; Hänisch, J.; Hühne, R. Effect of granularity on the local critical current density in YBCO coated conductors. 12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015
- * Pahlke, P.; Hering, M.; Sieger, M.; Lao, M.; Eisterer, M.; Usoskin, A.; Strömer, J.; Holzappel, B.; Schultz, L.; Hühne, R. Thick high J_c YBCO films on ABAD-YSZ templates. IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 25(2015) pp.6603804/1-4 DOI:10.1109/TASC.2014.2378533
- Ramalingam, R.; Neumann, H. A method to monitor the current in a high temperature superconductor tape at cryogenic environment. 9th International Conference on Sensing Technology (ICST 2015), Auckland, NZ, December 8–10, 2015
- Ramalingam, R. Temperature and strain discrimination of a dual coated superimposed Fiber Bragg Gratings at cryogenic temperatures for HTS gen applications. Jahrestagung des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins, Dresden, 19.–20.November 2015
- * Ramalingam, R.K.; Nast, R.; Neumann, H. Fiber bragg grating sensors for distributed torsional strain measurements in a (RE) BCO tape. IEEE Sensors Journal, 15(2015) pp. 2023–2030 DOI:10.1109/JSEN.2014.2370671
- Rodriguez, O.; Marino, A.; Molatta, S.; Hühne, R.; Hänisch, J.; Holzappel, B. Fabrication and characterization of the trilayers system $\text{Fe}(\text{Se},\text{Te})/\text{Fe}/\text{Fe}(\text{Se},\text{Te})$ on Fe buffered MgO and MgAl_2O_4 by pulsed laser deposition. 12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015
- Rossi, L.; Badel, A.; Bajko, M.; Ballarino, A.; Borgnolutti, F.; Bottura, L.; Dhalle, M.M.J.; Durante, M.; Fazilleau, P.; Fleiter, J.; Goldacker, W.; Härö, E.; Himbele, J.; Kario, A.; Kirby, G.; Lorin, C.; Murtzomaki, J.; van Nugteren, J.; de Rijk, G.; Salmi, T.; Senatore, C.; Stenvall, A.; Tixador, P.; Usoskin, A.; Volpini, G.; Yang, Y.; Zangenberg, N. INV-Design, construction and test of subscale coils with REBCO Roebel cable for the EuCARD-2 future magnets project. (eingeladen) 12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015
- Schlachter, S. I.; Brand, J.; Fillinger, H.; Goldacker, W.; Kling, A.; Ringsdorf, B.; Walschburger, U.; Willms, J.; Wu, H.; Gülhan, A.; Steffens, L.; Kurakin, Y.A.; Poniaev, S.A. Application of a conduction-cooled HTS magnet in radio blackout mitigation experiments. 26th Space Cryogenics Workshop, Phoenix, Ariz., June 24–26, 2015
- Schlachter, S.I.; Brand, J.; Fillinger, H.; Goldacker, W.; Kling, A.; Kudymow, A.; Ringsdorf, B.; Walschburger, U.; Willms, J.; Wu, H.; Gülhan, A.; Steffens, L.; Kurakin, Y.A.; Poniaev, S.A. HTS Magnet für Radio-Blackout-Experiment 'COMBIT'. (eingeladen) Jahrestagung des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins, Dresden, 19.–20.November 2015
- Schlachter, S.I.; Brand, J.; Fillinger, H.; Goldacker, W.; Kling, A.; Ringsdorf, B.; Walschburger, U.; Willms, J.; Wu, H.; Gülhan, A.; Steffens, L.; Kurakin, Y.A.; Poniaev, S.A. Performance of conduction-cooled HTS magnet in radio blackout mitigation experiment. Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28–July 2, 2015

