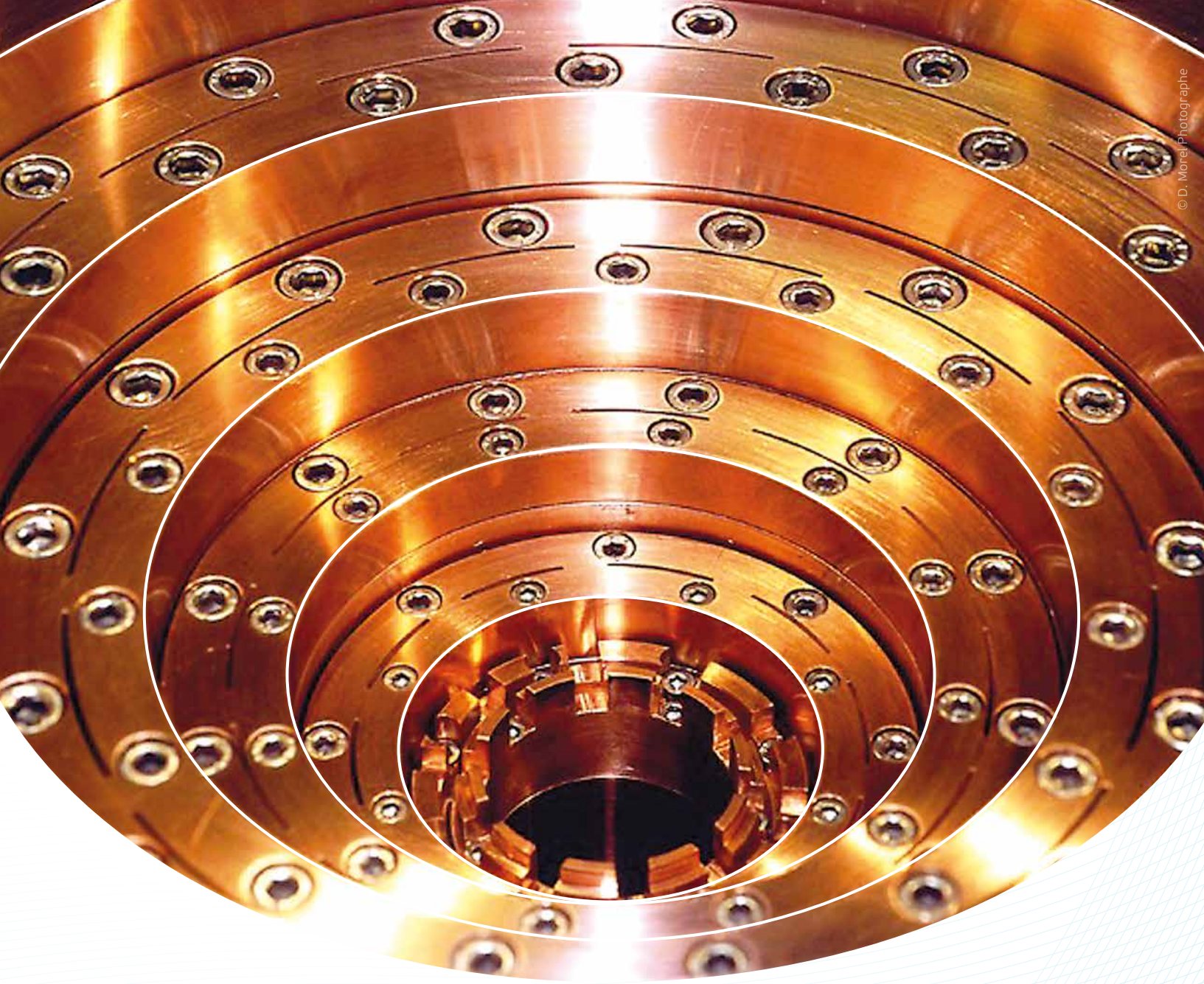


© D. Morel Photographe

MÄCHTIGE MAGNETE

FÜR KLUGE KÖPFE

EMFL

European Magnetic Field Laboratory

1 HFML Nijmegen
2 LNCMI Toulouse
3 LNCMI Grenoble
4 HLD Dresden

INHALT

Willkommen 3
Extreme Kräfte 4
EMFL-Forschung in Ihrer Hand 5
Die Materialien der Zukunft 8
Die besten Wissenschaftler 11
Gäste aus aller Welt 12
Ein Magnet für Nachwuchsforscher 14
Nobelpreisträger: Sir Konstantin Novoselov 16
Antriebsmotor für Wissenschaft und Wirtschaft 19
Wissenschaft zum Anfassen 20
Impressum 23

HERZLICH WILLKOMMEN IM EUROPÄISCHEN HOCHFELD-MAGNETLABOR

EUROPÄISCHER GEIST

Hohe Magnetfelder sind von enormer Bedeutung, um Materialien besser zu verstehen – und deshalb für viele Forschungsbereiche unabdingbar. Eine wichtige Voraussetzung für herausragende Materialforschung ist daher, dass das Europäische Hochfeld-Magnetlabor die höchsten, technisch realisierbaren Magnetfelder für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bereitstellt.

In einem wahrlich europäischen Sinne haben sich die drei führenden Hochfeld-Magnetlabore in Europa zu einer Organisation zusammengeschlossen – dem EMFL (European Magnetic Field Laboratory). Ihre außergewöhnlichen Magnete sind im wahrsten Sinne des Wortes anziehend. Wissenschaftler aus der ganzen Welt finde an vier Standorten die extremen Bedingungen, die sie für ihre Forschungen benötigen. Solch hohe Magnetfelder, wie sie im EMFL erzeugt werden, sind sogar in der Lage, die Schwerkraft auf den Kopf zu stellen! Warum also Experimente in einem Raumschiff durchführen, wenn man Zugang zu einem starken Magneten hat.

ZUKUNFTS-MATERIALIEN

Experimente in hohen Magnetfeldern bieten einzigartige Möglichkeiten, grundlegende Erkenntnisse über die uns umgebende Materie zu erlangen. Magnetfelder erlauben dabei, Materialeigenschaften gezielt und vor allem kontrolliert zu beeinflussen, wie es sonst nicht möglich ist. Aus diesem Grund kommen hohe Magnetfelder bei der Untersuchung vieler neu entdeckter Materialien zum Einsatz, um deren Eigenschaften besser zu verstehen und letztendlich auch zu optimieren.

