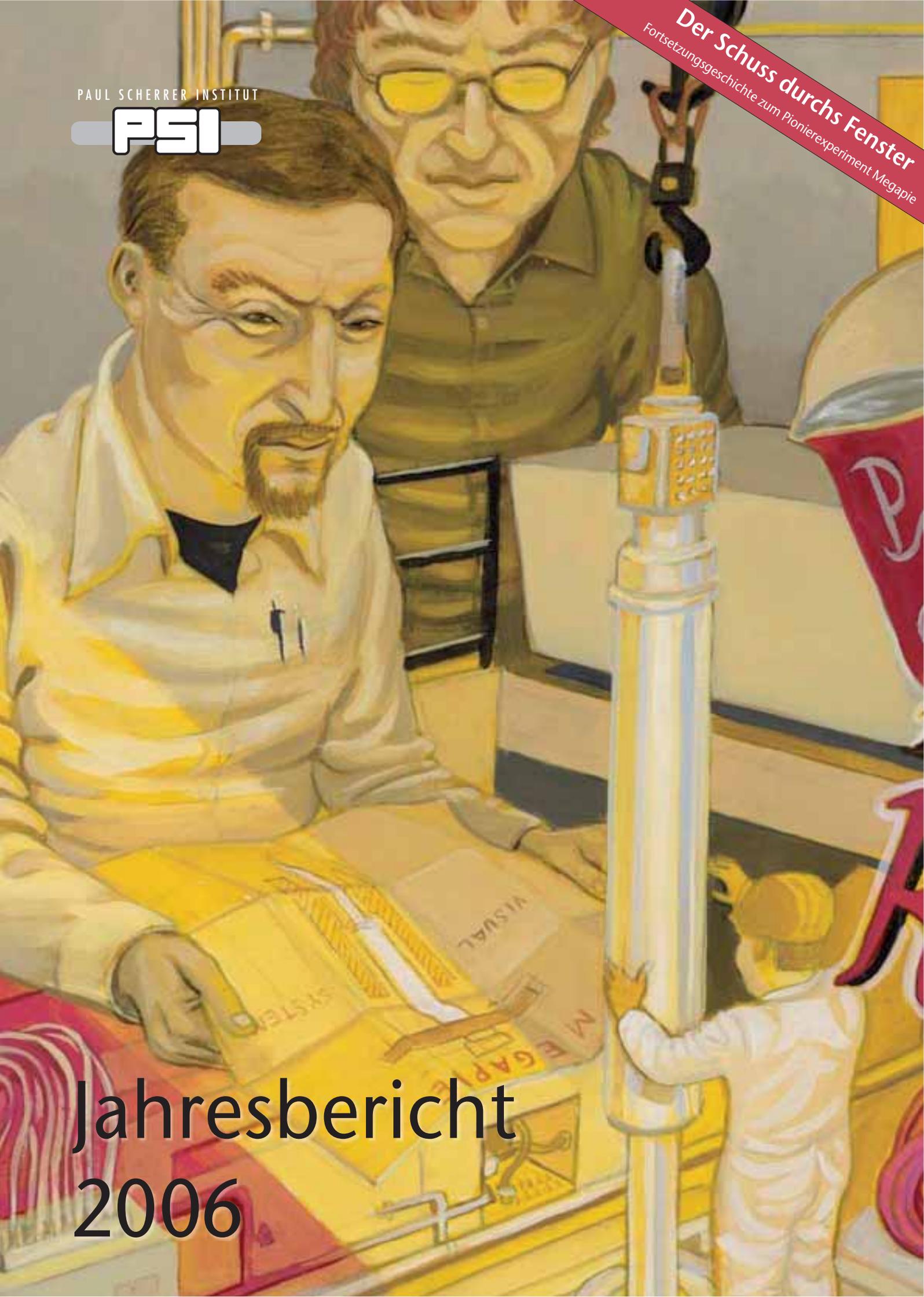


PAUL SCHERRER INSTITUT



Der Schuss durchs Fenster
Fortsetzungsgeschichte zum Pionierexperiment Megapie



Jahresbericht 2006



PAUL SCHERRER INSTITUT



Jahresbericht 2006

Impressum

PSI-Jahresbericht 2006

Herausgeber Paul Scherrer Institut

Konzeption und Redaktion Beat Gerber

Redaktionelle Mitarbeit Esther Schmid, Zürich

Fotos H.R. Bramaz, Béatrice Devènes,
Markus Fischer, Beat Gerber, Roland Keller

Gestaltung und Layout Irma Herzog

Bildbearbeitung Markus Fischer

Lektorat Evelyne Gisler

Produktion Luitgard Adrion

Abdruck mit Quellenangabe und
Belegexemplar erwünscht.

Abrufbar unter www.psi.ch

Zu beziehen bei

Paul Scherrer Institut
Kommunikationsdienste
5232 Villigen PSI, Schweiz
Telefon 056 310 42 61

Zusätzlich zum Jahresbericht 2006 (Deutsch)
ist für die Fachwelt der «PSI Scientific Report»
(Englisch) erhältlich. Weitere Informationen zu
Forschungsprojekten auf www.psi.ch.

Öffentlichkeitsarbeit pubrel@psi.ch

Verantwortlicher für Kommunikation

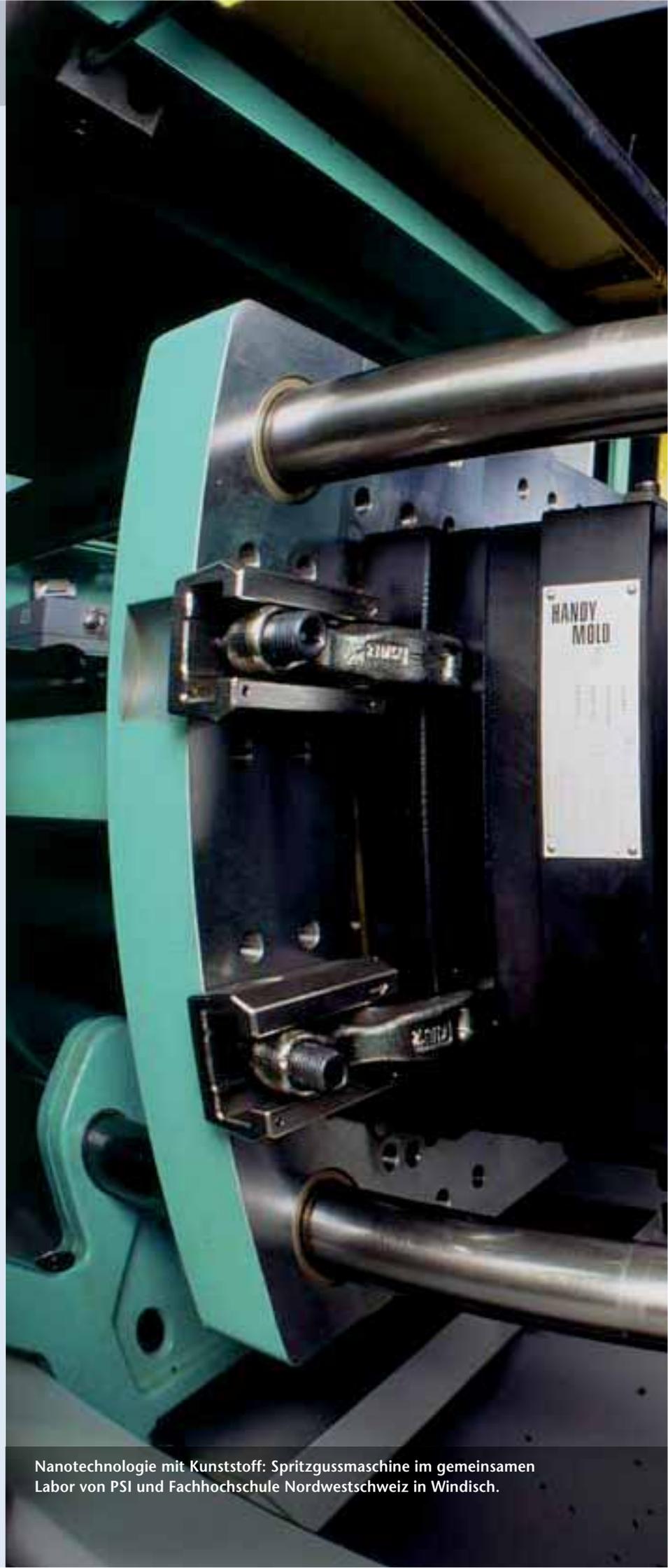
Beat Gerber
Telefon 056 310 29 16

psi forum – Das Besucherzentrum des PSI
Sandra Ruchti, Telefon 056 310 21 00
psiforum@psi.ch, www.psiforum.ch

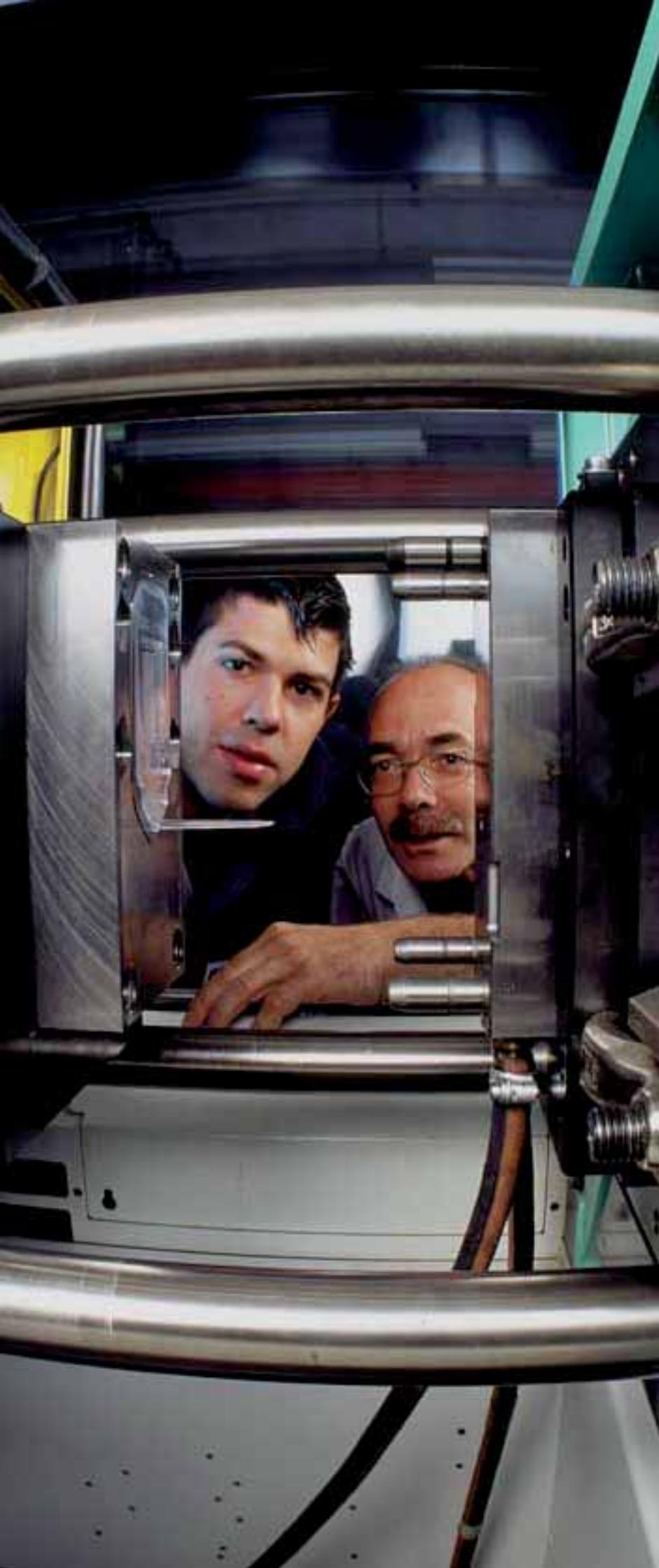
Paul Scherrer Institut, April 2007
ISSN 1423-7261

Umschlagbild

Szenen aus der Fortsetzungsgeschichte
«Der Schuss durchs Fenster» (Seiten 20, 30 und 40)
Illustration: Andreas Gefé



Nanotechnologie mit Kunststoff: Spritzgussmaschine im gemeinsamen Labor von PSI und Fachhochschule Nordwestschweiz in Windisch.



4 **Physikalische und emotionale Energie**

Vorwort des Direktors

6 **Highlights aus der Forschung**

Erfolge in Wissenschaft und Technik

20 **Der Schuss durchs Fenster (1):**

Zielscheibe mit kalten Füßen
Fortsetzungsgeschichte zum Pionierexperiment Megapie

22 **Verwertung von Wissen**

Das PSI im Kontakt zur Industrie

30 **Der Schuss durchs Fenster (2):**

Keine Spur von Neutronen
Fortsetzungsgeschichte zum Pionierexperiment Megapie

32 **Das internationale Labor**

Im Fokus der Statistik: Zahlen, Fakten & Finanzen

40 **Der Schuss durchs Fenster (3):**

Die Angst vor der Blamage
Fortsetzungsgeschichte zum Pionierexperiment Megapie (Schluss)

42 **Aus- und Weiterbildung**

Vielfältiges Angebot für Forschende und Berufsleute

50 **Ereignisse 2006**

Erstaunte Politiker und schwere Manöver

58 **Anhang: Organisation und Namen**

Organigramm, Forschungskommission und -komitees



«Visionen, Zukunftsglaube und Neugier sind Triebkräfte der Forschung», sagt PSI-Direktor Ralph Eichler.

Vorwort des Direktors

Kontakt: ralph.eichler@psi.ch

Alles eine Frage der Energie

Fragen rund um das Thema Energie beschäftigen die Gesellschaft ebenso wie das Individuum, die Wissenschaft ebenso wie die Wirtschaft. Während physikalische Energie Maschinen und Geräte antreibt, bewegt emotionale Energie den Menschen. Den Elektrizitätswerken und Ölgesellschaften muss bezogene Energie bezahlt werden und Mitarbeitende werden für geleistete Arbeit entlohnt. Wie aber kann ein Direktor die Leistung eines Instituts erhöhen bei gleichzeitig reduziertem «Energieinput», das heisst bei verringertem Globalbudget? Im ETH-Bereich haben wir als Lösung kurzfristig messbare Ziele definiert, arbeiten seit 2006 mit Zielvereinbarungen und einem geringen Anteil des Salärs als Leistungslohn.

Doch das reicht als Motivation für Höchstleistungen nicht aus. Forschung braucht mehr: Sie wird auch angetrieben von Visionen, Zukunftsglaube, Neugier und dem Wunsch, etwas zur Verbesserung der Welt beizutragen. Nicht immer wird der Traum von der bahnbrechenden Entdeckung oder der industriellen Anwendung wahr. Es braucht Hartnäckigkeit, Geduld und den Mut, unkonventionelle Wege zu beschreiten. Umso erfreulicher ist es, dass das PSI sich 2006 einer Reihe international beachteter Erfolge und technischer Durchbrüche erfreuen konnte, die als Visionen vor zehn oder mehr Jahren begonnen hatten. Diese Erfolge sind es, die unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter immer wieder motivieren, voller Energie neue Wege zu wagen.

Meilenstein Megapie

Für die Neutronenstreuung an der Spallations-Neutronenquelle SINQ war einer der Höhepunkte der viermonatige Betrieb eines Targets aus Flüssigmetall. Bei diesem Projekt namens Megapie wurde das Blei-Wismut-Target mit einem 800-Kilowatt-Protonenstrahl beschossen und so ein bis zu 80 Prozent höherer Neutronenfluss im Vergleich zum früheren Feststoff-Target erreicht. Alle SINQ-Instrumente konnten davon profitieren, auch das neue Spektrometer MARS.