- Schmidt, F.; Merschel, F.; Noe, M.
Advanced superconducting power cable for MV urban power supply. (eingeladen)
79. Jahrestagung der DPG und DPG-Frühjahrstagung der Sektion Kondensierte Materie, Fachverband Tiefe Temperaturen, Berlin, 15.–20. März 2015
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), TT 51.5
- * Schneider, Th.; Eisele, M.; Hornung, F.; Klaeser, M.; Leys, P.M.; Ruf, C.
Future upgrade of the superconducting high field facility HOMER II to 25 T.
IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 25(2015) pp.4600704/1-4
DOI:10.1109/TASC.2014.2364899
- * Sieger, M.; Hänisch, J.; Pahlke, P.; Sparing, M.; Gaitzsch, U.; Iida, K.; Nast, R.; Reich, E.; Schultz, L.; Holzappel, B.; Hühne, R.
BaHfO₃-doped thick YBa₂Cu₃O_{7-δ} films on highly alloyed textured Ni-W tapes.
IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 25(2015) pp.6602604/1-4
DOI:10.1109/TASC.2014.2372903
- Sieger, M.; Phalke, P.; Hänisch, J.; Opherden, L.; Bergelt, P.; Iida, K.; Sparing, M.; Bianchetti, M.; MacManus-Driscoll, J.; Lao, M.; Eisterer, M.; Falter, M.; Bäcker, M.; Meledin, A.; van Tendeloo, G.; Nast, R.; Schultz, L.; Holzappel, B.; Hühne, R.
Nano-engineering of BaHfO₃ and Ba₂Y(Nb/Ta)O₆-doped YBa₂Cu₃O_{7-δ} coated conductors.
12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015
- Stafford, B.H.; Hänisch, J.; Hühne, R.; Große, V.; Bauer, M.; Pruseit, W.; Holzappel, B.; Schultz, L.
Pinning centres in ISD-MgO coated conductors. 12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015
- Stemmler, M.; Merschel, F.; Noe, M.
AmpaCity project - update on world's first superconducting cable and fault current limiter installation in a German city center.
12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6-10, 2015
- Sun, J.; Sanz, S.; Neumann, H.
fdModular cryostat for one single coil of a 10 MW offshore superconducting wind turbine.
Bilbao Marine Energy Week 2015, Bilbao, E, April 20–24, 2015
- Thekkethil, S.R.; Venkatesan, V.N.; Neumann, H.; Ramalingam, R.
Design of cryogenic flow meter using Fiber Bragg Grating sensors.
IEEE Sensors 2015, Busan, Korea, November 1–4, 2015
- Thekkethil, S.R.; Reby Roy, K.E.; Thomas, R. J.; Ramalingam, R.
Theoretical studies on Fibre Bragg Grating based flow-meter.
International Conference on Aerospace and Mechanical Engineering (ICAME'15), Kollam, IND, December 14–16, 2015
- Usoskin, A.; Rutt, A.; Dietrich, R.; Senatore, C.; Rossi, L.; Bottura, L.; Ballarino, A.; Kario, A.; Goldacker, W.
12 mm wide HTS coated conductors for high-field applications.
12th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2015), Lyon, F, September 6–10, 2015
- Venkatesan, V.N.; Weiss, K.P.; Bharti, R.P.; Neumann, H.; Ramalingam, R.
Strain calibration of substrate-free FBG sensors at cryogenic temperature.
6th EAI International Conference on Sensor Systems and Software, Roma, I, October 26–27, 2015
- * Vojenciak, M.; Kario, A.; Ringsdorf, B.; Nast, R.; van der Laan, D.C.; Scheiter, J.; Jung, A.; Runtsch, B.; Gömöry, F.; Goldacker, W.
Magnetization ac loss reduction in HTS CORC cables made of striated coated conductors.
Superconductor Science and Technology, 28(2015) pp.104006/1-9
DOI:10.1088/0953-2048/28/10/104006
- Wolf, M.J.; Bayer, C.M.; Heller, R.; Weiss, K.P.; Fietz, W.H.
Fabrication and electromechanical tests of a novel type of HTS stacked conductor.
24th International Conference on Magnet Technology (MT 2015), Seoul, Korea, October 18–23, 2015
- Wolf, M.J.; Bayer, C.M.; Heller, R.; Weiss, K.P.; Fietz, W.H.
Production and electromechanical tests of a novel type of HTS stacked conductor.
HTS4Fusion Conductor Workshop, Pieve S. Stefano, I, September 11–12, 2015
- Wu, H.; Schlachter, S.I.; Brand, J.; Fillinger, H.; Goldacker, W.; Kling, A.; Ringsdorf, B.; Walschburger, U.; Willms, J.
A cryogen-free REBCO magnet for radio blackout mitigation experiment.
24th International Conference on Magnet Technology (MT 2015), Seoul, Korea, October 18–23, 2015

Xu, Z.; Grilli, F.