16 NOBELPREISE IN PHYSIK, CHEMIE UND MEDIZIN SIND MIT DER FORSCHUNG IN HOHEN MAGNETFELDERN ENG VERKNÜPFT.

WAS MACHEN DIE EMFL-FORSCHER EIGENTLICH?

SIE BÄNDIGEN EXTREME KRÄFTE.

Die Kräfte im Inneren der EMFL-Magnete sind unglaublich stark. Bei 100 Tesla erzeugt die Lorentzkraft in den Kupferdrähten mit vier Gigapascal einen Druck, der dem 40.000-fachen Luftdruck auf Meereshöhe entspricht. Man darf allerdings nicht vergessen, dass diese Magnete Werkzeuge für die Forschung sind und die Feldstärke allein nicht ausreicht. Auch andere Faktoren wie Pulsdauer und die Größe der Bohrung sind für das Gelingen eines Experiments essentiell.

SIE ENTWICKELN MAGNETE FÜR ANDERE EUROPÄISCHE FORSCHUNGSEINRICHTUNGEN.

Die EMFL-Labore haben transportierbare gepulste Magnete und Generatoren entwickelt, die Felder von bis zu 40 Tesla ermöglichen und mit großen Neutronen-, Röntgen- oder Laserquellen kombinierbar sind. Neutronen- und Synchrotron-Experimente in gepulsten Feldern erlauben Wissenschaftlern, die mikroskopischen Eigenschaften der Materie zu enthüllen. Wissenschaftler des EMFL und anderer großer Einrichtungen, die wie das Institut Laue-Langevin (ILL) und die Europäische Synchrotron-Strahlungsquelle (ESRF) in Grenoble in ihrem Bereich führend sind, betreiben diese Forschungen gemeinsam.

SIE BEKÄMPFEN KREBS.

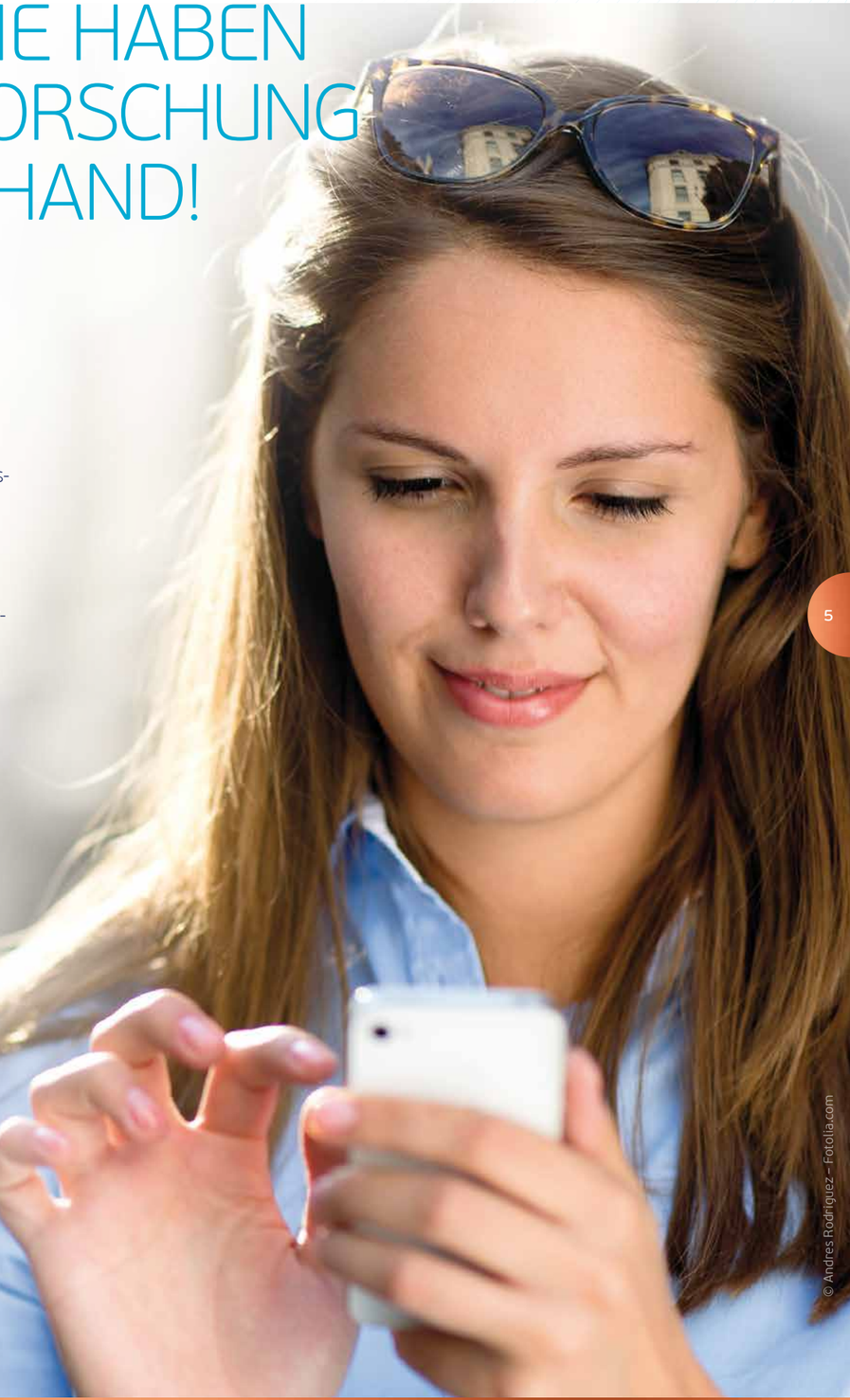
Magnetfelder können helfen, Krebs zu besiegen. Sie sind nicht nur bei der Krebsdiagnose in Magnet-Resonanz-Tomographen (MRT) im Einsatz. Die EMFL-Wissenschaftler nutzen sie auch, um kompakte und kostengünstige Alternativen zu den heutigen Therapiemöglichkeiten zu entwickeln. Bei der Protonenstrahl-Therapie mit laserbeschleunigten Teilchen können gepulste Magnete – die in den EMFL-Laboren entwickelt und gebaut wurden – eingesetzt werden. Diese bündeln die Strahlen und fokussieren sie präzise an genau die richtige Stelle im Körper. Bis diese neuen Technologien allerdings wirklich in Krankenhäusern und beim Patienten ankommen, muss noch viel Forschungsarbeit geleistet werden.

SIE FORMEN METALL.