Darüber hinaus ist Megapie ein technischer Meilenstein in der Entwicklung hochintensiver Neutronenquellen für die Umwandlung langlebiger Nuklearabfälle in kurzlebige Isotope. Diese Perspektive begründet das grosse Interesse vieler internationaler Partner aus Europa, Asien und den USA, die ideell und finanziell zum Erfolg beigetragen haben (Fortsetzungsgeschichte zu Megapie: Seiten 20, 30 und 40).

Sturm auf die SLS

An der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS wurden vergangenes Jahr weitere Messstationen in Betrieb genommen, so eine Strahllinie für Röntgen-Mikrotomografie in Kooperation mit der ETH Lausanne. Gemeinsam mit der Universität Erlangen und mit finanzieller Unterstützung des deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung hat das PSI die Mikroskopie-Linie POLLUX fertig gestellt sowie eine Station für Experimente zur zeitaufgelösten Strukturbestimmung, die



dazu 100 Femtosekunden (10^{-15} s) kurze, harte Röntgenpulse verwendet (Seiten 17, 52).

Enorm grossen Andrang von Nutzern verzeichnen die beiden zu den besten der Welt gehörenden Strahllinien für Protein-Kristallografie. Einen weiteren technischen Quantensprung erreichten wir hier in der Datenqualität. Installiert wurde der erste Pixeldetektor mit sechs Millionen Pixel, der die CCD-basierten Detektoren langfristig ablösen wird. Dahinter steht eine über zehnjährige Entwicklung von Spurendetektoren zum Nachweis geladener Teilchen in der Elementarteilchenphysik (Seite 26).

Erfreulich ist insbesondere die Tatsache, dass mit der Nutzung der SLS alle Bereiche des PSI einen Wettbewerbsvorteil erzielen – von der Biologie über die Aerosolforschung und Katalysatorentwicklung bis hin zum besseren Verständnis der Diffusion von radioaktivem Abfall in Endlagern.

Brisante Resultate und neue Professur

Das PSI erforscht teils selbstständig, teils mit Partnern aus dem ETH-Bereich und der Industrie, wie Energie effizienter umgewandelt werden kann. Ziel ist, den Primärenergieverbrauch wie auch die Schadstoffemissionen zu verringern (Seite 29). Ein politisch brisantes Resultat der PSI-Untersuchungen zu den Quellen von Feinstaub war der überaus grosse Anteil der Emissionen aus Holzfeuerungen (Seite 54).

Auch in der Protonentherapie gibt es technische Durchbrüche zu melden. Das neue

supraleitende Zyklotron COMET liefert einen stabilen Strahl an die Gantry 1 und die Patientenbehandlung konnte im Februar 2007 wieder aufgenommen werden (Seite 8). Auch wurde das PSI von der internationalen Wissenschaftsgemeinschaft zum Zentrum der Particle Therapy Co-Operative Group, kurz PTCOG, gewählt. Um die medizinische Forschung und den zugehörigen Unterricht zu verstärken, hat das PSI eine Professur mit der Universität Zürich geschaffen.

Das PSI kann stolz sein auf die Leistungen, die 2006 erbracht wurden. Deshalb möchte ich die Gelegenheit nutzen und mich bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, bei unsern Partnern an den Universitäten und Fachhochschulen sowie bei Bund und Kanton Aargau bedanken für die bereitgestellte Energie in Form von motivierter Forschung und Förderung unserer Vorhaben.

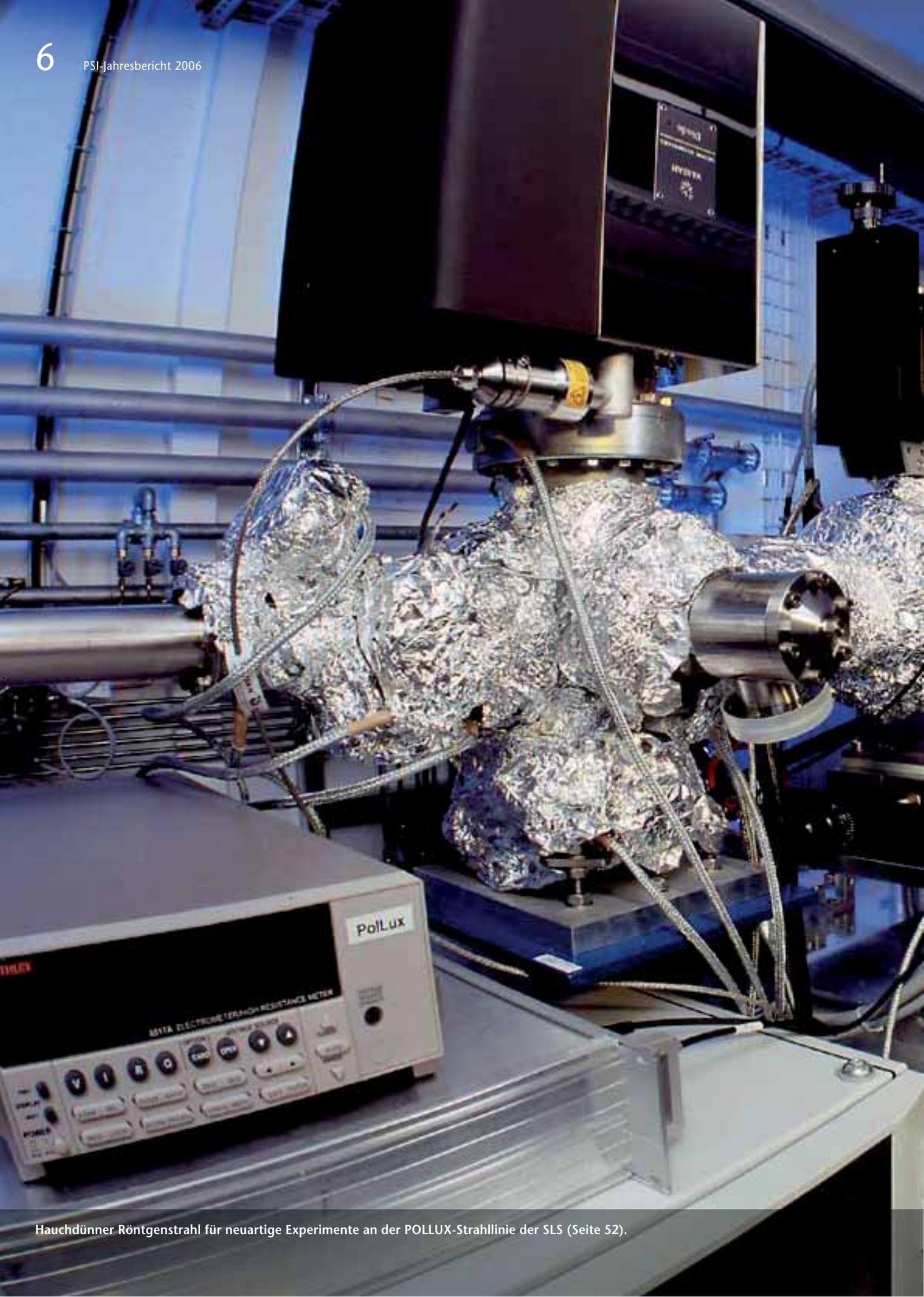
Ralph Eichler, Direktor

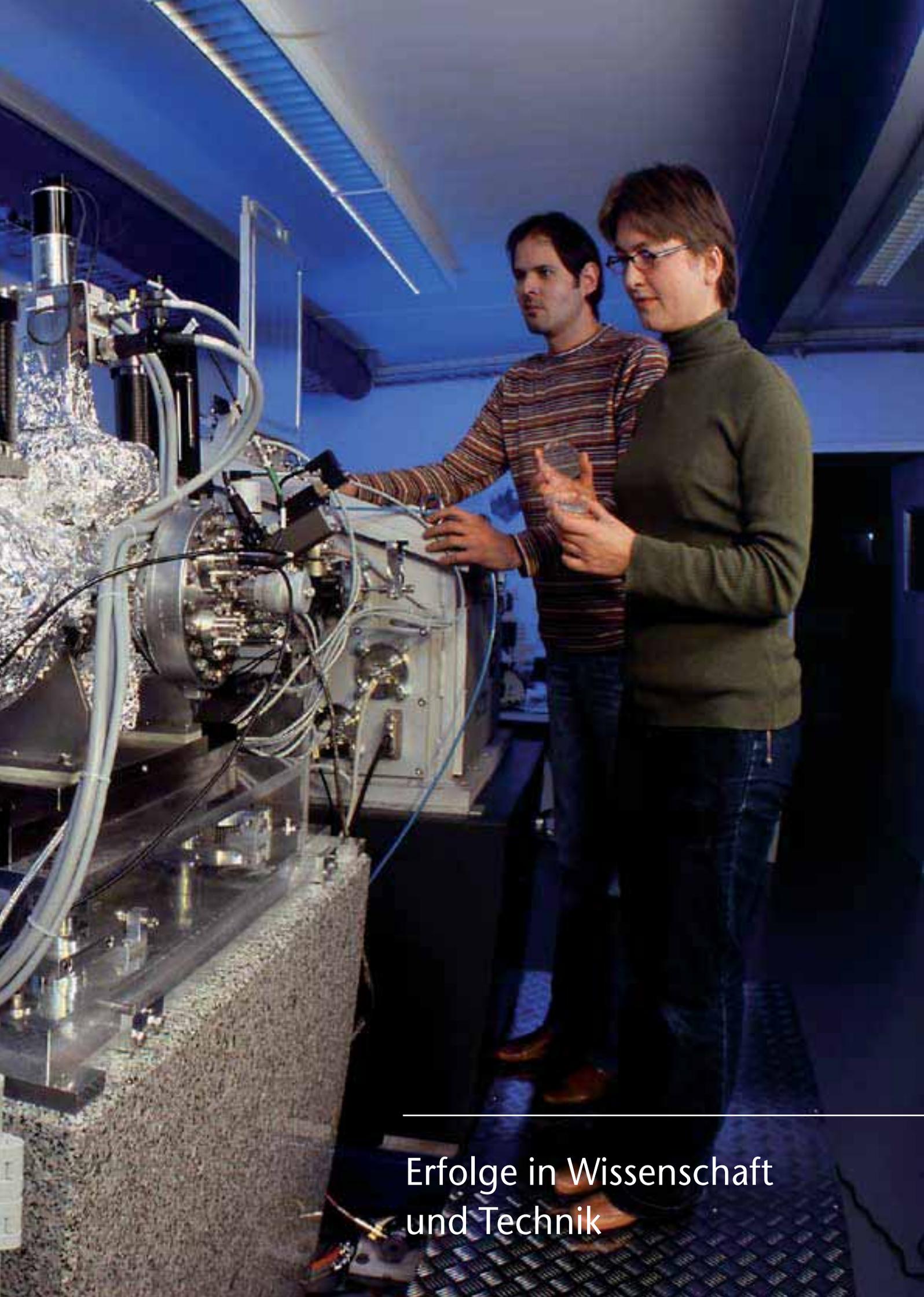
Das PSI in Kürze

Das Paul Scherrer Institut (PSI) ist ein multidisziplinäres Forschungszentrum für Natur- und Ingenieurwissenschaften. Zusammen mit in- und ausländischen Hochschulen, andern Forschungsinstituten und der Industrie arbeitet das PSI in den Bereichen Festkörper- und Materialforschung, Teilchenphysik, Biologie und Medizin, Energie- und Umweltforschung.

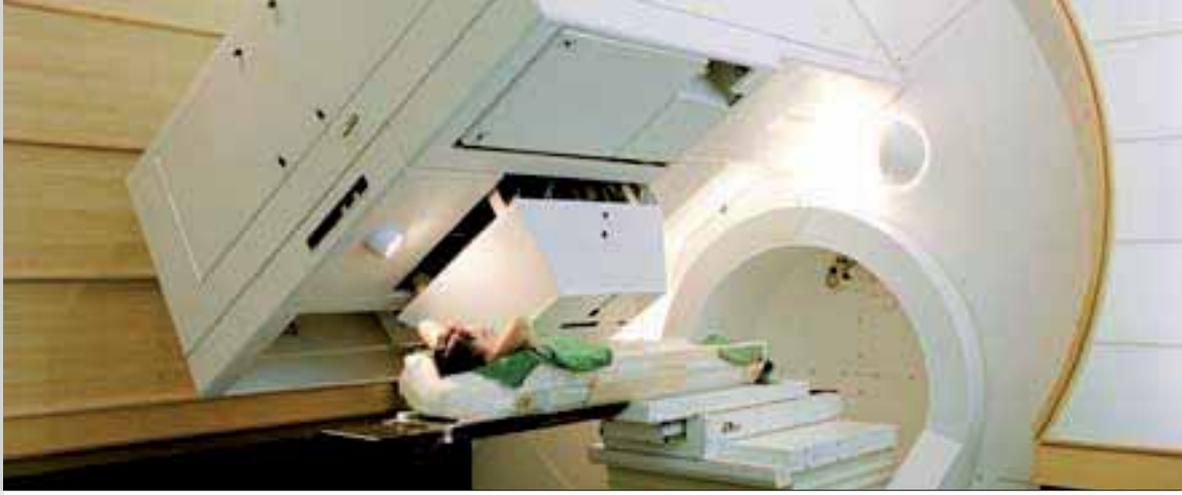
Das PSI will für die kommenden Generationen den Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung von Gesellschaft und Wirtschaft ebnen. Es engagiert sich für die Umsetzung neuer Erkenntnisse in der Industrie und bietet als internationales Kompetenzzentrum auch Dienstleistungen für Externe an.

Das PSI ist mit seinen 1300 Mitarbeitenden das grösste nationale Forschungsinstitut – und das Einzige seiner Art in der Schweiz. Es entwickelt, baut und betreibt komplexe Grossforschungsanlagen, die bezüglich Wissen, Erfahrung und Professionalität besonders hohe Anforderungen stellen. Für die Wissenschaftsgemeinschaft ist das PSI eines der weltweit führenden Benutzlabors.





Erfolge in Wissenschaft
und Technik



Diese drehbare Bestrahlungsanlage (Gantry) wird für die Protonentherapie am PSI benutzt.

Protonentherapie

www.protonentherapie.ch



Neue Professur

Eugen Hug ist der Leiter des neuen Kompetenzzentrums für Protonenstrahlentherapie am PSI und gleichzeitig der erste Professor für Protonen-Radiotherapie an der Universität Zürich. Der erfahrene Krebspezialist, geboren 1959, studierte Medizin an der Ludwig-Maximilians-Universität in München und war als Oberarzt an den zwei amerikanischen Protonentherapiezentren in Boston und Loma Linda tätig. Ab 2000 war er Chefarzt und Professor für Strahlentherapie am Dartmouth-Hitchcock Medical Center in New Hampshire (USA). Seine Forschungsschwerpunkte am PSI und an der Universität Zürich liegen bei der medizinischen Weiterentwicklung der Protonentherapie, um diese neuartige Therapieform auch weitem Tumorindikationen zugänglich zu machen.

Sanfte Krebsbekämpfung

Die Protonentherapie gilt in der Strahlenmedizin als vielversprechende, sanfte und hochpräzise Krebsbehandlung. Das PSI leistet seit über zwanzig Jahren Pionierarbeit in der Entwicklung dieser Technologie. Nun stehen weitere Fortschritte bevor.

Die Fachwelt hat ein deutliches Zeichen gesetzt, wie hoch sie die Forschungsqualitäten des PSI in der Protonentherapie einschätzt: Im Oktober 2006 beschloss die Internationale Dachorganisation für Protonentherapie, die Particle Therapy Co-Operative Group, ihren Sitz am PSI einzurichten. Das PSI besitzt die kompakteste Protonenstrahlen-Anlage weltweit und die Bilanz der seit 1984 erfolgten Behandlungen ist beeindruckend: Bei mehr als 4600 Patienten wurde ein Augentumor behandelt. In über 98 Prozent der Augenkrebstherapien konnte das Tumorwachstum gestoppt werden. 262 Patienten liessen seltene tief im Körper liegende Krebsgeschwülste bestrahlen. Die Erfahrungen stimmen zuversichtlich, dass sich die Protonentherapie auch erfolgreich bei häufigeren Krebsarten einsetzen lässt.