Modelling AC ripples in HTS coated conductors.
Cryogenic Engineering Conference and International
Cryogenic Materials
Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28 –
July 2, 2015

* Yuan, F.; Iida, K.; Langer, M.; Hänisch, J.; Ichinose, A.;
Tsukada, I.; Sala, A.; Putti, M.; Hühne, R.; Schultz, L.; Shi, Z.
Influence of substrate type on transport properties of
superconducting FeSe_{0.5}Te_{0.5} thin films
Superconductor Science and Technology, 28(2015)
pp.065005/1-7
DOI:10.1088/0953-2048/28/6/065005

Zermeno, V.; Quaiyum, S.; Grilli, F.

Publicly available codes for estimating the critical cur-
rent of superconducting devices using a stationary
model approach.
28th International Symposium on Superconductivity (ISS
2015), Tokyo, J,
November 16–18, 2015

Zou, S.; Rodriguez Zermeno, V.M.; Grilli, F.

Simulation of high temperature superconducting bulks
and stacks of coated conductors magnetized by pulse
field magnetization using controlled magnetic density
distribution coils.
12th European Conference on Applied Superconductivity
(EUCAS 2015), Lyon, F,
September 6–10, 2015

Zou, S.; Rodriguez Zermeno, V.M.; Grilli, F.

Simulation of high temperature superconducting bulks
and stacks of coated conductors magnetized by multi-
pulse technique.
24th International Conference on Magnet Technology
(MT 2015), Seoul, Korea,
October 18–23, 2015

Veröffentlichungen

Karlsruhe Nano Micro Facility

Kauffmann, A.; Chen, H.; Weiss, K.P.; Freudenberger, J.;
Heilmaier, M.

Low temperature work hardening behavior of FeMnNi-
CoCr.
Materials Research Society Fall Meeting, Boston, Mass.,
November 29–December 4, 2015

Veröffentlichungen

Materie und Universum

(* Thomson Reuters referiert)

* Bornschein, L.; Bornschein, B.; Sturm, M.; Röllig, M.; Priester, F.; KATRIN Collaboration
Status of the neutrino mass experiment KATRIN.
Fusion Science and Technology, 67(2015) pp. 274–277
DOI:10.13182/FST14-T9

Fischer, S.; Bornschein, B.; James, T.M.; Off, A.; Rupp, S.; Schlösser, M.; Seitz-Moskaliuk, H.; Sturm, M.; Telle, H.H.; Wecker, M.
Commissioning of the KATRIN Raman system for monitoring of the WGTS gas composition.
DPG-Frühjahrstagung, Fachverband Teilchenphysik, Wuppertal, 9.–13. März 2015
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), T 71.2

James, T.M.; Fischer, S.; Rupp, S.; Off, A.; Seitz-Moskaliuk, H.; Wecker, M.; Sturm, M.; Schloesser, M.; Telle, H.H.; Bornschein, B.; KATRIN Collaboration
Laser Raman spectroscopy a tool for Tritium analytics: an overview.
DPG-Frühjahrstagung der Sektion AMOP, Fachverband Quantenoptik und Photonik, Heidelberg, 23.–27. März 2015
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), Q 46.6

James, T.M.; Bornschein, B.; Brunst, T.; Fischer, S.; Off, A.; Rabe, M.; Rupp, S.; Schlösser, M.; Seitz-Moskaliuk, H.; Sturm, M.; Telle, H.H.; Wecker, M.
Quantitative laser Raman spectroscopy for inline gas analytics and process controll.
Advances in Process Analytics and Control Technology (APACT 2015), Manchester, GB, April 22-24, 2015