Gemeinsam mit externen und industriellen Partnern untersuchen die EMFL-Forscher Möglichkeiten für das Formen, Fügen und Schweißen von Metallen, die sonst nicht miteinander verbunden werden könnten. Wie das funktionieren soll? Mithilfe von sehr kurzen und schnellen Magnetfeld-Pulsen, die solch eine Kraft haben, dass sie tatsächlich Metalle verbinden und sogar Stahl verformen können – ohne diese zu berühren oder zu erwärmen. Dieser hochmoderne Prozess ist außerdem sehr energieeffizient.

AUCH SIE HABEN EMFL-FORSCHUNG IN DER HAND!

Nehmen wir doch einmal Ihr Handy: Es besteht aus vielen Materialien und Technologien, die ihren Ursprung in der Materialforschung haben.
Der Prozessor des Gerätes wurde aus vielen kleinen Transistoren im Nanometer-Bereich hergestellt. Das helle Display, das Ihre Bilder so brillant wiedergibt, besteht aus dünnen Schichten. Und auch der Handy-Speicher enthält Materialien, entworfen mit Erkenntnissen aus der Forschung mit hohen Magnetfeldern.



© Andres Rodriguez – Fotolia.com

WIE ERZEUGT MAN EIN MAGNETFELD?

Bewegte elektrische Ladungen erzeugen Magnetfelder. Wenn man einen stromdurchflossenen Draht zu einer Spule wickelt, entsteht im Inneren ein Magnetfeld. Je größer das Magnetfeld sein soll, umso größer muss auch der Strom sein.

Die Kondensatorbänke in den EMFL-Laboren in Toulouse und Dresden können die enormen Ströme liefern, die nötig sind, um sehr hohe Magnetfelder zu erzeugen.

© Cyril Frésillon / CNRS

DR. KAMRAN BEHNIA

LABORATOIRE DE PHYSIQUE ET D'ÉTUDE DES MATÉRIAUX, PARIS

»In den vergangenen zwei Jahrzehnten habe ich mich damit beschäftigt, wie Elektronen Wärme in einem Festkörper transportieren. Ein besonders interessantes Phänomen ist dabei der sogenannte Nernst-Effekt. Das ist eine kleine Spannung, die bei einem Wärmestrom in Gegenwart eines magnetischen Feldes auftritt. Der Nernst-Effekt ist besonders bedeutsam in Halbmetallen wie Wismut und Graphit, die eine geringe Konzentration von Leitungselektronen haben. In diesen Festkörpern wird ein einzelnes mobiles Elektron von mehreren tausend Atomen geteilt und hat somit eine sehr große Wellenlänge. Darüber hinaus ist jedes dieser Elektronen extrem mobil und kann eine Menge an Wärme transportieren.

Meine Kollegen und ich sind regelmäßig zu Gast in den EMFL-Laboren, um Untersuchungen zum Nernst-Effekt durchzuführen. Wir brauchen starke Magnetfelder für unsere Experimente, da diese Elektronen in durch die Gesetze der Quantenmechanik vorgegebene Bahnen lenken. Je größer das Magnetfeld, desto kleiner ist diese Umlaufbahn. Eine besonders interessante Situation entsteht, wenn der Radius der Bahn in etwa vergleichbar mit der Elektronen-Wellenlänge wird. Stimmen die Teilchen- und Welleneigenschaften der Elektronen überein, nennt man das Quanten-Grenze. Unsere Nernst-Experimente haben gezeigt, dass die Physik in diesem Bereich sehr komplex ist – vergleichbar zum Beispiel mit einem komplizierten Puzzle mit vielen Teilen, die alle noch richtig zusammengesetzt werden müssen.

In den vergangenen Jahren haben wir in den Weltklasse-Einrichtungen in Grenoble, Toulouse und Nijmegen viele Experimente auch zu anderen Themen – etwa zu Supraleitern und Isolatoren – durchgeführt. Wir konnten dort nicht nur auf die starken Magnete zugreifen, sondern auch auf das großartige technische Know-how unserer Gastgeber. Die Labore sind immer offen für Leute wie uns, die neue und ungewöhnliche experimentelle Techniken in starken Magnetfeldern umsetzen wollen. Wir hoffen, dass wir auch in Zukunft regelmäßig als Messgäste zu Besuch in den EMFL-Laboren sein werden.«

WARUM EIGNEN SICH MAGNETFELDER SO GUT FÜR DIE WISSENSCHAFT?

Jeder, der schon einmal einen Magneten in der Hand hatte, weiß, dass dieser Eisen sogar aus einiger Entfernung anzieht. Magnetfelder sind in der Lage, die Bahnen der Elektronen in einem Stoff und deren magnetische Spins zu verändern – und somit seine Eigenschaften. Dieser Vorgang erzeugt große Kräfte und passiert, ohne dass die Probe berührt oder gar zerstört wird.

Magnete werden heutzutage fast routinemäßig eingesetzt – in Magnet-Resonanz-Tomographen für die Diagnostik beispielsweise. Auf die Patienten wirkt während der Untersuchung ein Magnetfeld, das mehrere zehntausend Mal stärker als das Magnetfeld der Erde ist.

HOHE MAGNET-FELDER HELFEN WISSEN-SCHAFTLERN ...

DIE EIGENSCHAFTEN NEUER MATERIALIEN ZU UNTERSUCHEN

Als Andre Geim und Konstantin Novoselov erstmalig Graphen – ein zweidimensionales Gitter aus einer einzigen Lage Kohlenstoffatome – hergestellt hatten, reisten sie umgehend von Manchester in das EMFL-Labor nach Nijmegen, um dieses außergewöhnliche Material in einem Magnetfeld zu untersuchen. Dort stellten sie schnell fest, dass sie einen Werkstoff mit bemerkenswerten elektronischen Eigenschaften entdeckt hatten. Nicht nur das: Die Erkenntnisse brachten ihnen den Physik-Nobelpreis 2010 ein. Die ersten kommerziellen Anwendungen von Graphen – biegsame Handy-Displays beispielsweise – sind nun nur noch eine Frage der Zeit.

WAS BEDEUTET EIGENTLICH TESLA?

Tesla (das Einheitssymbol ist T) ist die internationale Standardmaßeinheit für die magnetische Flussdichte. Ein typischer Hufeisenmagnet hat etwa ein Zehntel Tesla. Das Erdmagnetfeld ist mit gerade einmal rund 30 Mikrotesla noch deutlich kleiner. Die EMFL-Magnete erreichen derzeit Stärken zwischen 35 (statische Felder) und 94 Tesla (gepulste Felder). In einigen Versuchen werden auch bis zu 180 Tesla – allerdings nur für Mikrosekunden und unter Verlust der Spulen – erreicht.