Schnell, präzise, schonungsvoll

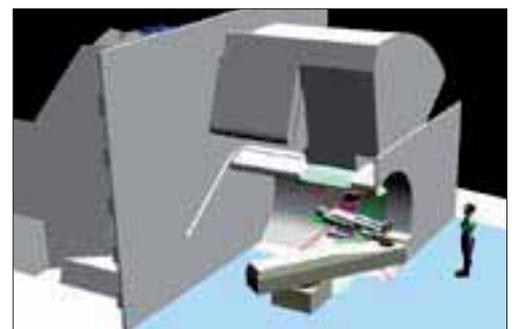
Die Vorteile der Protonentherapie sind bekannt: Das Tumolvolumen kann sehr präzise bestrahlt werden, dadurch bleibt das gesunde Gewebe geschont. Diese Präzision erklärt sich aus der Bestrahlungstechnik: Ein Zyklotron beschleunigt die positiv geladenen Protonen in elektrischen Feldern und lenkt sie mit Magneten zum Tumor. Dort stoppen sie und geben ihre Strahlendosis konzentriert ab. Die Strahlung zerstört die Zellkerne und verhindert die Ausbreitung der Krebszellen. Während gängige Bestrahlungstechniken den Protonenstrahl vor dem Patienten aufstreuen, arbeitet die Spot-Scanning-Technik des PSI mit

einem feinen Protonenstrahl, der den Tumor abscannt und viele einzelne Protonenpakete (sogenannte Spots) im Tumor platziert. Komplexe Tumoren nahe an kritischen Organen können so noch zielgenauer behandelt werden.

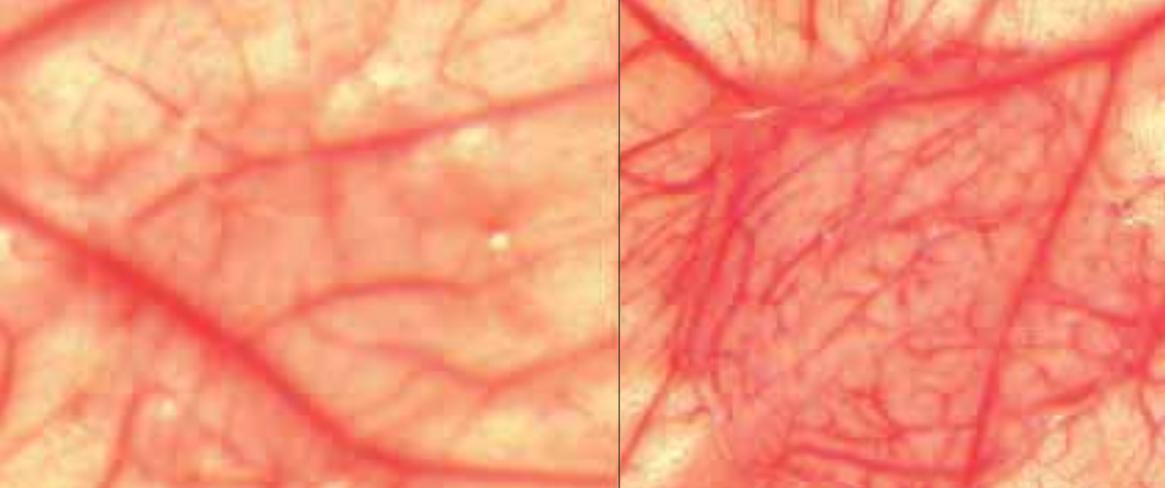
Erhöhung der Behandlungskapazität

2006 hat das PSI die Bestrahlungsanlage (Gantry) mit einem speziell für diese Therapie entwickelten Zyklotron ausgestattet und für den Ganzjahresbetrieb aufgerüstet: Bis Mitte 2008 richtet das PSI zusammen mit Partnern aus der Industrie eine zweite Gantry ein. Mit diesem Gerät der dritten Generation soll die Spot-Scanning-Technik so weiterentwickelt werden, dass sich auch Lungen- oder Brustkarzinome, die sich während der Bestrahlung bewegen, präzise bestrahlen lassen. Ab 2009 können jährlich bis 300 Patienten mit tief liegenden Tumoren behandelt werden. Dazu kommen etwa 250 Augenbestrahlungen.

In der Schweiz ist das PSI bis jetzt das einzige Protonentherapiezentrum. Seine eigentliche Kompetenz ist die Forschung. PSI und Medizinische Fakultät der Universität Zürich haben denn auch gemeinsam die erste Professur für Protonentherapie geschaffen.



Die neue Gantry wird die Spot-Scanning-Technik noch schneller und präziser anwenden können.



Der eingesetzte Wachstumsfaktor VEGF im Hühnerembryo führt zur Bildung zusätzlicher Blutgefässe (rechts).

Wie Zellen Blutgefässe bilden

Veränderungen der Blutgefässe spielen bei der Entstehung vieler Krankheiten eine wichtige Rolle. Ein internationales Forschungsteam hat am PSI herausgefunden, wie ein spezielles Molekül die gefässbildenden Zellen steuert, und damit einen entscheidenden Beitrag zur Entwicklung neuer Medikamente geleistet.

Alle Gewebe in höhern Organismen wie den Säugern werden aus vielen verschiedenen Zelltypen gebildet. Diese Zellen führen die Aufgaben aus, die ein Organ kennzeichnen. Endothelzellen zum Beispiel bilden die Wände der Blutgefässe, welche die Organe mit Sauerstoff versorgen und für die Zufuhr von Nährstoffen notwendig sind.

Die Instruktionen für die Ausführung der Aufgaben erhalten die Zellen vom umliegenden Gewebe. Dabei spielen direkte Zellkontakte und die Freisetzung von Substanzen wie Hormone und Wachstumsfaktoren eine Rolle. Das Verhalten von Endothelzellen wird von einem speziellen Molekül, dem sogenannten vaskulären endothelialen Wachstumsfaktor VEGF, gesteuert. Bei vielen Lei-

den im Zusammenhang mit veränderten Blutgefässen, etwa der Arteriosklerose, bei gewissen Formen von Erblindung, aber auch beim Wachstum und der Ausbreitung von Tumoren, hat der VEGF eine zentrale Funktion. Neue Therapieformen zielen deshalb darauf ab, die Wirkung von VEGF zu blockieren. Damit entsprechende Medikamente entwickelt werden können, muss der Wirkungsmechanismus des VEGF grundlegend verstanden werden.

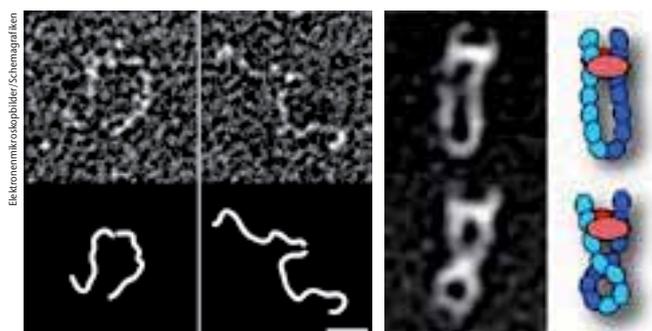
Zellen in Geweben, die an Sauerstoffarmut leiden, setzen VEGF frei. Dieser wird anschliessend zu den Zielzellen, hier also den Endothelzellen, transportiert, die das vom VEGF erzeugte Signal empfangen und interpretieren. Dazu bindet der VEGF an der Zelloberfläche an ein bestimmtes Eiweiss, einen sogenannten Rezeptor.

Die Experimente am PSI, ergänzt durch biochemische und zellbiologische Studien, haben gezeigt, dass diese Bindung die dreidimensionale Struktur der Rezeptormoleküle verändert (Grafik unten). Als Folge davon werden die Endothelzellen zum Abwandern und Wachsen angeregt und können so neue Blutgefässe bilden.

Molekularbiologie

<http://mcb.web.psi.ch>

Endothelzellen: Unabhängig von ihrem unterschiedlichen Aufbau sind alle Gefässe aus dem Herzkreislaufsystem mit einer einzelligen Lage von Endothelzellen ausgekleidet. Die Bedeutung dieses Zelltyps für den Gesamtorganismus zeigen folgende Zahlen: Die gut 10 000 Milliarden Endothelzellen eines Menschen wiegen rund 1 kg und die dabei mit dem Blut in Kontakt tretende Fläche beträgt 4000 bis 7000 m².



Veränderte 3-D-Struktur: Links zwei Strukturen des Rezeptors ohne gebundenen VEGF, dabei nehmen die Rezeptormoleküle sehr unterschiedliche Formen an. Rechts zwei Rezeptoren mit dem gebundenen VEGF (rotes Oval) mit klaren Strukturen.



Holz aus Schweizer Wäldern kann dazu beitragen, dass die vorausgesagte Stromlücke kleiner wird.

Erneuerbare Energie

<http://lem.web.psi.ch>

CO₂-neutrale Holzkraft

Eine Hochtemperatur-Brennstoffzelle kann aus Holzgas effizient und einfach Elektrizität erzeugen. Die weltweit ersten Versuche an einer Demonstrationsanlage zeigen ermutigende Resultate.

Keramische Brennstoffzellen können die chemische Energie brennbarer Gasgemische mit hohem Wirkungsgrad in Strom umwandeln. Solche Solid Oxide Fuel Cells (SOFC) werden bei 800 bis 900 Grad Celsius betrieben. Die bei diesen hohen Temperaturen anfallende Abwärme lässt sich in kleinen Anlagen für Heizzwecke, in Grossanlagen für den Antrieb von thermischen Maschinen zur zusätzlichen Stromerzeugung nutzen. Beim Projekt einer Holzgas-SOFC ist das folgende Problem zentral: Wie kann ein Holzvergaser so mit einer SOFC gekoppelt werden, dass ein Energiekonverter entsteht, der mit einem hohen Wirkungsgrad Biomasse in Strom umwandelt und gleichzeitig einfach im Betrieb ist.

Elektrizitätswirtschaft ist dabei

Am PSI wurde mit namhafter finanzieller Unterstützung durch den Axpo-Naturstrom-Förderfonds eine Anlage konzipiert und aufgebaut, wel-

che die gesamte Kette vom Holz bis zum Gleichstrom im Kilowatt-Massstab demonstriert. Die Anlage besteht aus einem einfachen Gegenstrom-Holzvergaser, der bei leichtem Überdruck mit Luft als Vergasungsmittel betrieben wird, einer Heissgasreinigung zur Entfernung von Partikeln und Schwefelverbindungen und einem kompakten industriellen Brennstoffzellenstapel.

Mit dieser praxisnahen Konfiguration führte das PSI 2006 die weltweit ersten Versuche durch, und dies mit Erfolg, wie die Resultate zeigen: Das teerbeladene Gas aus dem Gegenstromvergaser lässt sich im Brennstoffzellenstapel umsetzen. Der Zellstapel überstand 30 Stunden Betrieb mit Holzgas und wechselnden Betriebsbedingungen bei einer erfreulich geringen Leistungseinbusse von nur 6 Prozent. Deutlich wurden bei den Versuchen das Optimierungspotenzial des Gesamtsystems und die notwendigen Gasreinigungsschritte. Im Projekt Woodgas-SOFC des Kompetenzzentrums für Energie und Mobilität CCEM ist geplant, die Zusammenarbeit zwischen Experten der Hochtemperatur-Brennstoffzellentechnik, der Gasreinigung und der Biomassevergasung zu intensivieren, um die Technologiekonzepte weiterzuentwickeln.

Demoanlage mit Potenzial: Der Gegenstrom-Holzvergaser des PSI mit Holzsilos (rechts), Gasreinigung und (links) dem 1-Kilowatt-Brennstoffzellen-Modul (SOFC).





Mit der Versuchsanlage PANDA lässt sich die Sicherheit von Reaktorsystemen analysieren.

Passiv, und sicherer

Die sichere und langfristige Abfuhr der Nachzerfallswärme ist eine zentrale Aufgabe der Kernreaktorsicherheit. Seit 1995 werden in der Versuchsanlage PANDA am PSI solche Phänomene untersucht, speziell auch bei passiven Reaktorsystemen.

Untersuchungen zur Sicherheit von Kernreaktoren bilden einen Schwerpunkt der nuklearen Energieforschung des PSI. Diese Forschung genießt hohe Priorität, erlaubt sie es doch, an den neusten Entwicklungen nuklearer Sicherheit mitzuarbeiten und so an vorderster Front der Sicherheitstechnik zu bleiben. Mit der erworbenen Expertise können Betreiber wie Sicherheitsbehörden unterstützt werden, zudem lassen sich die neusten Erkenntnisse auf die Schweizer Werke anwenden.

Eine spezifische Charakteristik nuklearer Reaktoren ist die Nachzerfallswärme. Sie entsteht durch den spontanen Zerfall radioaktiver Produkte, die während des Betriebs durch die Kernspaltung erzeugt werden. Da Nachzerfallswärme selbst nach dem Abschalten des Reaktors anfällt, ist es nötig, spezielle Systeme zu installieren, die diese Energie auch bei Nichtbetrieb oder bei Störfällen aus dem Reaktorkern abführen.

Einzigartiger PANDA

Bei heutigen Reaktoren wird dieses Sicherheitsziel meist mit verschiedenen und für den Notfall mehrfach vorhandenen aktiven Systemen erreicht. Sie sind räumlich getrennt, aktiv gesteuert und werden mit Fremdenergie betrieben.

Neu entwickelte Reaktorkonzepte basieren ausschliesslich auf sogenannten passiven Sicherheitssystemen. Diese erfüllen ihre Sicherheitsfunktion ohne externe Energie, da bei ihnen Naturgesetze, Materialeigenschaften, technische Strukturen und prozessinterne Energie zusammenwirken.

Für Forschungsarbeiten in diesem Bereich verfügt das PSI über die grossmasstäbliche Versuchsanlage PANDA (Passive Nachwärmeabfuhr und Druckabbau). Zurzeit werden im Rahmen eines OECD-Projekts grundlegende Untersuchungen zur Thermohydraulik im Sicherheitsbehälter von nuklearen Reaktoren durchgeführt. Obwohl PANDA bezüglich Grösse und Konfiguration weltweit einzigartig ist, kann das integrale Verhalten eines realen Reaktors im Massstab 1:1 nicht reproduziert werden. Daher sind für die Sicherheitsuntersuchungen von Nuklearanlagen umfangreiche rechnergestützte Simulationen nötig. Ob sie richtig sind, muss mit PANDA-Versuchen überprüft werden.

Dank der internationalen Einbettung der nuklearen Sicherheitsforschung steht das PSI weltweit in Kontakt mit den Spezialisten der entsprechenden Fachgebiete. So werden die Resultate der PANDA-Untersuchungen nicht nur von Wissenschaftlern des PSI und der ETH Zürich, sondern auch von ausländischen Forschungszentren, Universitäten, Sicherheitsbehörden, Herstellern und Betreibern genutzt.



Passive Sicherheitssysteme, wie im PANDA simuliert, funktionieren ohne externe Energie.

Nuklearenergie

<http://nes.web.psi.ch>

FRAUEN IN DER FORSCHUNG



Ines Günther-Leopold
*1969, Chemikerin

«In der Schule war ich immer mehr an Naturwissenschaften als an Sprache oder Geschichte interessiert. Es war für mich daher ganz selbstverständlich, Chemie zu studieren. Jetzt arbeite ich in der Energieforschung mit Physikern, Chemikern, Ingenieuren und Materialwissenschaftlern zusammen. Diese multidisziplinäre Zusammensetzung inspiriert mich. Es ist spannend zu sehen, wie jeder von uns anders denkt und die Probleme aus verschiedenen Winkeln angeht. Das zwingt mich immer wieder, über meinen Horizont hinauszusehen. Schade, dass in der Schule nach wie vor das Bild entsteht, Mädchen würden besser Sozialwissenschaften wählen, denn Physik, Chemie und Ingenieurwesen sei für die Knaben bestimmt. Ich wünsche mir, dass sich das ändert.»