* James, T.M.; Rupp, S.; Telle, H.H.
Trace gas and dynamic process monitoring by Raman spectroscopy in metal-coated hollow glass fibres.
Analytical Methods, 7(2015) pp. 2568–2576
DOI:10.1039/C4AY02597K

Lusch, C.; Börsch, M.; Grohmann, S.; Heidt, C.; Maggini, N.; Sas, J.; Weiss, K. P.
Qualification of electron-beam welded joints between copper and stainless steel for cryogenic application.
Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference (CEC/ICMC 2015), Tucson, Ariz., June 28 – July 2, 2015

* Lusch, C.; Börsch, M.; Heidt, C.; Maggini, N.; Sas, J.; Weiss, K.P.; Grohmann, S.
Qualification of electron-beam welded joints between copper and stainless steel for cryogenic application.
IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 102(2015) pp.012017/1-8
DOI:10.1088/1757-899X/102/1/012017

Niemes, S.; Röllig, M.; Ebenhöch, S.; Priester, F.; Sturm, M.
Monte Carlo simulation for a compact gaseous Tritium monitor utilizing Bremsstrahlung counting (BIXS) for various process gases.
12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14–18, 2015

Niemes, S.; Ebenhöch, S.
Verbesserte Kalibrierung in der Tritiumanalytik mittels Kalibriergasmischungen.
79. Jahrestagung der DPG und DPG-Frühjahrstagung der Sektion Kondensierte Materie, Fachverband Vakuumphysik und Vakuumtechnik, Berlin, 15.–20. März 2015
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), VA 2.4

Off, A.; Rupp, S.; James, T. M.; Seitz-Moskaliuk, H.; Telle, H. H.
Optimization of a capillary Raman system for the high-sensitivity analysis of gas mixtures.
DPG-Frühjahrstagung der Sektion AMOP, Fachverband Quantenoptik und Photonik, Heidelberg, 23.–27. März 2015
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), Q 46.4

* Priester, F.; Sturm, M.; Bornschein, B.
Commissioning and detailed results of KATRIN inner loop tritium processing system at Tritium Laboratory Karlsruhe.
Vacuum, 116(2015) pp.42-47
DOI:10.1016/j.vacuum.2015.02.030

Rein, A.
Tritium Loop zur verbesserten Kalibrierung von Tritium-analysemethoden.
79. Jahrestagung der DPG und DPG-Frühjahrstagung der Sektion Kondensierte Materie, Fachverband Vakuumphysik und Vakuumtechnik, Berlin, 15.–20. März 2015
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), VA 2.3