MATERIE ZU BEEINFLUSSEN

Synthetische und organische Materialien bestehen oft aus langen, verknäuelten Molekülen. Ihre Struktur erinnert an einen Teller Spaghetti. Setzt man diese Moleküle einem magnetischen Feld aus, ordnen sie sich in eine Richtung an – wie Spaghetti in einer Packung. Dieser Effekt kann aus einem lichtundurchlässigen Stoff ein transparentes Material machen oder die elektrische Leitfähigkeit in organischen Materialien verbessern. Da die Moleküle alle in eine Richtung zeigen, können sie Energie deutlich effizienter transportieren. Mithilfe dieser Technik haben Wissenschaftler aus einem polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoff beispielsweise einen organischen Transistor hergestellt.

DIE SCHWERKRAFT ZU BEEINFLUSSEN

Jedes einzelne Molekül auf unserem Planeten wird bei seiner Entstehung – egal ob diese natürlich oder im Labor passiert – durch die Schwerkraft beeinflusst. Das macht es sehr schwierig herauszufinden, welche Auswirkungen diese Kraft auf die Form und somit auch auf die Funktion einzelner Moleküle hat. Da die EMFL-Magnete so stark sind, dass sie in der Lage sind, beispielsweise einen Wassertropfen – oder gar einen Frosch – schweben zu lassen, können Wissenschaftler mit ihnen ausgezeichnet den Einfluss der Schwerkraft untersuchen. Die Schwerkraft kann durch die Magnetfelder reduziert oder gar umgekehrt werden.

ANWENDUNGEN FÜR SUPRALEITER ZU ENTWICKELN

Supraleitung ist die einzigartige Eigenschaft von Materie, Strom ohne Verluste zu transportieren. Dieses Phänomen ist in der Regel nur bei sehr tiefen Temperaturen zu beobachten – selbst Hochtemperatur-Supraleiter müssen bis weit unter minus 100 Grad Celsius gekühlt werden. In den EMFL-Laboren arbeiten die Wissenschaftler an Anwendungen dieser Hochtemperatur-Supraleitung, z. B. für die Energiespeicherung und den Energietransport.

NEUE DAUERMAGNETE ZU FINDEN

Viele Magnete – egal ob am Kühlschrank, in Windrädern oder in Autos – haben eines gemeinsam: sie enthalten Neodym, ein Element der Seltenen-Erden-Gruppe. Da dieser Rohstoff nicht unbegrenzt verfügbar ist, braucht man Alternativen. Wissenschaftler sind deshalb auf der Suche nach Materialien mit ähnlichen Eigenschaften wie Neodym, aber auch nach ganz neuen magnetischen Stoffen. Damit ließen sich beispielsweise Elektromotoren deutlich kleiner und effizienter bauen. Experimente in Magnetfeldern gewähren Wissenschaftlern einzigartige Einblicke in das Innere dieser Materialien und bringen ihre verborgenen Eigenschaften ans Licht.

PROF. LOUIS TAILLEFER &
DR. NICOLAS DOIRON-LEYRAUD
DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE, UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE, CANADA & CANADIAN INSTITUTE FOR ADVANCED RESEARCH

»Hochtemperatur-Supraleitung gilt weithin als eines der großen Rätsel der Physik und als ein Forschungsgebiet mit immensem technologischen Potenzial in vielfältigen Bereichen wie Energietransport, Kommunikation und Medizin. Schwerpunkt unserer Forschungsarbeiten sind kupferhaltige Hochtemperatur-Supraleiter – sogenannte Kuprate. Um besser zu verstehen, welcher Normalzustand der Supraleitung zugrunde liegt, setzen wir die Proben einem hohen Magnetfeld aus. Supraleitung wird so unterdrückt und zurück bleibt der Normalzustand des Materials. Um ein Kuprat so weit zu bringen, sind außergewöhnlich hohe Magnetfelder mit Dutzenden von Tesla notwendig. Wie vor Kurzem in der Fachzeitschrift *Physics* geschrieben wurde, war: ›[…] der wichtigste Durchbruch [im Bereich der Kuprat-Supraleitung] der Nachweis der Quantenoszillationen in hohen Magnetfeldern im Jahr 2007 durch die Taillefer-Gruppe‹. Ohne die hohen Magnetfelder im EMFL-Labor Toulouse wäre uns dieser Durchbruch nicht gelungen.

Hohe Magnetfelder bieten einzigartige Einblicke in den normalen Zustand von Hochtemperatur-Supraleitern. Es gibt keinen Weg daran vorbei. Der Zugang zu den Hochfeld-Einrichtungen des EMFL bleibt für unser Forschungsfeld von wesentlicher Bedeutung.

Wir haben uns für die Labore in Toulouse und Grenoble entschieden, weil sie zu den besten Einrichtungen ihrer Art weltweit gehören. Sie haben einige der intensivsten, rauschärmsten und zuverlässigsten Magnete, die für die Erforschung der Physik kondensierter Materie verfügbar sind. Während des letzten Jahrzehnts waren wir regelmäßig zu Besuch an beiden Standorten, immer in enger Zusammenarbeit mit unseren lokalen Ansprechpartnern. Wir und das Canadian Institute for Advanced Research (CIFAR) haben somit eine direkte Brücke zwischen der kanadischen Forschungsgemeinschaft und dem Europäischen Hochfeld-Magnetlabor geschlagen.«

GEPULST ODER STATISCH?

Die EMFL-Labore in Toulouse und Dresden sind auf gepulste Magnetfelder spezialisiert. Diese sind bis zu 100 Tesla stark, bestehen aber nur wenige Zehntel-Millisekunden lang. In Toulouse können für wenige Mikrosekunden sogar noch höhere Magnetfelder von bis zu 180 Tesla erzeugt werden – dabei wird allerdings die Spule, jedoch nicht die Probe, zerstört. Gepulste Felder eignen sich für alle Experimente, die sehr schnell durchgeführt werden können.

Brauchen die Wissenschaftler mehr Zeit, dann stehen ihnen in Grenoble und Nijmegen statische Magnetfelder – zurzeit bis 35 und in einigen Jahren bis 45 Tesla – zur Verfügung.