Fotovoltaik wird zwar in Zukunft wesentlich billiger, bleibt aber die teuerste Stromerzeugungsart.

Schweizer Strom

<http://lea.web.psi.ch>

Was kostet Nachhaltigkeit?

Wie lässt sich in Zukunft die Stromversorgung der Schweiz nachhaltig gestalten? Eine Studie kommt anhand ökologischer, ökonomischer und sozialer Kriterien zum Schluss, dass die Antwort von Bewertungsmethoden und Prioritäten mitgeprägt ist.

Das vom Energieversorger Axpo geleitete Projekt hatte das Ziel, heutige und zukünftige Stromerzeugungstechnologien interdisziplinär zu bewerten. Dazu wurden 75 Kriterien definiert und für die Jahre 2000 und 2030 quantifiziert. Die Vollkosten der Stromerzeugung sind ein möglicher Indikator, um die Nachhaltigkeit eines Energiesystems zu bewerten. Sie umfassen die internen Produktionskosten und die externen Kosten aus Gesundheits- und Umweltschäden.

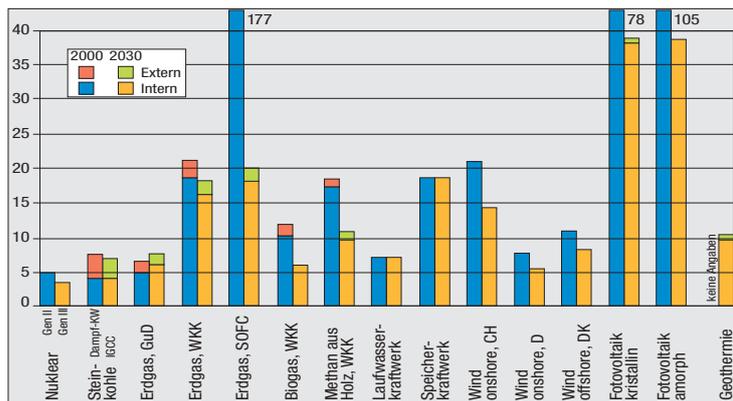
Ob heute oder 2030: Die tiefsten Vollkosten weist die Kernenergie auf. Mit Ausnahme der Wasserkraft werden erneuerbare Energien wie Fotovoltaik und Windkraft bis 2030 deutlich günstiger. Das heisst, einige der heute teuren Alternativen wie die Biogasnutzung werden in Zukunft konkurrenzfähig. Berücksichtigt man die externen Kosten, erhöht sich die Wettbewerbsfähigkeit der Erneuerbaren und der Kernenergie gegenüber fossilen Kraftwerken.

Neben der Modellierung der Kraftwerke und der zugehörigen Brennstoffketten war das PSI bei diesem Projekt für den gesamten Bereich Ökologie sowie für die Untersuchung zahlreicher sozialer und ökonomischer Kriterien verantwortlich. In den Bereich Ökologie gehören zum Beispiel Treibhausgasemissionen, Ressourcen-Verbrauch, Schäden an Ökosystemen und radioaktive Abfälle. Basis für die ökologischen Kriterien bildeten Lebenszyklusanalysen (LCA). Zu den ökonomischen und sozialen Kriterien gehören die Ermittlung von Stromgestehungskosten sowie der Schäden für die menschliche Gesundheit bei Normalbetrieb und bei schweren Unfällen. Die Quantifizierung der Gesundheits- und Umweltschäden beruht auf standortspezifischem Impact Assessment.

Auch politische Stabilität ist ein Kriterium

Zur alternativen Quantifizierung eines aggregierten Nachhaltigkeits-Indikators wurde ein Modell entwickelt, das auf der MCDA-Methode (Multi Criteria Decision Analysis) basiert. Das vollständige MCDA-Modell mit allen 75 Indikatoren beinhaltet auch nicht monetär quantifizierbare Kriterien wie Risikowahrnehmung und politische Stabilität. Da dieses Modell die einzelnen Kriterien gewichtet, können individuelle Präferenzen bzw.

Vollkosten der Stromerzeugung (in Rp./kWh): Nukleare, fossile und erneuerbare Energiesysteme 2000 und 2030 im Vergleich (Gen II/III = Reaktor der 2. bzw. 3. Generation; IGCC = Kraftwerk mit integrierter Kohlevergasung; GuD = Gas- und Dampfkraftwerk; WKK = Wärme-kraftkopplung; SOFC = Festoxid-brennstoffzelle).



solche von Gruppen berücksichtigt werden, was die Resultate stark beeinflusst. Neben dem PSI waren die Universität Stuttgart, das Centre for Energy Policy and Economics (CEPE) der ETH Zürich und BAK Basel Economics an der Studie beteiligt.



Mit diesem Gerät wird auf dem Jungfrauoch die Verteilung verschieden grosser Aerosole gemessen.

Luftige Rätsel

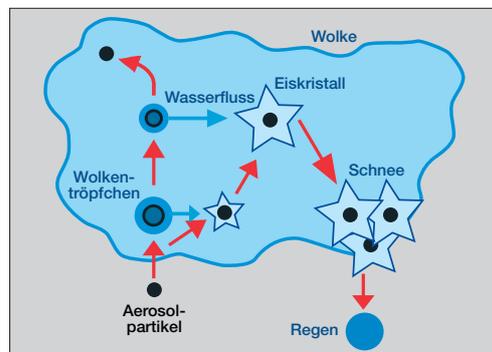
Welchen kühlenden Einfluss auf die Atmosphäre haben Aerosolpartikel? Das ist eine der grossen Fragen bei den Klimamodellen. Das PSI-Labor für Atmosphärenchemie hat dazu erste Antworten geliefert.

Aerosole sind kleinste Partikel in der Luft. Sie sind chemisch äusserst komplex, haben verschiedenste Quellen und ändern im Lauf der Zeit ihre Eigenschaften, zum Beispiel ihre Grösse, das Wasser-aufnahmevermögen oder die Flüchtigkeit. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass die Aerosole – im Gegensatz zum aufheizenden Effekt der Treibhausgase – insgesamt kühlend wirken, indem sie direkt oder indirekt einen grossen Teil der einfallenden Sonnenstrahlung reflektieren. Doch nach wie vor stellen die winzigen Aerosole bei der Beurteilung der verschiedenen Faktoren, welche die Strahlungswirkung der Sonne beeinflussen, eine der grössten Unsicherheiten dar. Am unsichersten scheint der sogenannte indirekte Aerosoleffekt zu sein, bei dem die von Menschen verursachten Aerosolpartikel die mikrophysikalischen Eigenschaften von Wolken beeinflussen.

Um den indirekten Aerosoleffekt besser zu verstehen, muss erforscht werden, welche Prozesse zur Bildung von unterkühlten Wolkentröpfchen und welche zur Bildung von Eiskristallen in Mischphasen-Wolken führen. Je nach Zusammensetzung kühlen diese Wolken die Atmosphäre unterschiedlich stark ab, indem sie das einfallende Sonnenlicht in unterschiedlichem Mass zurück in den Weltraum streuen. Kenntnisse über die Entstehung von Eiskristallen sind zudem wichtig im Zusammenhang mit der Niederschlagsbildung, da in unsern Breiten der Regen (auch im Sommer) via Eisphase entsteht. Die Eisbildung beeinflusst dadurch die Lebenszeit der Wolken in der Erdatmosphäre.

Menschengemachtes Wolkeneis

Ein internationales Forschungsteam unter der Leitung des Labors für Atmosphärenchemie sucht mit Intensiv-Messkampagnen auf dem Jungfrauoch in einer Höhe von 3580 Metern über Meer Antworten auf diese komplexen Fragen. Bisher konnte gezeigt werden, dass praktisch alle (wasserlöslichen) Aerosolpartikel mit Durchmessern grösser als 100 Nanometer (= 0,0001 Millimeter) als Kondensationskeime für Wolkentröpfchen wirken. Für die Eisbildung hingegen sind ganz andere Partikeleigenschaften wichtig: Die chemischen Analysen der seltenen Eiskeime zeigen, dass sie vorwiegend aus Mineralstaub und Russpartikeln bestehen. Da Russ ausschliesslich aus anthropogenen Quellen stammt und zudem klimaverändernd wirkt, ist die Quantifizierung des Eisbildungspotenzials der Russpartikel eine wichtige Grösse. Diese Resultate fliessen bereits in die Klimamodelle der ETH Zürich ein.



Atmosphärische Aerosole bestimmen die Aufteilung zwischen flüssigem und gefrorenem Wasser in Mischphasen-Wolken, indem sie als Keim für die Bildung von Wolkentröpfchen und Eiskristallen dienen. In solchen Wolken kann der Bergeron-Findeisen-Prozess stattfinden: Wasserdampf geht von den Tröpfchen zum Eis und lässt die Eiskristalle wachsen. Wenn sie genügend gross sind, beginnen sie zu fallen, kommen in wärmere Luftschichten und schmelzen schliesslich zu Regentropfen.

Umweltforschung

<http://lac.web.psi.ch>,
<http://lch.web.psi.ch>



Fotochemische Luftverschmutzung

Sonne, Erdboden und Autoabgase: Dieser reaktive Mix beeinflusst die Chemie der bodennahen Atmosphäre und verstärkt unter anderem die Bildung von Ozon und Feinstaub. Gemeinsam mit deutschen und französischen Kollegen haben Wissenschaftler am PSI in Laborversuchen entdeckt, dass die Aktivierung von Bestandteilen des Erdbodens die Bildung eines Vorläufers von OH-Radikalen (salpetrige Säure) beschleunigt. Die durch OH-Radikale ausgelösten chemischen Reaktionen führen in verschmutzter Luft zum sogenannten Sommersmog, der für das häufige Überschreiten des Ozonegrenzwerts verantwortlich ist.



Bildhaftes Periodensystem: Mitten im «Meer der Instabilität» liegt die «Insel der superschweren Elemente».*)

Radiochemie

<http://lch.web.psi.ch>

FRAUEN IN DER FORSCHUNG



Helena van Swygenhoven
*1955, Nanoforscherin

«Ausgebildet als experimentelle Materialwissenschaftlerin lernte ich, wie man Computersimulationen durchführt. Dabei nahm ich das Notebook nach Hause, so dass ich, falls nötig, auch daheim arbeiten konnte. Die Kombination von Simulationen auf Grosscomputern und Experimenten über das mechanische Verhalten von Nanostrukturen in der SLS ist eine spannende Herausforderung. Ebenso wie meine Karriere hin zur Gruppenleiterin und Titularprofessorin an der ETH Lausanne, die ohne die Unterstützung durch Marie-Heim-Vögtlin-Förderbeiträge des Schweizerischen Nationalfonds nicht möglich geworden wäre. Berufstätige Eltern haben viele logistische Probleme. Teilzeitstellen sind daher absolut notwendig – nicht zuletzt, um zwischen Berufs- und Privatleben eine gute Balance zu finden.»

Auf der superschweren Insel

Einem internationalen Forschungsteam mit wesentlicher Beteiligung des PSI und der Universität Bern ist es gelungen, zwei Atome des künstlichen Elements 112 chemisch zu untersuchen. Damit haben sich die Wissenschaftler erstmals experimentell auf der Insel der superschweren Atomkerne im Periodensystem bewegt.

«Wir sind erfolgreich auf der Insel gelandet», sagen freudig die beiden Initiatoren des Projekts, Heinz Gägger, PSI-Forschungsbereichsleiter und Chemieprofessor an der Universität Bern, und Robert Eichler, Leiter der Schwerelementforschung am PSI. Schon seit einigen Jahren produzieren Physiker am russischen Kernforschungszentrum Dubna in Kernfusionsreaktionen neue Isotope, die sie aufgrund ihrer radioaktiven Zerfallseigenschaften der theoretisch vorhergesagten Insel der superschweren Atomkerne zuordnen. Doch bisherige Versuche in den USA, diese Entdeckungen experimentell zu bestätigen, schlugen fehl.

Das internationale Team mit Forschern des PSI und der Universität Bern hat im Rahmen eines vom Schweizerischen Nationalfonds unterstützten Projekts nun einen Durchbruch geschafft. Mitgearbeitet haben auch Wissenschaftler aus dem Dubnaer Kernforschungszentrum und dem Institut für Elektronische Technologie in Warschau. Während zweier Monate wurde in Dubna ein Target aus Plutonium mit hochintensiven Strahlen aus Kalzium bombardiert. Daraus bildete sich in einer Kernfusionsreaktion zuerst ein Isotop des Elements 114 mit der Massenzahl 287, das in weniger als einer Sekunde in das Isotop 283 des Elements 112 zerfällt. Dessen Halbwertszeit von 4 Sekunden ist aber genug lang, um chemische Untersuchungen durchzuführen. Mit dem Kern-

reaktionsexperiment wollte das Team die Entstehung des neutronenreichen Isotops von Element 112 erstmals unabhängig bestätigen und gleichzeitig das Atom chemisch untersuchen. Theoretischen Berechnungen zufolge bewegt sich das chemische Verhalten von Element 112 zwischen dem von Quecksilber (flüchtiges Schwermetall) und demjenigen von Radon (Edelgas).

Beobachtungen bestätigt

Am 11. Mai 2006 gegen drei Uhr früh und am 25. Mai um halb neun Uhr morgens Moskauer Zeit gelang es, den Zerfall zweier Atome von Element 112 zu verfolgen, wobei die Zerfallscharakteristik eindeutig mit den bisherigen Beobachtungen übereinstimmte. Die Atome des Elements 112 zerfielen durch Emission eines Alphateilchens in das Isotop des Elements 110 mit der Massenzahl 279, das etwa eine halbe Sekunde später durch eine spontane Kernspaltung zerplatzte.

Die gemessene Energie der beiden Bruchstücke aus der Kernspaltung war wie erwartet erheblich grösser als die entsprechende Energie aus der bekannten Kernspaltung von Uran, wie sie in jedem Kernkraftwerk genutzt wird. Interessant waren die Ergebnisse der chemischen Versuche: Die zwei Atome vom Element 112 verhielten sich im Experiment ähnlich wie Quecksilber, also wie ein flüchtiges Schwermetall und nicht wie das Edelgas Radon. Diese erste wissenschaftliche «Expedition» auf die Insel der superschweren Elemente war in jeder Hinsicht ein Erfolg und wurde im renommierten Journal «Nature» publiziert.

*) Oben abgebildet sind die bekannten Elemente in Form einer Hügelkette. Kernphysikalisch besonders stabile Elemente sind dargestellt als Bergspitzen. Die in Wolken gehüllte Insel ist die seit 40 Jahren theoretisch vorhergesagte Zone der superschweren Elemente. Der Pfeil zeigt auf das Element 112, mit dem nun erstmals chemische Untersuchungen durchgeführt wurden.



Supraleiter-City – noch ist diese Hightech-Metropole eine Science-Fiction.

Unverstandene Materialien

Mit höchst empfindlichen Mikrosonden haben PSI-Forschende aufschlussreiche Einblicke in die Supraleitung und den Magnetismus an Oberflächen gewonnen.

Hauchdünne Schichten magnetischer und supraleitender Materialien sind von zunehmender wissenschaftlicher und technologischer Bedeutung. Die Werkstoffe offenbaren eine extreme Vielfalt physikalischer Phänomene, die es ermöglicht, sie für verschiedene technologische Anwendungen masszuschneiden. Wichtig ist dabei die Frage, wie homogen ihre Eigenschaften sind.

Das PSI bietet eine weltweit einzigartige Möglichkeit, den Magnetismus im Innern dünner Filme mit niederenergetischen Myonen zu untersuchen. Diese kurzlebigen Teilchen sind mikroskopische magnetische Sonden, die sich in beliebiger Tiefe unter der Probenoberfläche platzieren lassen. Auf diese Weise lassen sich in der Probe lokale magnetische Eigenschaften als Funktion der Tiefe bestimmen.