- Röllig, M.; Klein, M.; Priester, F.
Measurement of Tritium adsorption on gold-coated Beryllium by beta induced X-ray spectrometry (BIXS).
12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 2015), Jeju, Korea, September 14–18, 2015
- * Rosendahl, S.; Brown, E.; Cristescu, I.; Fieguth, A.; Huhmann, C.; Lebeda, O.; Murra, M.; Weinheimer, C.
Determination of the separation efficiencies of a single-stage cryogenic distillation setup to remove krypton out of xenon by using a 83mKr tracer method.
Review of Scientific Instruments, 86(2015) pp.115104/1-13
DOI:10.1063/1.4934978
- * Rupp, S.; James, T.M.; Telle, H.H.; Schlösser, M.; Bornschein, B.
Enhanced sensitivity of Raman spectroscopy for tritium gas analysis using a metal-lined hollow glass fiber.
Fusion Science and Technology, 67(2015) pp.547-550
DOI:10.13182/FST14-T76
- Rupp, S.; James, T. M.; Off, A.; Seitz-Moskaliuk, H.; Telle, H. H.
Improvements of a capillary Raman system for high-sensitivity gas analysis.
DPG-Frühjahrstagung der Sektion AMOP, Fachverband Quantenoptik und Photonik, Heidelberg, 23.-27. März 2015
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), Q 62.86
- Rupp, S.; James, T. M.; Off, A.; Seitz-Moskaliuk, H.; Telle, H. H.
Improvements of a capillary Raman system for trace gas analysis and rapid process control.
8th International Conference on Vibrational Spectroscopy (ICAVS 2015), Wien, A, July 12-17, 2015
- * Rupp, S.; Off, A.; Seitz-Moskaliuk, H.; James, T. M.; Telle, H. H.
Improving the detection limit in a capillary Raman system for in situ gas analysis by means of fluorescence reduction.
Sensors, 15(2015) pp.23110-23125
DOI:10.3390/s150923110
- * Schlösser, M.; Rupp, S.; Brunst, T.; James, T.M.
Relative intensity correction of Raman systems with National Institute of Standards and Technology standard reference material 2242 in 900-scattering geometry.
Applied Spectroscopy, 69(2015) pp.597-607
DOI:10.1366/14-07748
- Schlösser, M.; Rupp, S.; Brunst, T.; James, T. M.
Relative intensity correction of Raman spectrometers with NIST standard reference material 2242 in 900 scattering geometry.
DPG-Frühjahrstagung der Sektion AMOP, Fachverband Quantenoptik und Photonik, Heidelberg, 23.-27. März 2015
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), Q 62.87
- Schönung, K.; Babutzka, M.; KATRIN Collaboration
Work function studies of gold surfaces with a Kelvin Probe for the Rear Section of the KATRIN experiment
DPG-Frühjahrstagung der Sektion AMOP, Fachverband Physik der Hadronen und Kerne, Heidelberg, 23.-27. März 2015
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), HK 43.4
- Sturm, M.; KATRIN Collaboration
Status of the tritium-source related parts of KATRIN.
DPG-Frühjahrstagung der Sektion AMOP, Fachverband Physik der Hadronen und Kerne, Heidelberg, 23.-27. März 2015
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), HK 43.2
- Valerius, K.
Status of the KATRIN experiment.
9th International Conference on Interconnections between Particle Physics and Cosmology (PPC2015), Deadwood, S.D., June 20 – July 3, 2015
- Wecker, M.; Fischer, S.; James, T.; Schlösser, M.; Telle, H.
Investigation of laser-induced contamination in the KATRIN Raman system.
DPG-Frühjahrstagung der Sektion AMOP, Fachverband Quantenoptik und Photonik, Heidelberg, 23.-27. März 2015
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R.6, B.50(2015), Q 54.2

Veröffentlichungen

Eingeladene Vorträge

Kai Bauer

- Vom Sicherheits-Überprüfer zum Arbeitsschutz-Manager – Transformation vom Prüfen zum Gestalten“ Helmholtz und Max-Planck-Gesellschaft, Heidelberg, 28.09.2015

Beate Bornschein

- Between fusion and cosmology – The Tritium Laboratory, Karlsruhe (TLK) Institutskolloquium des IPP Greifswald 6.2.2015

Christian Day

- Chr. Day, „Consequences of the technology survey and gap analysis on the European R&D Programme of the DEMO inner fuel cycle“, Int. Symposium on Fusion Nuclear Technology, Jeju, Korea, Sept. 2015.

David Demange

- Overview of research activities at Tritium Laboratory Karlsruhe, 2015 IEEE 26th Symposium on Fusion Engineering (SOFE) 31.05.–04.06.2015

Thomas Giegerich

- Th. Giegerich, „Vacuum pumping of fusion reactors. The KALPUREX Process“, DPG-Frühjahrstagung, Berlin, März 2015.
- Th. Giegerich, „Vacuum pumps for fusion reactors: Recent developments and the KALPUREX-Process“, AIV Italian Vacuum Conference, Genova, Italien, Mai 2015.

Wilfried Goldacker

- W. Goldacker, Superconducting Cables from Coated Conductors and Magnesium Diboride, Seminar am „Institute for Superhard Materials“ Kiev, Ukraine, 28.01.2015
- W. Goldacker, Conductors and Cables from REBCO High Temperature Superconductors for Applications, Jahrestagung Deutsche Physikalische Gesellschaft, Fachbereich Tiefe Temperaturen, Berlin, 18.03.2015
- W. Goldacker, A. Kario, S. Otten, A. Kling, F. Grilli, M. Vojenciak, A. Godfrin, B. Ringsdorf, R. Nast, D.C. van der Laan, HTS-Roebel-cables in competition to the CORC approach, European Conference on Applied Superconductivity EUCAS, Lyon, Frankreich, 10.09.2015
- W. Goldacker, HTS Roebel cable research from KIT and partners, Plenarvortrag ESAS Award for Excellence, EUCAS, Lyon, Frankreich 7.09.2015
- W. Goldacker, Requirements for future HTS materials, Plenarvortrag, MSM15, 9th International Conference on Magnetic and Superconducting Materials, 30.04.2015