EMFL: DIE WELTBESTEN WISSENSCHAFTLER ZU GAST IN EUROPA

Jedes Jahr lockt die hervorragende Infrastruktur der vier EMFL-Standorte Hunderte von Wissenschaftlern aus der ganzen Welt. Ein internationales und unabhängiges Experten-Komitee sichtet die eingehenden Bewerbungen – aufgrund der großen Nachfrage können nur die besten Wissenschaftler mit den vielversprechendsten Projekten eingeladen werden. Diese Forscherinnen und Forscher sind auf moderne Labore mit einer Vielzahl von Experimentiermöglichkeiten sowie kompetente Unterstützung bei ihren Forschungsprojekten angewiesen. Sind sie dann für eines der vier Laboratorien ausgewählt worden, berichten sie mit Begeisterung, dass sie viel mehr finden als das, nämlich

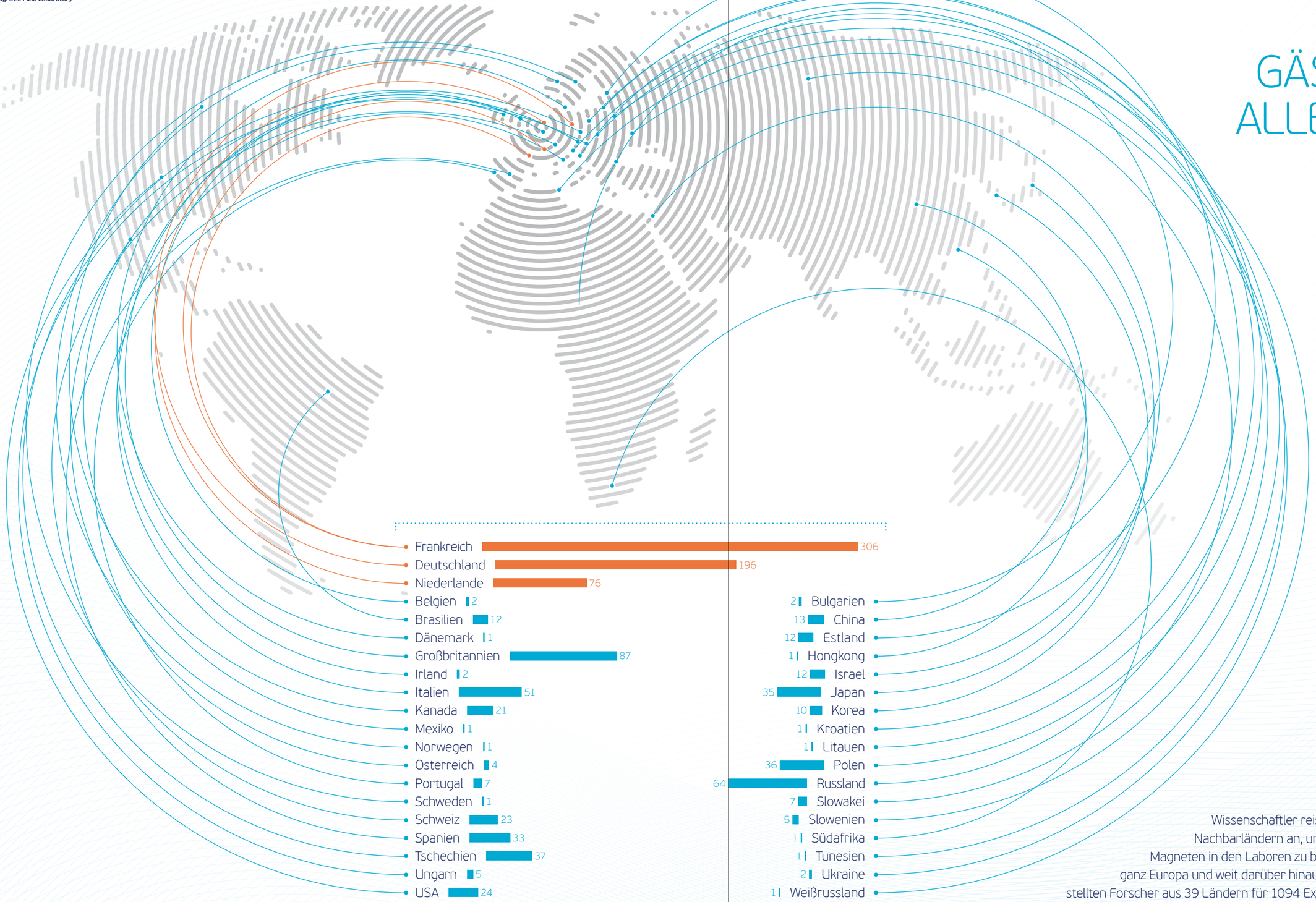
- vier der erfolgreichsten Einrichtungen ihrer Art weltweit,
- modernste experimentelle Techniken und Instrumente,
- erstklassige Unterstützung durch hoch motivierte Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker,
- eine fruchtbare und innovative Atmosphäre,
- einen globalen wissenschaftlichen Austausch mit Top-Wissenschaftlern.

Aber auch das ist nicht genug: Um im globalen Wettbewerb bestehen zu können – es gibt ähnliche Laboratorien in den USA, Japan und China – muss sich das EMFL ständig weiterentwickeln. Die Wissenschaftler und Techniker konstruieren neue Spulen, erreichen höhere Felder und verbessern die experimentellen Techniken, um noch genauere Ergebnisse möglich zu machen.

© Dick van Aalst

Den internationalen Nutzern stehen in den EMFL-Laboren stets erfahrene und motivierte Mitarbeiter zur Seite.