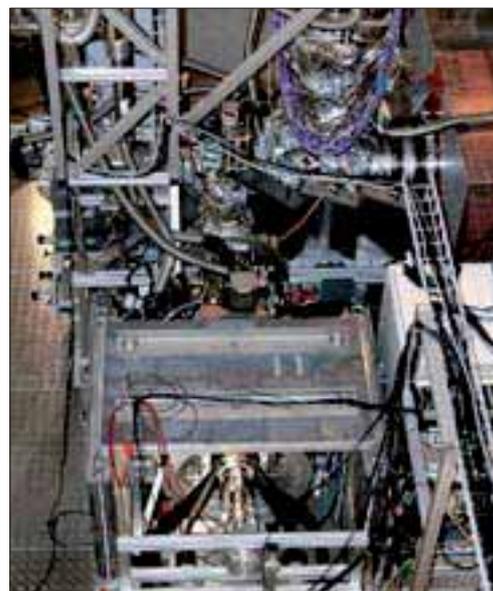
Wandlungsfähig und widerstandslos

Eine interessante Anwendung dieser Messmethode ist das Studium von Hochtemperatur-Supraleitern. Diese speziellen Materialien werden bei einer relativ «hohen» Temperatur (derzeit bei minus 135 Grad) supraleitend, was sie für technologische Anwendungen prädestiniert. Aber sie zeigen ein extrem vielfältiges und komplexes physikalisches Verhalten, das theoretisch noch nicht verstanden wird. So können diese Materialien zum Beispiel durch kleine Modifikationen in der Zusammensetzung zu geordneten Magneten, zu ungeordneten Magneten oder zu Supraleitern werden.

Dieses Phänomen ist auch deshalb bemerkenswert, weil in herkömmlichen Supraleitern magnetische Verunreinigungen den verlustfreien Strom-

transport ganz unterdrücken können. Doch Supraleiter leiten nicht nur widerstandslos elektrischen Strom, sie zeigen zudem den sogenannten Meissner-Ochsenfeld-Effekt. Das heisst, sie lassen ein äusseres Magnetfeld nur bis zu einer gewissen Tiefe in ihr Inneres eindringen.

Niederenergetische Myonen erlauben es, diesen Abschirmeffekt lokal in verschiedenen Tiefen eines supraleitenden Films zu messen und damit einen supraleitenden Zustand nachzuweisen. Dabei zeigt sich im selben Material lokal ein enges Nebeneinander von Magnetismus und Supraleitung, das auf mögliche Gemeinsamkeiten der beiden Phänomene schliessen lässt. Diese Ergebnisse sind unentbehrlich bei der Interpretation von Experimenten, die dem bisher unerklärten Mechanismus der Supraleitung auf die Spur kommen wollen.



Myonen-Experimentieranlage zur Untersuchung tiefenabhängiger Magnetfelder im Nanometerbereich.

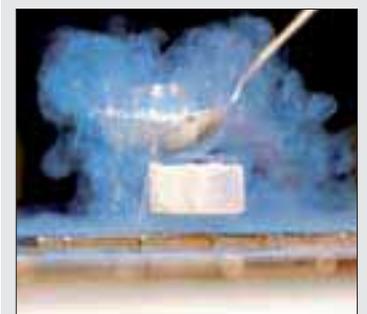
Supraleiter

<http://lmu.web.psi.ch>

Myon: Dem Elektron ähnliches Elementarteilchen, aber 207-mal schwerer als dieses und nicht stabil.

SμS: Die Schweizer Myonenquelle SμS erzeugt Myonen durch Beschuss von Kohlenstoff mit dem Protonenstrahl (Seite 39).

1 Nanometer (nm) ist
1 Milliardstel Meter oder
1 Millionstel Millimeter (10^{-9} m).



Meissner-Ochsenfeld-Effekt: Ein mit flüssigem Stickstoff gekühlter Supraleiter verdrängt das Magnetfeld aus seinem Innern. Der dabei entstehende magnetische Druck lässt die Scheibe schweben.



Der Nanokonverter wird an der TOMCAT-Strahllinie direkt hinter der Probe (roter Pfeil) montiert.

Hightech

<http://ami.web.psi.ch>

1 Nanometer (nm) ist
1 Milliardstel Meter oder
1 Millionstel Millimeter (10^{-9} m).

10 Nanometer nach links!

Aus Büros und Werkstätten des PSI kommt Präzisionsmechanik vom Feinsten. Dank dem patentierten Nanokonverter entstehen Röntgenbilder mit erstaunlich hohem Kontrast.

Bei herkömmlichen Röntgenbildern beruht der Kontrast auf den unterschiedlichen Durchlässigkeiten des Objekts. Ein am PSI entwickeltes Interferometer nutzt hingegen die Phasenverschiebung der Röntgenwellen, um den Kontrast schwach absorbierender Objekte zu verbessern. Diese Phasenkontrast-Methode ergibt erheblich bessere Bilder, die in der Medizin und in vielen andern Gebieten von Nutzen sein können.

Damit das Verfahren optimal funktioniert, müssen die einzelnen Komponenten genauestens gefertigt und aufeinander abgestimmt sein. Besonders heikel sind die zwei äusserst feinmaschigen Beugungsgitter, mit denen der dünne Röntgenstrahl aufgeteilt und wieder überlagert wird, so dass schliesslich der gewünschte Effekt entsteht. Für Phasenkontrast-Aufnahmen müssen die Gitter höchst präzise aufeinander ausgerichtet werden.

Um ein Beugungsgitter horizontal in Nanometer-Schritten zu bewegen, also im Bereich eines Millionstel Millimeters zu verschieben, hat die Abteilung Maschineningenieur-Wissenschaften des PSI einen sogenannten Nanokonverter entwickelt und gebaut. Installiert und getestet wurde das präzisionsmechanische System an der TOMCAT-Strahllinie der SLS, wo auch Phasenkontrast-Untersuchungen durchgeführt werden (Seite 52).

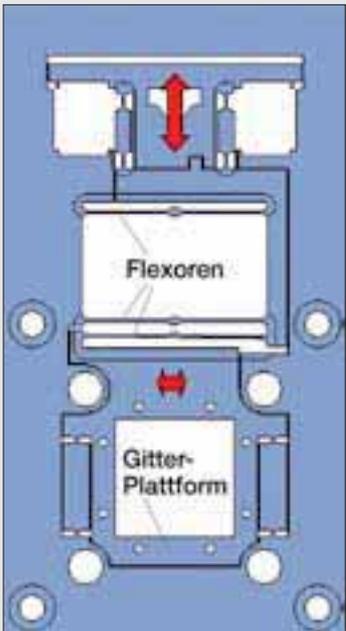
Drehung unerwünscht

Der Nanokonverter ist im Prinzip eine mechanische Untersetzungseinheit mit einem fixen Untersetzungsfaktor von 100. Wenn der Schrittmotor den Konverter um einen Tausendstel Millimeter nach unten drückt oder nach oben zieht,

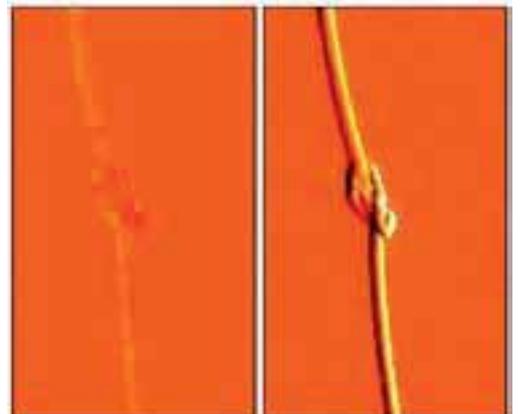
verschiebt sich die Plattform mit dem Beugungsgitter horizontal um 10 Nanometer nach links respektive nach rechts. Der raffinierte Mechanismus verhindert gleichzeitig störende Drehbewegungen. Dies ist sowohl rechnerisch wie durch Messungen belegt.

Unermüdliche Federn

Das Herzstück des patentierten Converters aus Edelstahl bildet die Zwischenplattform mit ihren flexiblen Strukturen. Diese Flexoren gewährleisten die geforderte Untersetzung (1:100) und die Umsetzung der vertikalen in die horizontale Bewegung ohne unerwünschte Rotation. Sie wirken wie Federn, arbeiten jedoch absolut spielfrei. Gefertigt wurde die 10 cm hohe Einheit aus einem Stück mittels Drahterosion, bei der ein kleines Plasma das Material exakt nach Plan abträgt. Grössere Versionen für den Converter sind bereits in Entwicklung.



Mechanik mit höchster Präzision: Die untere Plattform (mit dem Beugungsgitter) des Converters kann sich schrittweise um wenige Nanometer horizontal bewegen.



Röntgenradiografie eines menschlichen Haars (mit Knoten): links aufgenommen im herkömmlichen Absorptionskontrast, rechts im Phasenkontrast.



Die ultraschnelle Röntgenquelle im SLS-Speicherring ermöglicht neuartige Experimente.

Wenn der Laser sägt

In der SLS ging die weltweit erste Femtosekunden-Undulatorquelle im Ångströmbereich in Betrieb. Mit dieser Anlage, die als Vorstufe des Freie-Elektronen-Lasers gilt, lassen sich schnellste Prozesse in atomarer Auflösung studieren. Damit eröffnen sich neue Forschungsgebiete in Festkörperphysik, Chemie und Biologie.

Schon lange träumen Physiker davon, durch simultane Ort- und Zeitmessung mikroskopische Prozesse auf atomarer Ebene vierdimensional abzubilden. Mit dem Bau einer Lichtquelle, die ultrakurze Röntgenblitze im Ångströmbereich liefert, hat das PSI einen ersten wichtigen Schritt in diese Richtung getan. Gelungen ist er durch die Kombination von Undulator- und Lasertechnologie, wie sie auch zukünftigen Freie-Elektronen-Laser zugrunde liegt (Seite 18). Noch wird es einige Jahre dauern, bis eine solche Anlage zur Verfügung steht. Bereits heute sind aber an der SLS dank der durchstimmbaren Röntgenquelle erste Experimente zur ultraschnellen Dynamik in Festkörpern und kondensierter Materie möglich.

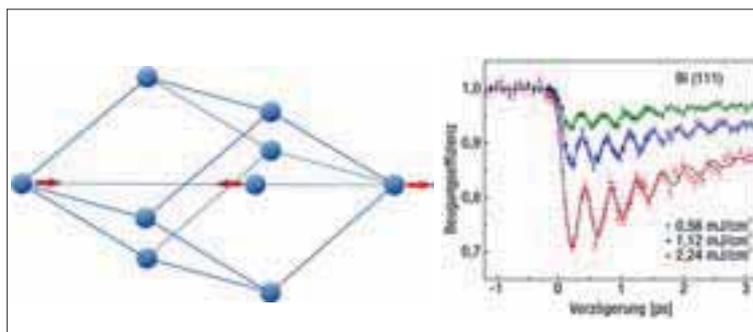
Die Forschungsanlage ist ein grosses Röntgenspektrometer und massgerecht auf den Speicherring der SLS zugeschnitten. Dabei werden die Elektronenbündel des Synchrotrons mit einem Femtosekundenlaser buchstäblich zersägt, das heisst, ein Teil eines Bündels erhält einen Energieschub. Diese modulierten Elektronen trennt man danach räumlich ab und schickt sie durch einen kurzperiodigen Undulator,

der Röntgenblitze mit der gewünschten Energie erzeugt. Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist die hohe räumliche und zeitliche Stabilität der Elektronen- und Laserpulse.

Untersuchungen im Femtosekundenbereich

Wenn Röntgenstrahlen an Atomen gestreut werden, lässt sich deren räumliche Anordnung bestimmen. Versetzt man durch Laseranregung die Atome in einem Kristall in Schwingung und misst zeitlich abgestimmt mit einem kurzen Röntgenpuls die Positionsänderung der Kristallatome, kann die Schwingungsfrequenz als zeitliche Änderung der Atompositionen sehr genau bestimmt werden. Untersuchungen mit dem Metall Wismut (Grafik) zeigen, dass die Atome innerhalb der ersten zwei Billionstelsekunden nach der Anregung phasenstarr gekoppelte kohärente Schwingungen ausführen, deren Frequenz von der Stärke der Anregung abhängt.

Wie in der Grafik ersichtlich erfolgt die Anregung innerhalb von hundert Femtosekunden. Das bedeutet, dass die Röntgenblitze eine Dauer und eine Zeitstabilität von ebenfalls hundert Femtosekunden haben müssen. Damit sind Röntgenuntersuchungen im Femtosekundenbereich möglich, bei denen sich Frequenz und Energie des Lichts aufeinander abstimmen lassen.



Zeitaufgelöste Röntgenspektroskopie

<http://sls.web.psi.ch>

Undulator: Spezieller Magnet zum Ablenken der Elektronen in der SLS. Die auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigten Elektronen werden auf eine Slalombahn gezwungen und geben dabei Synchrotronlicht ab.

Kohärentes Licht: Lichtbündel von gleicher Wellenlänge und Schwingungsart.

Ångström ist eine Einheit für die Lichtwellenlänge ($1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ Nanometer} = 10^{-10} \text{ m}$).

1 Femtosekunde (fs) ist 1 Billionstelsekunde (10^{-15} s).

1 Picosekunde (ps) ist 1 Billionstelsekunde (10^{-12} s).

Beobachtung atomarer Bewegungen: Solche kohärenten Gitterschwingungen wie in Wismut (Bi) geben Aufschluss über Materialeigenschaften des Metalls und lassen sich nur durch ultrakurze und kleinstwellige Röntgenpulse studieren. Links ist die Kristallstruktur (mit einer exemplarischen Schwingung, rot) dargestellt, rechts der gemessene zeitliche Verlauf der Gitterschwingungen aufgezeichnet.



Der 800 Meter lange Freie-Elektronen-Laser X-FEL im PSI-Westareal soll teilweise unterirdisch verlaufen.

Zukunftsprojekt des PSI

<http://fel.web.psi.ch>

Lichtpulse für die Spitzenforschung

Der geplante schnelle Röntgenlaser des PSI wird der Forschung ermöglichen, bisher unüberwindliche Hindernisse zu bewältigen und weiter in die Tiefe des Mikrokosmos vorzudringen. Dort warten ungeahnte Erkenntnisse in Physik, Chemie, Materialforschung, Biologie und vielen andern Disziplinen.

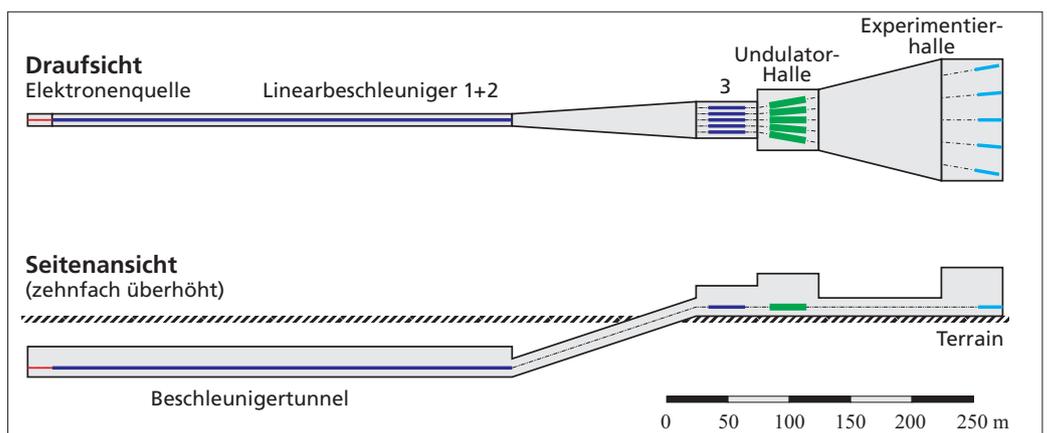
Mit dieser Grossforschungsanlage betritt das PSI technologisches Neuland. Der Linearbeschleuniger erzeugt einen extrem stark gebündelten Lichtstrahl mit ultrakurzen Pulsen und erlaubt Experimente unter völlig neuen Bedingungen. Dieses Zukunftsprojekt wird die wissenschaftliche Attraktivität des PSI für Forschende von in- und ausländischen Hochschulen noch erhöhen und den Forschungs- und Werkplatz Schweiz spürbar stärken.