Francesco Grilli

- F. Grilli, Modeling for HTS Applications, Special Session on Modeling for Application, European Conference on Applied Superconductivity EUCAS, Lyon, Frankreich, 6.–10.09.2015

Jens Hänisch

- J. Hänisch, M. Sparing, M. Erbe, B. Holzapfel, Superconductors with improved critical currents, Energy Science Technology Karlsruhe
- J. Hänisch, K. Iida, F. Kurth, R. Hühne, C. Tarantini, J. Jaroszynski, T. Förster, L. Schultz, B. Holzapfel, J_c Anisotropy of Fe-based Superconducting Thin Films, IURMS Jeju, Korea
- J. Hänisch, M. Erbe, M. Sparing, L. Opherden, M. Sieger, E. Reich, A. Meledin, R. Hühne, L. Schultz, B. Holzapfel, Flux Pinning in YBCO-based Superconducting Thin Films, Seminar Seoul National University, 30.10.2015

Bernhard Holzapfel

- „Epitaxial Ba-122 and 11 Thin Film Heterostructures: Basic Properties and Application Aspects“, Institutseminar, MPI Stuttgart, 29.1.2015
- „From Micro-to-Macro – A Research Career from Basic to Applied Superconductivity“, Max-Planck-Research School, Schloß Ringberg, 13.2.2015
- „Towards advanced superconducting power applications for aviation“ Europe-Japan Symposium: Electrical Technologies for the Aviation of the Future, Tokyo, 27.3.2015
- „Power and Magnet Applications of High Temperature Superconductors“ Physikalische Kolloquium der Universität Jena, Jena, 15.6.2015
- „HTSC Conductors“, ESAS Summer School, Karlsruhe, 21.7.2015
- „EuroTapes Project: Recent Developments“, International Symposium on Applied Superconductivity, Tokyo, 17.11.2015
- „Progress in HTSC based Power Applications“, Conference on Applied Superconductivity and Electromagnetic Devices, Shanghai, 21.11.2015

Anna Kario

- A. Kario, S. Otten, A. Kling, A. Jung, B. Runtsch, R. Nast, W. Goldacker, Roebel cables for EuCARD²: experience and options, Workshop on accelerator magnets in HTS - WAMHTS3, Magnet Protection, Lyon, France, 10.–11.09.2015
- A. Kario, R. Nast, A. Jung, B. Ringsdorf, J. Scheiter, E. Demenčík, A. Godfrin, F. Grilli, A. Molodyk, A. Mankevich, W. Goldacker, Effectiveness of laser striation for AC loss reduction in SuperOx coated conductor, 2015 Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference, Tucson, Arizona, USA, 28.06.–2.07.2015

- A. Kario, S. Otten, A. Kling, B. Ringsdorf, A. Jung, M. Dhallé, A. Usoskin, W. Goldacker, Roebel Coated Conductor Cable as a candidate for future accelerator magnets inserts, 14th International Union of Materials Research Societies International Conference on Advanced Materials, ICC Jeju, Korea, 25.–29.10.2015