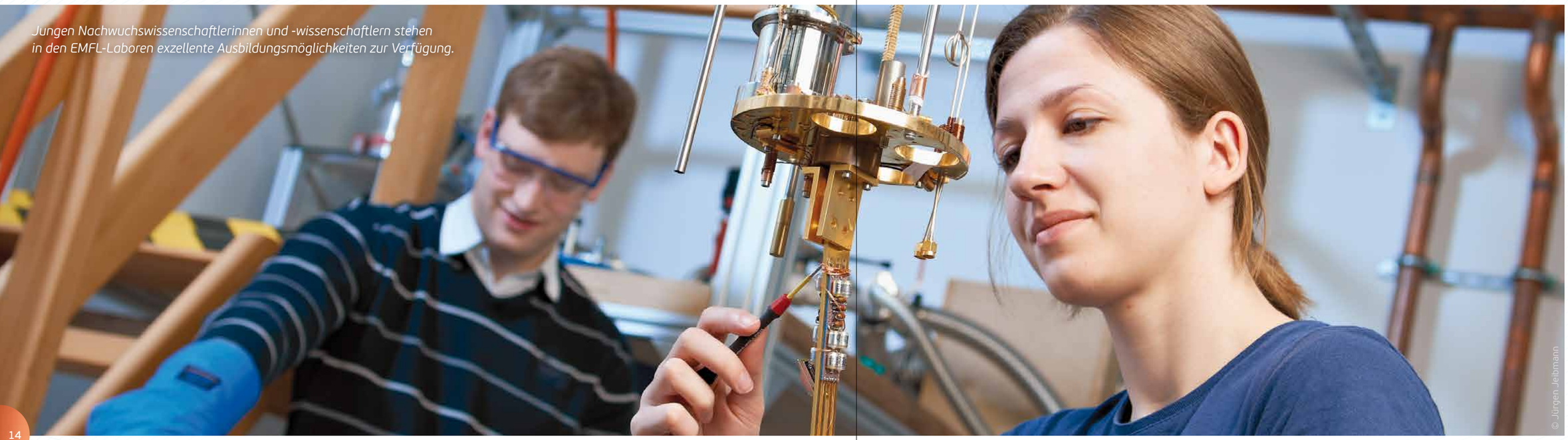
GÄSTE AUS ALLER WELT



Frankreich	306
Deutschland	196
Niederlande	76
Belgien	2
Brasilien	12
Dänemark	1
Großbritannien	87
Irland	2
Italien	51
Kanada	21
Mexiko	1
Norwegen	1
Österreich	4
Portugal	7
Schweden	1
Schweiz	23
Spanien	33
Tschechien	37
Ungarn	5
USA	24

Bulgarien	2
China	13
Estland	12
Hongkong	1
Israel	12
Japan	35
Korea	10
Kroatien	1
Litauen	1
Polen	36
Russland	64
Slowakei	7
Slowenien	5
Südafrika	1
Tunesien	1
Ukraine	2
Weißrussland	1

Wissenschaftler reisen nicht nur aus den EMFL-Nachbarländern an, um Zugang zu den mächtigen Magneten in den Laboren zu bekommen, sondern aus fast ganz Europa und weit darüber hinaus. Zwischen 2009 und 2012 stellten Forscher aus 39 Ländern für 1094 Experimente Messzeitanträge.



Jungen Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern stehen in den EMFL-Laboren exzellente Ausbildungsmöglichkeiten zur Verfügung.

© Jürgen Jeibmann

EMFL: DEN NACHWUCHS AUSBILDEN

Das EMFL zieht nicht nur gestandene Physiker, Chemiker, Biologen, Materialwissenschaftler und Ingenieure an, sondern auch junge Wissenschaftler, Studenten und sogar Schüler. Sie alle sind von den beeindruckenden Magneten und bahnbrechenden Entdeckungen fasziniert. Und sie wollen ein Teil einer kreativen, weltweiten Forschungsgemeinschaft sein.

Die EMFL-Partner motivieren die jüngere Generation mit spannenden Forschungsarbeiten, sich für eine Karriere in der Wissenschaft zu entscheiden. Dutzende von Bachelor-, Master- und Diplomstudenten, Doktoranden und Postdocs finden in den Laboren des EMFL hervorragende Arbeitsmöglichkeiten und eine intensive Ausbildung.

MAHDIYEH GHORBANI ZAVAREH
PHYSIKERIN, IRAN

»Ich habe im Iran Physik studiert und bin jetzt Doktorandin im EMFL-Labor Dresden. Da ich ursprünglich aus der Theoretischen Physik komme, sind Experimente in hohen Magnetfeldern für mich ein völlig neues Gebiet. Am Anfang war ich schon ein wenig besorgt. Aber seit ich hier vor Ort bin, gefällt es mir wirklich gut. Mein Betreuer ist einfach wunderbar – er unterstützt mich unheimlich und erklärt mir alles. Ich arbeite an der Untersuchung des magnetokalorischen Effekts, befinde mich aber noch ganz am Anfang meines dreijährigen Aufenthalts. Unter dem magnetokalorischen Effekt versteht man das Phänomen, dass sich ein Material erwärmt bzw. abkühlt, wenn man es einem veränderlichen Magnetfeld aussetzt. Es ist ein mächtiges Werkzeug in der experimentellen Festkörperphysik.
Direkte Anwendung findet der Effekt aber auch in der magnetischen Kühlung und bei der Wärmeübertragung. Da wir hier in Dresden sehr starke Magnetfelder haben, können wir Phasendiagramme von neuartigen Materialien erstellen. Außerdem bietet die Pulsdauer der Dresdner Magnete vielseitige und realistische Bedingungen für magnetische Kältetechnik-Anwendungen.«