Forschung bewegt sich stets an den Grenzen des Wissens: Wer beispielsweise den Ablauf chemischer Reaktionen oder die magnetischen Eigen-

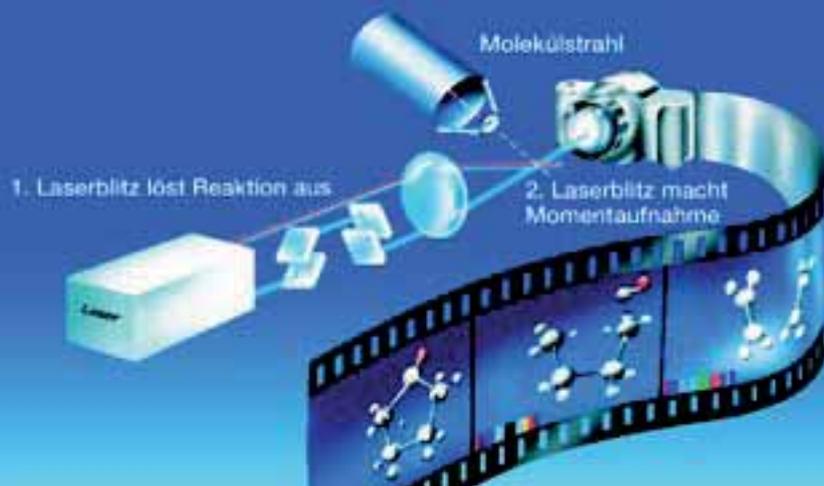
schaften neuer Werkstoffe im Detail untersuchen will, steht derzeit vor schier unüberwindlichen Hindernissen. Die Geschwindigkeiten dieser Prozesse sind so hoch, dass erst eine Billion Bilder pro Sekunde ein brauchbares Resultat ergeben. Für unsere Augen scheint bei derart extremen Tempi die Zeit einzufrieren und stillzustehen. Doch gerade die genaue Kenntnis solcher dynamischer Abläufe liefert die Grundlagen dafür, die Rolle von Biomolekülen in Lebensprozessen oder das Verhalten neuartiger Materialien für die Computer- und Energietechnik besser zu begreifen. Der geplante Röntgenlaser X-FEL des PSI ist ein Werkzeug, das diese Visionen zu realisieren vermag.

Linearbeschleuniger der Extraklasse

Die X-FEL-Anlage besteht aus einer Elektronenquelle, einem Linearbeschleuniger, speziellen Magneten und den Experimentierstationen. Wie schon bei der Synchrotron Lichtquelle Schweiz



Mögliches Layout der Anlage mit Elektronenquelle, Beschleuniger und Experimentierhalle.



Chemische Reaktionen filmen: Mit X-FEL-Röntgenlasereblitzen lassen sich solch schnelle Abläufe erfassen.

entwickeln auch bei diesem Projekt Fachleute des PSI und deren Partner neue Technologien, mit denen die Anlage eine weltweite Spitzenstellung einnehmen soll.

Zum Einsatz kommt unter anderem eine neue Elektronenquelle, die das Prinzip der Feldemission nutzt. Mit hohem elektrischem Feld werden die Elektronen effizient aus einem Metall-Atomgitter herausgeschlagen und sehr rasch gebündelt. Danach katapultiert ein Hochgradienten-Beschleuniger die Teilchen auf Energien von mehreren Milliarden Elektronenvolt nahe an die Lichtgeschwindigkeit.

Das Herzstück der Anlage bildet eine 40 Meter lange Anordnung von Spezialmagneten (Undulatoren), welche die Elektronen auf eine Slalombahn zwingen. Bei jeder Ablenkung senden die elektrisch geladenen Teilchen Licht aus, sogenanntes Synchrotronlicht. Diese elektromagnetische Welle wirkt ihrerseits auf den Elektronenstrahl zurück und komprimiert diesen in kleinste Bündel. Alle Teile eines Bündels strahlen nun synchron (kohärent) ab. So wird das Synchrotronlicht immer stärker und gebündelter – wie bei einem Laser.

Filmkamera für Moleküle

Der Laser mit extrem kurzen Pulsen wird demnach mit Energie aus dem Elektronenstrahl gespeist. Das Licht ist ausserordentlich brillant, über eine Milliarde Mal höher als bei der SLS. Zudem ist es kohärent: Alle Wellen eines Lichtbündels haben nahezu die gleiche Wellenlänge und Phase. Ausserdem sind die Pulse enorm kurz, weniger als 10 Femtosekunden oder 0,00000000000001 Sekunden.

Diese Eigenschaften sind optimal zur Untersuchung von Strukturen und dynamischen Prozessen auf atomarer Ebene. Der Röntgenlaser wird so zu einer Filmkamera, welche die Bewegungen winziger Teilchen aufzeichnet. Die sich bewegendenden Atome und Moleküle erscheinen wie unter einem Stroboskop in einem Tanzlokal. Mit der erzeugbaren Wellenlänge des Lichts von rund

einem Ångström (10^{-10} m) liegt der X-FEL denn auch an der Spitze des technisch Möglichen und erlaubt die Strukturbestimmung von einzelnen Molekülen bis zu komplexen Proben.

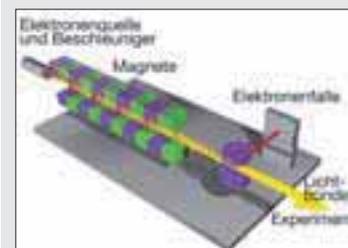
Der Röntgenlaser bringt es ans Licht

Der schnelle Röntgenlaser am PSI ermöglicht Spitzenforschung in zahlreichen Wissenschaftsdisziplinen. Er erschliesst neue Experimentierfelder für Naturwissenschaften und Technik, die heute noch nicht zugänglich sind. Das Verfolgen von ultraschnellen chemischen Reaktionen kann zum Beispiel in der Energietechnologie oder bei der Analyse komplexer biologischer Systeme zu neuen Erkenntnissen führen.

Die Anlage kann auch einen wertvollen Beitrag liefern, um Grundlagen für massgeschneiderte Materialien im Nanobereich zu erarbeiten. Neue Werkstoffe lassen sich unter extremen Bedingungen – wie hohem Druck und hoher Temperatur – untersuchen. Bildgebende Verfahren werden immer wichtiger, um die Ergebnisse auf atomarer Ebene sichtbar zu machen. Hier leistet der Röntgenlaser Pionierarbeit, da man damit Nanoobjekte bis zur Längenskala einzelner Moleküle darstellen kann. Die ultrakurzen Pulse des Lichts kann man nutzen, um zeitabhängige Prozesse besser zu verstehen – wie etwa das Schalten von magnetischen Speichern für die Informationstechnologie.

Enge Kooperation mit Hochschulen

Die Gesamtlänge des Freie-Elektronen-Lasers ist im Vergleich zu andern Projekten relativ gering und liegt bei 800 Metern. Die Anlage soll im Westareal des PSI – in der Nähe der SLS – teilweise unterirdisch gebaut und Mitte 2016 in Betrieb genommen werden. Bis dahin gilt es, die verschiedenen Komponenten und Systeme etappenweise zu entwickeln und auszutesten. Diese anspruchsvollen Arbeiten erfolgen in enger Kooperation mit Experten aus dem ETH-Bereich, andern Hochschulen und Forschungsinstituten.



Kurzwelliges Licht aus Elektronen: Prinzip der Erzeugung des Lasers.



Der Schuss durchs Fenster

1. Teil: Zielscheibe mit kalten Füßen

Das Experiment «Megapie» wird von der Wissenschaftswelt mit höchstem Interesse beobachtet, können doch sowohl Kerntechnik wie auch nukleare Entsorgung stark davon profitieren. Kurz vor dem Start herrscht Hochspannung im Forschungsteam, denn bei dieser ehrgeizigen Weltpremiere darf nichts schiefgehen. Es steht mehr als nur ein Vorsprung im Technologie-Wettkampf auf dem Spiel...

Das grosse Auditorium des PSI ist voll besetzt, die Leute sitzen sogar auf den Treppen. 300 Mitarbeitende warten an diesem 7. Juli 2006 gespannt auf Informationen aus erster Hand. Sie sind neugierig zu erfahren, was hinter dem geheimnisvollen Namen «Megapie» steckt. Kein Riesenkuchen jedenfalls, wie das englische Wort verspricht. Die Spezialitäten eines internationalen Forschungszentrums wie das PSI sind bekanntlich nicht gastronomischer, sondern wissenschaftlicher und technologischer Art. Vorne am Rednerpult steht Friedrich Gröschel, Projektleiter von Megapie. Dem stattlichen Werkstoffwissenschaftler mit weiss-grauem Bart und randloser Brille wurde die Aufgabe übertragen, das unkonventionelle Experiment zu präsentieren.

«Das heikle Befüllen des Targets ist eine Art Point of no Return.»

«Megapie ist ein internationales Projekt am PSI, das zeigen soll, ob ein Target aus Flüssigmetall für die Spallations-Neutronenquelle SINQ im Dauerbetrieb funktioniert. Und das bei einer Strahlleistung im Megawatt-Bereich – eine Weltpremiere!» Gröschel versucht mit einfachen Worten und Bildern auch den Nichtfachleuten diesen Pionierversuch der Kerntechnik zu erläutern. Erzeugt werden sollen dabei Neutronen. Diese Bausteine der Atomkerne sind ihrer besonderen Eigenschaften wegen unentbehrlich für die Wissenschaft, denn mit ihnen lassen sich atomare Strukturen und Bewegungen, aber auch biologische Substanzen erforschen.

Darüber hinaus eignen sich Neutronen mit hoher Energie dazu, hochradioaktive Stoffe wie Neptunium, Plutonium, Americium und Curium aufzuspalten. Solche langlebigen und giftigen Produkte finden sich im nuklearen Abfall von Kernkraftwerken. Ihre Umwandlung in kurzlebige oder gar stabile Elemente ist in Beschleuniger-getriebenen Systemen grundsätzlich möglich. «Megapie soll uns dazu wertvolle Daten und Erfahrungen liefern», sagt Gröschel, «doch der Weg zu einer nutzbaren und kostengünstigen Technik ist noch weit.»

Drei Wochen später, Freitag, 28. Juli. Im Megapie-Kontrollraum sind die Verantwortlichen nervös. Die erste grosse Bewährungsprobe steht bevor: das Befüllen des Targets. Ein äusserst heikler Vorgang, eine Art Point of no Return, bei dem nichts schiefgehen darf. Die Zielscheibe des Experiments, das Target, besteht aus einer flüssigen Blei-Wismut-Legierung. Beim Einfüllen darf sich diese Legierung nirgends verfestigen, sonst werden die Zuleitungen verstopft. Beim kleinsten Pfropf müsste die Aktion abgebrochen werden, das Experiment wäre gescheitert und damit viel Geld in den Sand gesetzt. Das Target-Gefäss muss daher überall auf mindestens 130 Grad aufgeheizt sein.

Viel steht auf dem Spiel. Die Aussicht, in nicht allzu ferner Zukunft radioaktive Abfälle auf diese Art «verbrennen» zu können, hat das Projekt ins internationale Interesse von Wissenschaft und Wirtschaft gerückt. An den Gesamtkosten von 80 Millionen Franken beteiligen sich mehrere Partner, unter anderem auch die EU. Ein interdisziplinäres Team aus 170 Spezialisten arbeitet seit 2000 an den Vorbereitungen und führte zahlreiche Tests durch. Die Fachleute kommen von neun renommierten Forschungsinstitutionen in Europa, Japan, Korea und den USA.

Auf dem Gebiet der Flüssigmetall-Targets herrscht ein heisser Wettstreit. Welcher Forschungsgruppe gelingt es zuerst, eine solche Technologie zu realisieren? Zurzeit hat das PSI mit Megapie die Nase vorn und SINQ-Abteilungschef Werner Wagner möchte diesen Vorsprung keinesfalls verlieren. Das Einfüllen muss also unbedingt klappen. Angespannt blickt er auf seinen Bildschirm. An hundert Stellen im Target sind Thermolemente platziert, welche die Temperatur anzeigen. Das Vorheizen verläuft plangemäss. «Aber, was hat das zu bedeuten?» Das Messgerät am untern Ende meldet einen zu tiefen Wert. «Hat das Target jetzt noch kalte Füsse?», fragt Wagner. Er tönt eher besorgt denn belustigt, schliesslich ist er es, der das folgeträchtige Startzeichen zum Einfüllen gibt. Energisch greift der Physiker zum Telefon und wählt die Nummer der Targetkopf-Kammer.

Fortsetzung Seite 30 ►►



Megapie: Megawatt Pilot Experiment, an dem 170 Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker von neun Forschungsinstitutionen aus Europa (CEA/F, CNRS/F, ENEA/I, FZK/D, PSI/CH, SCK-CEN/B), Japan (JAEA), Korea (KAERI) und den USA (USDOE) beteiligt sind.

Spallations-Neutronenquelle SINQ: Grossanlage des PSI, in der Neutronen für Forschungszwecke erzeugt werden.

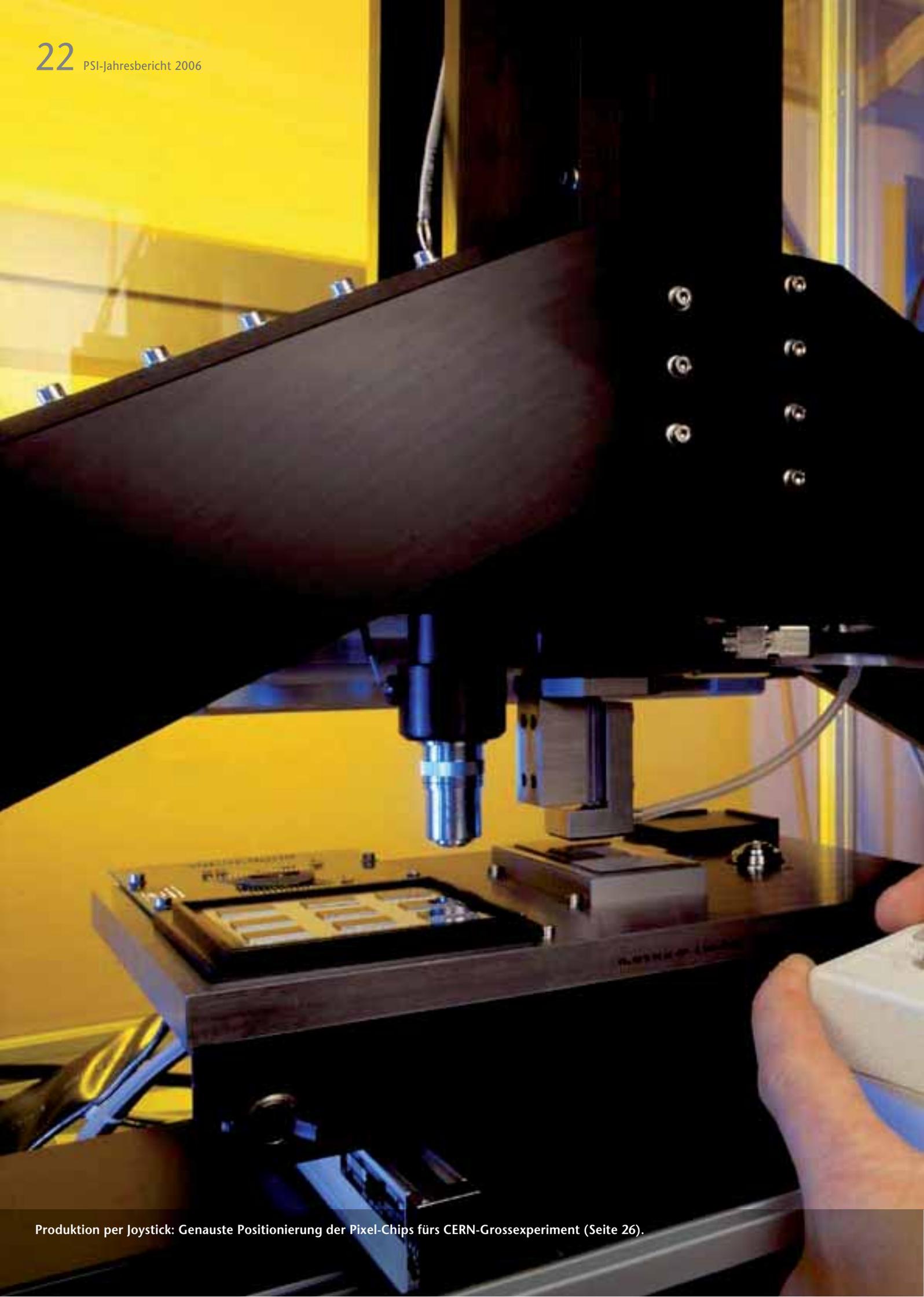
Target (engl. Zielscheibe): Material, auf das in der SINQ energiereiche Protonen gelenkt werden, um durch Spallation daraus Neutronen freizusetzen.