Mathias Noe

- M. Noe, "Introduction in HTS Technology. Principals of technical implementation for power systems and transport", Airbus Workshop on High-Temperature Superconductivity, February 4th 2014, Ottobrunn
- M. Noe, E. Marzahn, „Hochtemperatur-Supraleiter Kabel und Strombegrenzer“, 85. Kableseminar, 24.–25. Februar 2015
- M. Noe, "The Energy Transition in Germany – Objectives, Status and Prospects for Superconductivity", Faculty Colloquium UFRJ, Rio de Janeiro, 27. March, Rio de Janeiro, Brasil
- M. Noe, E. Gil-Bardaji, "Research and Challenges on Materials around Energy Storage", EERA Inter-JP cross-fertilization workshop on materials for energy applications and technologies, 28.–29. April 2015, Brussels
- M. Noe, „Entwicklungsstand und Einsatzmöglichkeiten von Kurz- und Langzeitspeichern“, Landesinitiative Energieinnovation Saar, 2. LIESA Kongress, 30. September 2015, Saarbrücken
- M. Noe, F. Grilli, "Fundamental aspects of thermal load in HTS and Cryogenic", International Workshop on Cooling System for HTS Applications (IWC-HTS) 14th-16th October, 2015 at Kunibiki Messe, Matsue, Japan (Plenary)
- M. Noe, "Superconducting Power Applications in Smart Grids", VDE Youngnet Convention, October 26th 2015, Karlsruhe
- M. Noe, „Supraleiter erobern Smart Grids“, VDE Kassel, 19. November 2015, Kassel

Sonja Schlachter

- S.I. Schlachter, J. Brand, H. Fillinger, W. Goldacker, A. Kling, B. Ringsdorf, U. Walschburger, J. Willms, H. Wu, A. Gülhan, L. Steffens, Y.A. Kurakin, S.A. Poniaev, HTS Magnet für Radio-Blackout-Experiment "COMBIT", DKV-Tagung, Dresden, 19.–20.11.2015

Veröffentlichungen

Schutzrechtsbestände

(* Neue Schutzrechtsanmeldungen in 2015)

** Schutzrechtserteilungen mit Wirkung für Deutschland in 2015)

Strombegrenzer mit elektrischen Ventilen zum Begrenzen des Kurzschlussstromes in einem elektrischen Leistungsstromkreis

Jüngst, Klaus-Peter; Kuperman, Grigory

DE 1149452

US 6654222

Strombegrenzer zur Strombegrenzung im Fehlerfall

Jüngst, Klaus-Peter; Kuperman, Grigory;

Noe, Mathias

DE 102004058633

Planar-helischer Undulator

Beckenbach, Max; Eisele, Matthias; Kläser, Marion; Leys, Pauline; Lott, Bernd; Schneider, Theo

DE 102006056052

US 8134440

Kryostat mit einem Magnetspulensystem, das eine LTS- und eine gekapselte HTS-Sektion umfasst

Kläser, Marion

DE 102006012508

US 8255023

Kryostat mit einem Magnetspulensystem, das eine unterkühlte LTS- und eine in einem separaten Heliumtank angeordnete HTS-Sektion umfasst

Schneider, Theo

CH 1999764

DE 102006012511

EP 1999764

FR 1999764

GB 1999764

US 8255022

Anlage zur supraleitenden magnetischen Energiespeicherung, elektrolytischen Wasserzerlegung und wassersynthetisierenden Strombegrenzer

Gehring, Rainer; Sander, Michael (verstorben)

DE 102007042711

Stromversorgung und Verfahren für eine gepulst betriebene induktive Last

Gehring, Rainer; Jüngst, Klaus-Peter; Kuperman,

Grigory; Noe, Mathias

DE 102008053679

EP PCT/EP2009/005909

Verfahren zur Herstellung einer Verbindungsstruktur zwischen zwei Supraleitern und Struktur zur Verbindung zweier Supraleiter

Drechsler, Antje; Goldacker, Wilfried; Oomen, Marijn;

Rabbers, Jakob Johan;

Schlachter, Sonja

DE 102009043580.8-34

Vorrichtung zur Strombegrenzung mit einer veränderbaren Spulenimpedanz

Noe, Mathias; Schacherer, Christian

DE 2532016 **

DE 102010007087.4-34

EP 2532016 **

FR 2532016

GB 2532016

JB 2012-551507

US 13/577,272

Massenstromsensor und Verfahren zur Bestimmung des Massenstroms in einem Rohr

Neumann, Holger; Ramalingam, Rajini K; Süßer,

Manfred

DE 102010012924

EP 11714215.8-2209

US 8746079

Vorrichtung zur Speicherung von Wasserstoff und von magnetischer Energie sowie ein Verfahren zu ihrem Betrieb