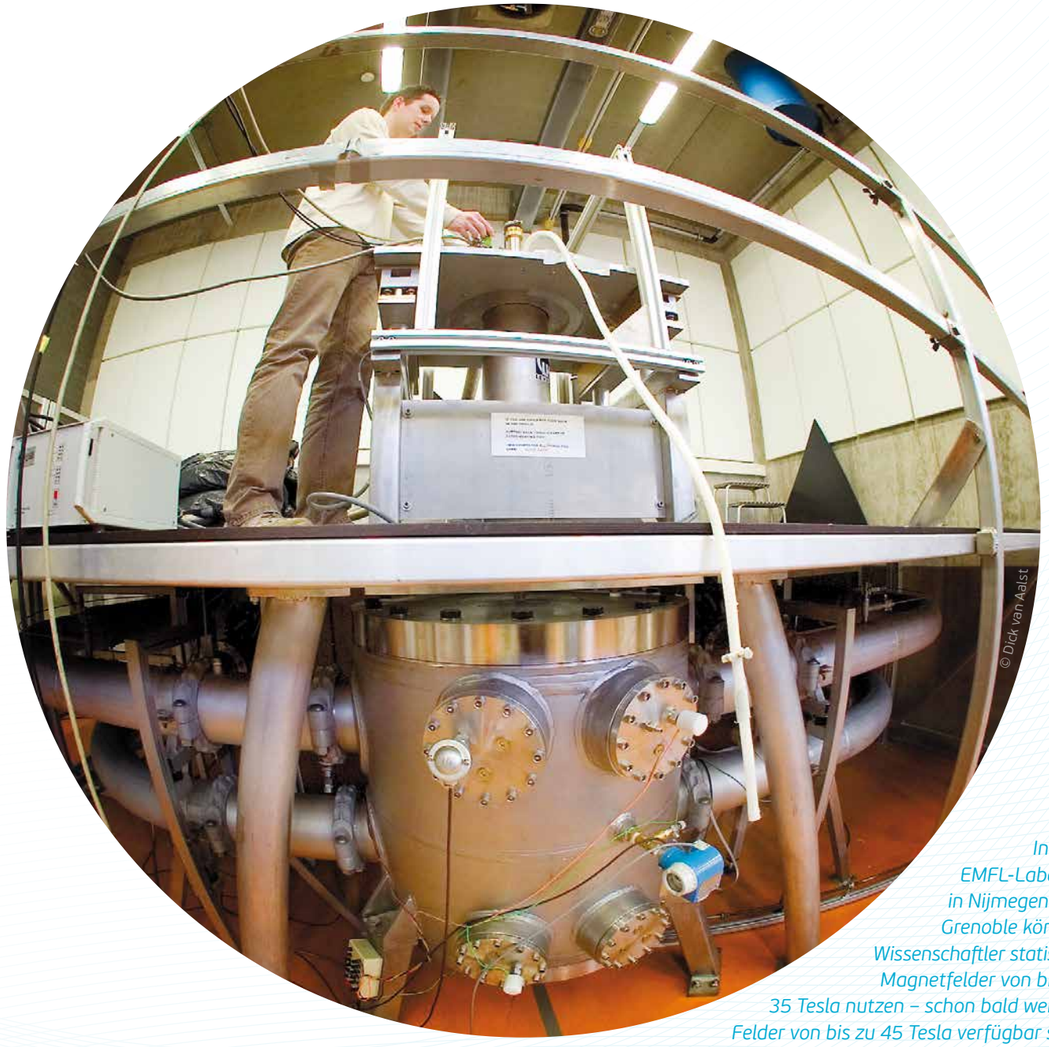
© Gerard Verschooten

SIR KONSTANTIN NOVOSELOV, GEWINNER DES NOBELPREISES FÜR PHYSIK 2010, WURDE DURCH DIE ENTDECKUNG DER ALS GRAPHEN BEKANNTEN ZWEIDIMENSIONALEN VERSION VON KOHLENSTOFF ZUSAMMEN MIT SIR ANDRE GEIM BEKANNT. ER WAR **DOKTORAND** AM NIEDERLÄNDISCHEN EMFL-STANDORT, DEM HOCHFELD-MAGNETLABOR AN DER RADBOUD-UNIVERSITÄT NIJMEGEN. ER KAM 1999 AUS RUSSLAND UND ERINNERT SICH HEUTE:

»Im Magnetlabor traf sich eine wirklich pulsierende Gemeinschaft: International, jung, freundlich, mit einer großen Vielfalt an Projekten. Wir hatten Besucher mit spannenden Experimenten und Techniken, von denen man noch nie zuvor gehört hatte, und komplexe Geräte, die immer ein Extra, ein Weiterdenken erforderten. Alles, was man tun musste, war, die Augen weit offen zu halten und zu lernen. Die Gruppe um Jan Kees Maan hat alle Doktoranden und Postdoktoranden, sowie auch die Techniker, wirklich gefordert, aber gleichzeitig auch großartig unterstützt und gefördert.

Ein gutes Beispiel ist unser Film-Club. Wir konnten mit unseren Treffen erst spät abends beginnen, erstens, weil unsere Experimente in der Regel bis spät andauerten und zweitens, weil wir uns halb-legal in einen der Hörsäle mit Beamer stehlen mussten. Diese Zusammenkünfte, die auch bei anderen Gruppen und Abteilungen beliebt waren, wandelten sich ziemlich schnell in hitzige Diskussionen über alles und jedes: Wissenschaft, Politik, Filme, Beziehungen etc.

Später, als ich bereits in Manchester war, habe ich meine Besuche in Nijmegen immer genossen. Dort habe ich viele Experimente in hohen Magnetfeldern durchgeführt und wurde durch hilfsbereite und sehr fleißige Mitarbeiter unterstützt. Im Jahr 2005 sind wir mit unserer ersten Graphen-Probe ins Labor nach Nijmegen gekommen und haben dort detaillierte Messungen zum Quanten-Hall-Effekt in diesem Material durchgeführt. Dank der hohen Felder konnten wir wirkliche Quanten-Effekte auch bei Raumtemperaturen sehen – das war auch das Thema unserer Veröffentlichung im Science-Magazin im Jahr 2007.«



© Dick van Aalst

In den EMFL-Laboren in Nijmegen und Grenoble können Wissenschaftler statische Magnetfelder von bis zu 35 Tesla nutzen – schon bald werden Felder von bis zu 45 Tesla verfügbar sein.

WARUM SIND DIE LABORE SO GROSS?

Egal ob Sie nach Nijmegen, Grenoble, Toulouse oder Dresden kommen, Sie werden große Gebäude voll mit ausgeklügelter Technik vorfinden. Hier wird nach winzigen Signalen in extrem kleinen Proben gefahndet – die Bohrungen innerhalb der Magnetspulen haben dabei einen Durchmesser zwischen fünf Millimetern und fünf Zentimetern. Das klingt nicht beeindruckend? Ist es aber! Um ein Magnetfeld zu erzeugen, das stark genug ist, einen Wassertropfen schweben zu lassen, braucht man in etwa die elektrische Leistung, die die Einwohner eines Stadtviertels oder einer Kleinstadt benötigen. Die Leistungselektronik nimmt entsprechend viel Platz in den Laboren ein.

Um zu verhindern, dass die Magnete, die die statischen Felder erzeugen, schmelzen, müssen außerdem riesige Wassermengen – etwa der Inhalt einer Badewanne pro Sekunde – durch sie hindurch gepumpt werden. Dies passiert bei Drücken, die für eine 300 Meter hohe Wasserfontäne reichen würden.

In den Pulsfeld-Laboren kühlt man die Spulen mit flüssigem Stickstoff auf eine Temperatur von minus 196 Grad Celsius.

In den Magnetkammern der EMFL-Labore in Dresden und Toulouse können Europas höchste gepulste Magnetfelder erzeugt werden.