Spallation: Beim Beschuss eines Atomkerns mit einem Projektil hoher kinetischer Energie (bei Megapie: Protonen) wird der Kern in kleinere Bruchstücke zerschmettert, bei Megapie u.a. in mehrere Neutronen.

Transmutation: Umwandlung von langlebigen radioaktiven Atomen in kurzlebige Atome, zum Beispiel in Beschleuniger-getriebenen Systemen (ADS), die dazu wie die SINQ Spallations-Neutronen erzeugen.

<http://megapie.web.psi.ch>

Text: **Beat Gerber**
Illustration: **Andreas Gefé**



Produktion per Joystick: Genauste Positionierung der Pixel-Chips fürs CERN-Grosexperiment (Seite 26).



Das PSI im Kontakt
zur Industrie



Die Präsentationen des PSI an der Hannover-Messe 2006 stiessen beim Fachpublikum auf reges Interesse.

Technologietransfer

<http://techtransfer.web.psi.ch>



Zwei Spin-offs

Kurz vor der Hannover Messe wurde das Spin-off EULITHA GmbH gegründet. Die Firma entwickelt und vertreibt Produkte auf der Basis des XIL-Verfahrens (Seite 27). Ein weiterer neuer Hightech-Spin-off ist DECTRIS AG. Der Röntgendetektor des Typs PILATUS (im Bild oben mit Team) wurde zu einer ganzen Familie weiterentwickelt und setzt einen neuen Standard bei der Auflösung und Dynamik für Flächendetektoren für Röntgenanwendungen. Forschungseinrichtungen mit Synchrotronquellen aus der ganzen Welt haben Interesse an diesen Detektoren angemeldet und die Auftragsbücher der DECTRIS AG bereits gefüllt. Die Detektoren sind nicht nur für Forschungsanwender, sondern auch für Röntgen-basierte Laboranalysegeräte interessant. DECTRIS AG verhandelt bereits mit einem entsprechenden Anbieter.

Handelbares Wissen

Die Motivation für eine Zusammenarbeit von PSI und Industrie kann da wie dort entstehen: beim Forscher mit einem Ergebnis, für das er ein Potenzial im Markt sieht oder beim Unternehmen, das konkrete Fragen oder ein Innovationsbedürfnis hat.

In der Regel sind den Wissenschaftlern am PSI jene Unternehmen bekannt, die auf ihrem Forschungsgebiet aktiv sind. Kongresse und Seminare sind gute Gelegenheiten, Kontakte mit Firmenvertretern zu knüpfen. So entstehen bereits während eines Forschungsprojekts Beziehungen zu Unternehmen, die für eine Umsetzung der Forschungsergebnisse im Markt in Frage kommen. Neben der Anbahnung von Nutzungsvereinbarungen für Technologien und Wissen kommen auf diesem Weg auch häufig Forschungszusammenarbeiten zustande. Für die Wissenschaftler sind solche Kooperationen hervorragende Möglichkeiten, mit ihren Erkenntnissen in weitere Anwendungsgebiete vorzustossen, gleichzeitig lernen sie dabei die Anforderungen der Industrie kennen.

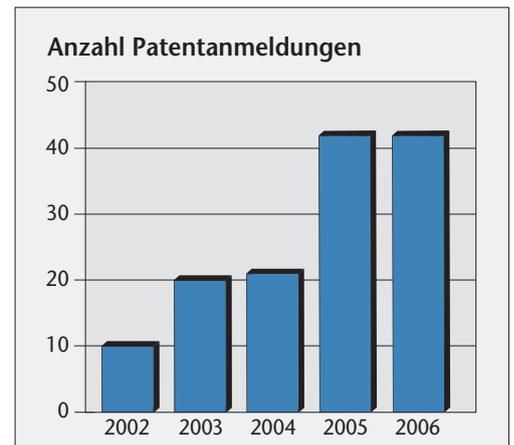
Im vergangenen Jahr ist eine mehrjährige Zusammenarbeit mit einem international tätigen Konzern gestartet, und zwar auf dem Gebiet der Röntgenbildgebung mittels Phasenkontrastverfahren. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wird nach neuen Anwendungen in neuen Konfigurationen gesucht, wobei der Markt den Anforderungsrahmen absteckt. Das PSI profitiert dabei, indem es sein Verfahren mit realistischen Proben unter industriellen Bedingungen prüfen kann.

42 Patente und Lizenzen mit der Industrie

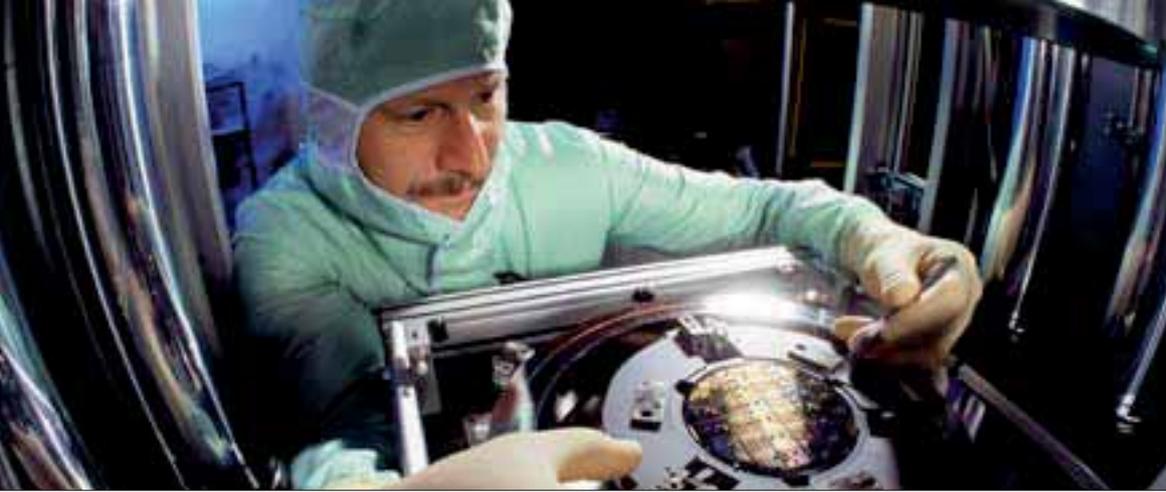
Sowohl aus den Forschungszusammenarbeiten wie aus der eigenen Forschung entstehen Know-how und Patente, die von Unternehmen lizenziert werden. Die Lizenzvereinbarungen werden je

nach Technologie und Anwendung individuell ausgestaltet. Durchschnittlich sieben Lizenzen können pro Jahr mit Industriepartnern abgeschlossen werden. 2006 war darunter erfreulicherweise auch ein KMU aus der Region: Die Firma Hilpert electronics AG aus Baden-Dättwil erhielt eine Lizenz für eine Positioniermaschine. Das Gerät wurde am PSI für die Produktion von Detektormodulen (Mikro-Bump-Bonding, Seite 26) entwickelt und stellt bezüglich Positioniergenauigkeit in dieser Grössen- und Preisklasse ein bedeutender Entwicklungsschritt dar.

42 Erfindungen wurden 2006 vom PSI zum Patent angemeldet. An einigen davon haben bereits Firmen ihr Interesse bekundet. Andere Erfindungen wurden zur Patentierung angemeldet, weil sie ein hohes Kommerzialisierungspotenzial versprechen. In diesen Fällen sind nun die Technologietransferstelle des PSI und die Wissenschaftler



Patentierete Erfindungen des PSI sind für die Industrie interessanter als ungeschützte.



Die PSI-Nanotechnologie birgt ein beträchtliches Potenzial für die industrielle Nutzung.

gefordert, geeignete und interessierte Industriepartner zu finden.

Ein möglicher Weg ist die Präsenz an Messen. Das PSI hat sich 2006 unter anderem an der Hannover Messe, der Umweltmesse IFAT China in Shanghai und der Kunststoffmesse FAKUMA in Friedrichshafen präsentiert. Neben diesen grossen internationalen Messen war das PSI an verschiedenen Fachkonferenzen und -ausstellungen mit Ständen vertreten, zum Teil gemeinsam mit Industriepartnern. In Hannover stand der Auftritt des ETH-Bereichs unter dem Titel «Imaging Technologies». Das PSI hat dabei die Mikrotomografie an der SLS sowie das Röntgen-Interferenz-Lithografie-Verfahren XIL gezeigt. Beide Themen sties- sen bei den Besuchern auf grosses Interesse und die anwesenden Forscher haben in den Diskussionen mit Firmenvertretern spannende neue Anwendungsmöglichkeiten erfahren.

Möglichkeiten und Interessen koppeln

Forschung und Entwicklung eines Unternehmens bilden die Keimzellen für neue Produkte und haben entsprechende strategische Bedeutung. Die Aktivitäten des PSI-Technologietransfers setzen also in einem sensitiven Bereich der Firmen an. Ein erfolgreicher Transfer bedingt Respekt und Verständnis für dieses spezifische Umfeld. Vertrauen zwischen den beteiligten Wissensträgern ist die Basis, auf der eine fruchtbare Zusammenarbeit zustande kommt.

Die Technologietransferstelle des PSI begleitet die verschiedenen Transferprojekte in diesem personenbezogenen Umfeld und sucht laufend neue Ansatzpunkte, um die Interessen und Möglichkeiten der Industrie und des PSI zusammenzuführen.



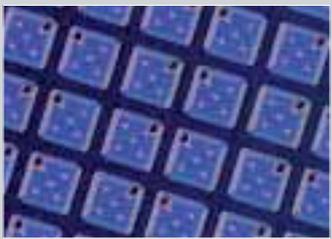
Alfred Waser, Koordinator Technologietransfer, an der Umweltmesse IFAT in Shanghai.



PSI-Projektleiter Roland Horisberger im CERN-Riesendetektor mit Sensorchips, die dort eingebaut werden.

Pixel-Chips

<http://ltp.web.psi.ch>



Digitalkamera für Elementarteilchen

Die Pixel registrieren nicht nur Ort und Zeit eines Teilchendurchgangs, sie verarbeiten lokal auch Daten. Dazu liegen direkt über den 4160 Pixel eines Sensorchips ebenso viele Mikrocomputer. Mit diesem Konzept hat sich das PSI an der Weltspitze im Design von Sensorchips etabliert. Den Kontakt zwischen Pixel und Mikrocomputer stellt ein 18 Tausendstelmillimeter grosses Lotkugelchen aus Indium her, einem leicht schmelzenden Metall (dunkle Punkte im Mikroskopbild). Mikro-Bump-Bonding heisst dieses von der Industrie übernommene Verfahren, das am PSI wesentlich miniaturisiert wurde. Das eigens gegründete Spin-off DECTRIS AG bietet diese Technologie für anspruchsvolle Röntgendetektoren an (Seite 24).

Suche nach dem Higgs

Im Ringbeschleuniger des CERN wird erstmals ein neuartiger Detektor mit 50 Millionen Pixel zum Einsatz kommen. Die Idee, winzige Halbleiterelemente auf Siliziumchips anzuordnen und als Teilchendetektor zu verwenden, wurde am PSI entwickelt und umgesetzt.

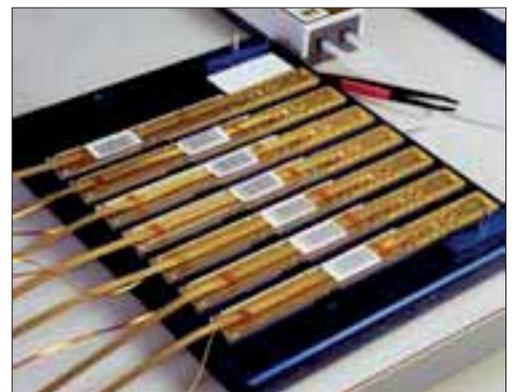
Zwölf Jahre ist es her, dass Physiker am PSI begannen, spezielle Teilchendetektoren zu entwickeln, die auf winzigen Halbleiterelementen, sogenannten Pixel Chips, basieren. «Damals galt das selbst unter Experten als futuristisch», erinnert sich Roland Horisberger, Leiter des Pixel-Chips-Projekts. In der Folge baute das PSI ein Pixel-Kompetenzzentrum auf, zu dem auch Fachleute der Universitäten Basel und Zürich sowie der ETH Zürich gehören. Heute bilden diese Pixel-Chips das Herzstück einer 22 Meter langen zylindrischen Apparatur, mit der endlich das meistgesuchte aller Teilchen gefunden werden soll: das Higgs-Boson. Dessen Entdeckung würde eine der Kernfragen der Physik beantworten: Wie kommen die Elementarteilchen zu ihrer Masse?

Am CERN, der Europäischen Organisation für Kernforschung, wird dazu der neue Ringbeschleuniger Large Hadron Collider (LHC) Protonen millionenfach auf Kollisionskurs bringen. Bei jedem Frontalzusammenstoss entstehen etwa tausend Teilchen, die wie Trümmer einer Explosion auseinander-schiessen. Diese sich ständig verändernden, kurzlebigen Teilchen zu verfolgen, ist die grosse Herausforderung, denn unter ihnen könnten sich Spuren des seltenen Higgs verbergen. In zylindrischen Schalen mit Durchmessern von bis zu 15 Metern überwachen verschiedene Detektoren den Bereich, in dem die Protonen zusammenstossen. Teilchen, die dort entstehen, treffen schon nach vier Zentimetern auf die erste von drei Schalen

mit Siliziumsensoren. Sie bilden ein feinmaschiges Netz aus rund 50 Millionen Pixel, jedes ein Zehntelmillimeter gross, das die Spuren der Teilchenkollisionen registriert.

Feinstmechanik und Schiffsbau

768 solcher hochsensibler Detektormodule muss das PSI produzieren. Höchste Genauigkeit erfordert auch die Montage der Module im 12 500 Tonnen schweren CMS-Detektorzylinder am CERN. «Wir kombinieren bei diesem Projekt die Präzision der Feinstmechanik, wie man sie aus der Uhrenindustrie kennt, mit riesigen, schweren Teilen, wie sie im Schiffsbau vorkommen», sagt Roland Horisberger. Ein gutes Jahr hat das Team Zeit, um die Pixel-Chips zum funktionstüchtigen Detektor zusammenzubauen. Bereits Anfang 2008 sollen die Pixel im LHC bei der Suche nach dem Higgs auf der Lauer liegen.