Neumann, Holger; Sander, Michael (verstorben)

DE 2684198

FR 2684198

GB 2684198

US 14/004,370

Isolierter Hochtemperatur-Bandsupraleiter und Verfahren zu seiner Herstellung

Brand, Jörg; Elschner, Steffen; Fink, Stefan; Goldacker, Wilfried; Kudymow, Andrej

DE 102011107313.6
 EP 12737485.8-1564
 JP 2014-517523
 KR 1020147002881
 US 14/130,708

Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung des Massenstroms eines Fluids

Grohmann, Steffen

AU 2012351141
 CA PCT/EP2012/005051
 DE 102011120899 **
 EP 12808676.6-1554
 JP 2014-546347
 KR PCT/EP2012/005051
 US 14/364,681

Supraleitende Magnetanordnung

Krüger, Philipp

DE 102012106211.0

Verfahren und Vorrichtung zur kontinuierlichen Wiederaufbereitung von Abgas eines Fusionsreaktors

Day, Christian; Giegerich, Thomas

DE 102013109778.2
 WO PCT/EP2014/002342

Superconducting devices such as coils, solenoids, toroids, cables and stack like arrays with tapes of varying width

Holzapfel, Bernhard;

Rodriguez Zermeno, Victor

EP 14002754.1
 US 14/819,850

Supraleitende Transformatoren für Windenergieeinspeisung

Hellman, Sebastian; Noe, Mathias

DE 102014016691.0
 WO PCT/EP2015/076349

Advanced method for the treatment and the tritium recovery from tritiated water

Cristescu, Ion

EP 15154339.4 *

Schienengebundene Magnetschwebbahn

Holzapfel, Bernhard; Noe, Mathias

DE 102015001746.2 *

Transformator, Wickelkörper dafür und Verfahren zur Herstellung eines Wickelkörpers

Hellmann, Sebastian

DE 102015114208.2 *

Supraleitfähiger Leiter und Verwendung des supraleitfähigen Leiters

Fietz, Walter; Heller, Reinhard;

Weiss, Klaus-Peter; Wolf, Michael J.

DE 102015010636.8 *

Verbinder für supraleitfähige Leiter und Verwendung des Verbinders

Fietz, Walter; Heller, Reinhard;

Weiss, Klaus-Peter; Wolf, Michael J.

DE 102015010634.1 *

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines supraleitfähigen Leiters

Fietz, Walter; Heller, Reinhard; Weiss, Klaus-Peter;

Wolf, Michael J.

DE 102015010676.7 *

Axialer, kryotechnisch geeigneter Potentialtrenner

Fink, Stefan; Friesinger, Günter

DE 1196711

Kontakt

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Technische Physik
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Telefon: +49 721/608-Durchwahl
E-Mail: Vorname.Nachname@kit.edu

www.itep.kit.edu

Leitung

Prof. Dr.-Ing. Mathias Noe (-23500)
Prof. Dr. Bernhard Holzapfel (-26000)

Stellvertretende Leitung

Dr. Walter Fietz (-24197)

Sekretariat

Melanie Bacher (-23501)
Marion Gilliar (-23501)

Professor a. D.

Prof. Dr. Peter Komarek

Hochfeldmagnete

Dr. Theo Schneider (-22344)

Kryotechnik

Dr. Holger Neumann (-22625)

Supraleitermaterialentwicklung und energietechnische Anwendungen

Dr. Wilfried Goldacker (-24179)

Abteilung Tritiumlabor Karlsruhe Leitung

Dr. Beate Bornschein (-23239)

Geschäftsführer

Kai Bauer (-23705)

Fusionsmagnete

Dr. Walter Fietz (-24197)
Dr. Klaus-Peter Weiss (-23919)

Vakuumtechnik

Dr. Christian Day (-22609)

Koordination KATRIN im ITEP

Dr. Beate Bornschein (-23239)

Kontakt

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Campus Nord
Institut für Technische Physik

Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

www.itep.kit.edu

Herausgeber

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Stand März 2016

www.kit.edu