© Uwe Totte

EMFL: ANTRIEBS-MOTOR FÜR WISSENSCHAFT UND WIRTSCHAFT

Um leistungsfähige Magnete und einzigartige Möglichkeiten der Energieversorgung entwickeln zu können, müssen kontinuierlich innovative technische Lösungen gefunden werden. In diesem Bereich haben die EMFL-Labore seit Jahren Maßstäbe gesetzt – weltweit. Jedoch nicht allein: Möglich wird das nur gemeinsam mit vielen regionalen und internationalen Partnern aus Industrie und Wissenschaft.

Die Herausforderungen, die die EMFL-Wissenschaftler und -Techniker überwinden müssen, sind oft am Rande des technisch Machbaren. Das zahlt sich aus: Das gewonnene Know-how kann für eine Reihe von High-Tech-Anwendungen eingesetzt werden – für Umformprozesse in der Industrie oder eine effizientere Nutzung von flüssigem Wasserstoff als Kraftstoff in den Ariane-Raketen. Darüber hinaus nutzen zahlreiche wissenschaftliche Institutionen die EMFL-Entwicklungen für ihre eigenen Forschungsprojekte – oft mit Technologien, die vor ein paar Jahren noch nicht denkbar gewesen wären.

WARUM ARBEITEN DIE WISSENSCHAFTLER MANCHMAL NACHTS?

Da für die Erzeugung der hohen statischen Magnetfelder sehr viel Strom benötigt wird, werden die Magnete oft nachts betrieben. Das verhindert Spannungsabfälle im Stromnetz der Umgebung.

Die Energie geht übrigens nicht komplett verloren, sondern wird als Wärme abgeführt und im Kühlsystem gespeichert. In Nijmegen wird damit beispielsweise die nahe gelegene Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität im Winter geheizt und im Sommer gekühlt.

Die Forscher, die in einem Pulsfeld-Labor arbeiten, tun dies normalerweise nicht nachts. Da ein Magnetfeldpuls nur wenige Millisekunden dauert, ist dies auch eine ziemlich günstige Angelegenheit. Das Aufladen der Kondensatoren, die die benötigten Energien speichern, dauert nur ein paar Minuten und kostet für die meisten Pulse gerade einmal zehn Cent.

EMFL: WISSENSCHAFT ZUM ANFASSEN

Was ist Magnetismus? Wie erzeugt man hohe Magnetfelder? Und wofür sind sie gut? Diesen und anderen Fragen stehen die EMFL-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler immer dann gegenüber, wenn sie ihre Türen für Schüler, Studenten und andere interessierte Gruppen öffnen. Mit Leidenschaft und Kreativität zeigen die Forscher den Besuchern ihre Arbeitsplätze, ihre riesigen Magnetspulen und spannenden Experimente. Das Ergebnis: viele beantwortete Fragen, viel Staunen und eine bessere Idee davon, was hinter der Forschungsarbeit steckt.

- Die EMFL-Labore begrüßen regelmäßig Schulklassen und Studentengruppen.
- Jedes zweite Jahr organisiert das Dresdner Hochfeld-Magnetlabor einen Tag der offenen Tür und nimmt jährlich an der »Dresdner Langen Nacht der Wissenschaften« teil.
- Jedes Jahr öffnen die Labore in Grenoble und Toulouse ihre Türen für die Öffentlichkeit während »La fête de la science«.
- Während »La nuit des chercheurs« stellen die Wissenschaftler aus Toulouse der Öffentlichkeit ihre Forschungsarbeiten vor.
- Das Labor in Nijmegen veranstaltet Führungen, präsentiert sich in vielen internationalen populärwissenschaftlichen Programmen (BBC, CNN, Eurochannel) zum Thema Magnetismus und bietet Vorträge an Schulen und für die Öffentlichkeit an.
- Ein Team von EMFL-Wissenschaftlern besucht regelmäßig Kindergärten und zeigt den Kleinsten spielerisch, was ein Magnet ist.

Offene Türen: Mitarbeiter der EMFL-Labore informieren mit Begeisterung Kinder, Schüler und alle Interessierten über ihre Arbeit und naturwissenschaftliche Phänomene.

© Stephan Floss

© Stephan Floss

© HZDR

© Dick van Aalst

HFML
Radboud Universiteit Nijmegen
Toernooiveld 7
6525 ED Nijmegen
Niederlande
www.ru.nl/hfml

© William Knafo

CNRS – Centre National
de la Recherche Scientifique
3, rue Michel-Ange
75794 Paris cedex 16
Frankreich
www.lncmi.cnrs.fr

LNCMI Toulouse
143 avenue de Rangueil
31400 Toulouse
Frankreich

© Aline Schwoob

LNCMI Grenoble
25 rue des Martyrs, B.P. 166
38042 Grenoble cedex 9
Frankreich

© HZDR

Helmholtz-Zentrum
Dresden-Rossendorf (HZDR)
Hochfeld-Magnetlabor
Dresden (HLD)
Bautzner Landstraße 400
01328 Dresden
Deutschland
www.hzdr.de/hld

Gefördert durch
die Europäische Union

SEVENTH FRAMEWORK
PROGRAMME

IMPRESSUM

Das Europäische Hochfeld-Magnetlabor entwickelt und betreibt Magnetfeld-Einrichtungen auf Weltklasse-Niveau, um sie für exzellente eigene und externe Forschungsvorhaben zu nutzen.

Der Vorstand des EMFL setzt sich zusammen aus: Jan Kees Maan (Direktor HFML und Vorsitzender), Geert Rikken (Direktor LNCMI) und Joachim Wosnitza (Direktor HLD).

Verantwortlich für den Inhalt:
Jan Kees Maan
(jc.maan@science.ru.nl)
Geert Rikken
(geert.rikken@lncmi.cnrs.fr)
Joachim Wosnitza
(j.wosnitza@hzdr.de)

Redaktion:
Iris Roggema, Hans Engelkamp (HFML)
Aline Schwoob, William Knafo, Benjamin Piot, Clément Faugeras (LNCMI)
Christine Bohnet,
Thomas Herrmannsdörfer (HLD)

Sara Schmiedel (verantwortlich)
Kommunikation EMFL
Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD) im HZDR
Bautzner Landstraße 400
01328 Dresden, Deutschland
Telefon: 0351 260 3326
Fax: 0351 260 2700
E-Mail: s.schmiedel@emfl.eu

Gestaltung:
OBERÜBER | KARGER
www.oberueber-karger.de

Druck:
WDS Pertermann
www.wds-pertermann.de

Auflage
1.500

Januar 2013

www.emfl.eu

www.emfl.eu