Detektormodule mit je 16 Sensorchips: Auf jedem Chip (angeordnet im rechten Teil der Module) befinden sich je 4160 Pixel und ebenso viele Mikrocomputer. Für das CMS-Experiment am CERN werden am PSI 768 Detektormodule mit insgesamt etwa 50 Millionen Pixel produziert.



Mittels Röntgen-Interferenz-Lithografie können Nanostrukturen in Fotolacken erzeugt werden.

Tests für Chips der Zukunft

Mit einem speziellen Röntgenstrahl, der aus Licht im extremen UV-Bereich besteht, lassen sich winzigste Strukturen in lichtempfindlichen Lacken erzeugen. Das am PSI entwickelte Verfahren lockt Computerbauer aus der ganzen Welt für Tests nach Villigen.

Auf der Brücke über die Aare, die West- und Ostareal des PSI verbindet, sind häufig hastende Passanten zu beobachten, die in Alu-Folie eingehüllte Behälter mit sich tragen. Gut verpackt befinden sich darin jene Materialien, auf denen die nächste Computergeneration basieren wird. Entwickelt wurden diese viel versprechenden Werkstoffe – sogenannte Fotolacke – von Unternehmen in der ganzen Welt. Belichtet und getestet werden sie an der XIL-Strahllinie der SLS im Westareal des PSI, um danach in den Reinräumen des Labors für Mikro- und Nanotechnologie im Ostteil weiterverarbeitet zu werden. Die Transporteure der kostbaren Fracht sind meist in Eile, um möglichst wenig Zeit zwischen Belichtung und Verarbeitung zu verlieren.

Der Fortschritt in der Informationstechnologie basiert auf der Herstellung immer kleinerer Schaltkreise, was schnellere und billigere Produkte er-

möglicht. Die verblüffende Entwicklung ist vorwiegend darauf zurückzuführen, dass man dank Lithografie eine immer grössere Zahl elektronischer Schaltkreise auf Halbleiterchips unterbringen kann. Beim lithografischen Verfahren wird mit Licht das Layout der Schaltkreise in lichtempfindlichen Lacken auf der Chipoberfläche aufgebracht. Die herkömmliche Technik stösst aber an Grenzen, denn es ist nicht möglich, damit Strukturen kleiner als etwa 50 Nanometer zu erzeugen.

Linien von 12,5 Nanometer Breite

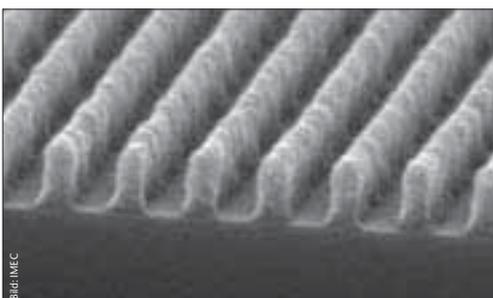
Will man Computerchips noch dichter bepacken, sind andere Verfahren erforderlich, beispielsweise die Extrem-Ultraviolett-Lithografie. Diese arbeitet mit Licht in Wellenlängen um 10 Nanometer. Noch sind aber die Werkzeuge für eine industrielle Anwendung dieses Verfahrens nicht bereit, so fehlen beispielsweise Fotolacke für derart kleine Abmessungen. In die Lücke springen kann eine Methode, die am PSI entwickelt wurde: die Röntgen-Interferenz-Lithografie XIL. Die 2003 in Betrieb genommene XIL-Strahllinie der SLS nutzt Licht im Bereich des extremen Ultravioletts EUV, um kleinste Strukturen in lichtempfindlichen Lacken zu belichten. Kürzlich gelang es den Forschern, Linien mit der minimalen Breite von 12,5 Nanometern zu erzeugen.

Die Forschungsarbeiten mit Fotolacken für die EUV-Lithografie führt das PSI zusammen mit andern Labors wie IMEC in Belgien und LETI in Frankreich durch. Dank der guten Resultate ist die XIL-Strahllinie zum wichtigsten Teststand für neue lichtempfindliche Lacke geworden. Die Kundenliste der PSI-Dienstleistung liest sich wie ein «Who is who» der Halbleiterindustrie, und Vertreter bekannter internationaler Firmen geben sich an der SLS in Villigen die Klinke in die Hand.

Nanotechnologie

<http://lmn.web.psi.ch>

1 Nanometer (nm) ist
1 Milliardstelmeter oder
1 Millionstelmillimeter (10^{-9} m).



Mit 40 Nanometer Linienabstand und trotzdem scharfem Profil: ein an der XIL-Strahllinie erzeugtes Muster.



Nur wenn die Abgase völlig schwefelfrei sind, funktionieren die Katalysatoren richtig.

Abgasnachbehandlung

<http://ega.web.psi.ch>

FRAUEN IN DER FORSCHUNG



Anja Eichler
*1972, Umweltforscherin

«Als analytische Chemikerin untersuche ich zurzeit einen Eisbohrkern, der seine Geheimnisse über das Klima zwischen 1450 und 1850 preisgeben soll. Es ist höchst aufregend, im Kälteraum des Labors zu stehen und zu spekulieren, was in dieser Periode der Kleinen Eiszeit geschah. Zum Beispiel zeigt Staub im Gletschereis, dass damals Vulkane aktiv waren und dadurch die Sonneneinstrahlung reduziert wurde. Nach meiner Doktorarbeit vor sieben Jahren machte ich eine Babypause und arbeite nun, dank eines Stipendiums, 50 Prozent. Spitzenforschung ist auch in Teilzeitarbeit möglich, ich muss mich nur gut organisieren. Meine beiden Kinder werden in der Kindertagesstätte des PSI betreut, das macht die Logistik sicher einfacher.»

Schwefelschutz für Kats

Ein Hauptproblem bei Auto-Katalysatoren ist, dass ihre Wirkung durch Schwefel stark reduziert wird. Eine Forschungsgruppe des PSI hat jetzt ein Speichermaterial entdeckt, das Schwefelverbindungen effizient und kostengünstig aus den Abgasen entfernt.

Stickoxid-Speicher-Katalysatoren sind das prominenteste Beispiel dafür, dass selbst kleinste Konzentrationen von Schwefeloxiden (SO_2 und SO_3) im Abgas die Katalysatorwirkung deutlich beeinträchtigen. Einige Katalysatoren können durch periodische Erhöhung der Abgastemperatur regeneriert werden, was aber mit einer starken thermischen Belastung und einem Mehrverbrauch von Treibstoff verbunden ist.

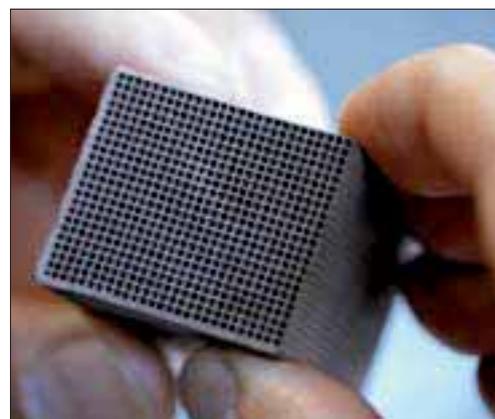
Eine andere Strategie zur Lösung des Schwefelproblems ist die Verwendung einer SO_x -Falle vor dem Abgaskatalysator, die nach Erreichen der maximalen Speicherkapazität einfach ersetzt und entsorgt wird. Dieses viel versprechende Konzept ist bisher noch nicht realisiert worden, weil kein Speichermaterial gefunden wurde, das sämtliche notwendigen Eigenschaften in sich vereint. So müssen Speicherrate wie Speicherkapazität des Materials unter allen Betriebsbedingungen ausreichend hoch sein, damit während der gesamten Lebensdauer der Schwefel zuverlässig aus dem Abgas entfernt wird. Ausserdem muss das Material so temperaturstabil sein, dass es seine Speichereigenschaften nicht verliert oder den Schwefel wieder abgibt – was für den nachgeschalteten Abgaskatalysator verheerend wäre. Zu all dem müssen die Kosten niedrig sein, denn der Preis ist letztlich entscheidend, ob der SO_x -Speicher in Zukunft ernsthaft für den Fahrzeugeinsatz in Betracht gezogen werden kann oder nicht.

Abgesehen von unzureichenden Speicherraten und -kapazitäten scheiterten die meisten der bis-

her vorgeschlagenen Materialien auch am zu hohen Preis. Zu ihrer eigenen Überraschung hat die Gruppe Abgasnachbehandlung am PSI nun entdeckt, dass Manganoxid ein einfaches und preiswertes Material für die Schwefelspeicherung darstellt, das darüber hinaus allen bisher speziell dafür entwickelten Materialien überlegen zu sein scheint.

Einfach, billig und überlegen

Die Schlüsseigenschaften von Manganoxid wurden eingehend untersucht und brachten bezüglich Speicherkapazität und -effizienz erfreuliche Ergebnisse. Sie zeigen, dass es möglich ist, Schwefelverbindungen mit diesem billigen Material effizient aus Verbrennungsabgasen zu entfernen. Zurzeit werden Gespräche mit einem potenziellen Industriepartner geführt mit dem Ziel, Manganoxid in Serie zur Schwefelentfernung im Automobilbereich, aber auch zur Entschwefelung in stationären Prozessen einzusetzen



Die vom PSI entwickelte Schwefelfalle verwendet als Speichermaterial Manganoxid.



Ein Forschungsschwerpunkt des Kompetenzzentrums Energie und Mobilität CCEM ist der Gebäudebereich.

Vernetzte Kompetenz

In Zusammenarbeit mit verschiedenen Institutionen aus Forschung, Technik und Bildung wurde Anfang 2006 unter der Leitung des PSI das Kompetenzzentrum Energie und Mobilität CCEM gegründet. Mit verschiedenen Projekten konnte seither das Netzwerk zwischen den Beteiligten verstärkt werden.

Das Kompetenzzentrum Energie und Mobilität wurde gegründet, um grössere Projekte mit Forschungsgruppen aus verschiedenen Institutionen und Wirtschaftspartnern zu realisieren. Die Arbeiten des CCEM zielen in verschiedene Richtungen, sollen aber grundsätzlich dazu beitragen, Energiedienstleistungen effizienter und nachhaltiger zu gestalten. Dabei geht es zum Beispiel auch darum, Produktion und Transport von Elektrizität zu verbessern, fossile Energieträger durch erneuerbare

zu ersetzen und Treibhausgas-Emissionen zu senken. Forschungsschwerpunkte bilden Mobilität, Elektrizität und Energie im Gebäudebereich.

Forschen, fördern, verbessern

Bereits im ersten Jahr seines Bestehens hat das CCEM 13 Projekte gefördert, deren Qualität eine Gruppe aus internen und externen Begutachtern beurteilt hatte. Neben den Institutionen des ETH-Bereichs und verschiedenen Fachhochschulen sind auch die Universität Neuenburg sowie das in derselben Stadt ansässige CSEM in einzelne Projekte eingebunden. Damit ist ein erster Schritt zur Verbesserung der Zusammenarbeit im Forschungsbereich Energie und Mobilität geglückt.

Neben eigentlichen Forschungsarbeiten sind auch drei Projekte bewilligt worden, die zur Verbesserung der Infrastruktur bei den beteiligten Institutionen beitragen. So werden ein Prüfstand für Lastwagenmotoren an der Empa und ein Prüfstand für Grossmotoren am PSI errichtet. Das Hotlabor des PSI erhielt einen neuen fokussierten Ionenstrahl und eine Einrichtung zur Messung von Nanokerben. Diese Installationen stehen nicht nur für die Forschungsaktivitäten zur Verfügung, sondern sind auch als Dienstleistungen für Industrieunternehmen im Forschungsumfeld angelegt.

Vom Kanton Aargau unterstützt

Das Kompetenzzentrum wird grosszügig vom Kanton Aargau unterstützt. So hat die Regierung ein zinsloses rückzahlbares Darlehen von 10 Mio. Franken gesprochen und wird dem CCEM Laborräumlichkeiten im neuen Campus an der Fachhochschule Nordwestschweiz in Windisch zur Verfügung stellen.



Wasserstoff tanken: Eine CCEM-Studie untersucht die Voraussetzungen bezüglich Fahrzeugtypen, Infrastruktur und Rahmenbedingungen.



ccem.ch

<http://ccem-ch.web.psi.ch>

An CCEM-Projekten beteiligte Institutionen
ETH-Bereich: PSI (CCEM-Leitung),
ETH Zürich, ETH Lausanne, Empa

Universität Neuenburg, CSEM SA
(Swiss Center for Electronics and
Microtechnology)

Fachhochschulen:
FH Nordwestschweiz,
Zürcher Hochschule Winterthur,
Fachhochschule Rapperswil,
Hochschule für Technik und Architektur
Luzern, Interstaatliche Hochschule
Technik Buchs



Winziges Kraftwerk: Mini-Brennstoffzelle (ETH Zürich).



Der Schuss durchs Fenster

2. Teil: Keine Spur von Neutronen

Im Megapie-Kontrollraum verfolgt das Forschungsteam gebannt, wie sich das Target langsam füllt. Eine erste Etappe ist erreicht. Die Erleichterung ist spürbar. Doch zwei Wochen später liegen die Nerven erneut blank: Jetzt soll das Target erstmals mit einer geballten Ladung beschleunigter Protonen beschossen werden. Die Stunde der Wahrheit naht...

Die Telefonleitung ist besetzt. Werner Wagner versucht es immer wieder. Endlich klappt die Verbindung. «Hajo Heyck», meldet sich am Apparat der SINQ-Anlagenleiter. Im weissen Schutzanzug steht er in der engen Targetkopf-Kammer – inmitten von Behältern, Rohren und unzähligen Kabeln. Heyck wird dort mit einem Verfahreningenieur beim Einfüllen den Gasdruck von Hand regulieren. Damit das Flüssigmetall kontinuierlich sanft hineinfliesen kann, müssen die Drücke innerhalb und ausserhalb des Targets sorgfältig ausbalanciert werden. Eine physikalische Gleichgewichtsübung.

«Was ist bloss los?
Leckt das Target?
Streikt das Zyklotron?»

«Wie stehts bei euch?», erkundigt sich Wagner bei Kollege Heyck. Dessen Okay kann ihn nicht gänzlich beruhigen, Wagner fährt sich hastig durchs krause Haar. Wenn nur die Temperatur unten im Target-Gefäss etwas stiege! Er ruft die Kollegen im Kontrollraum zu sich. Man hält Rat, prüft andere Parameter, konsultiert Schemata, diskutiert, denkt nach, wägt ab – und wagt die Vorwärtsstrategie. «Los gehts!», ruft Werner Wagner und leitet das Kommando in die Targetkopf-Kammer weiter.

Die Ventile öffnen sich, Flüssigmetall und Gase beginnen zu fliessen. Alle halten den Atem an. Mäuschenstille. «Da!», ruft jemand: «Die unteren Thermoelemente reagieren, ihre Temperaturwerte steigen leicht an!» 220 Grad heisses Flüssigmetall fliesst ins Target. Ein erster erlösender Moment. Noch ist aber Geduld gefragt, bis der Pegel den oberen Sollwert erreicht. Plötzlich fällt ein Thermoelement aus. Was hat das zu bedeuten? «Pas grave», tönts nach ein paar unheilswangeren Sekunden aus der französischen Ecke, «nothing terrible» – «nichts Schlimmes», kommt die Entwarnung von allen Seiten. Immer mehr Temperaturmessgeräte reagieren, das Beobachtungsteam beginnt, sich entspannt auf den Stühlen zurückzulehnen. Nach dreissig Minuten sind 89 Liter Blei-Wismut-Legierung mit einem Ge-

wicht von 920 Kilogramm im Target versorgt. Ein wichtiges Etappenziel ist erreicht!

Zwei Wochen später, 14. August. Für PSI-Direktor Ralph Eichler ist dieser Montag ein Feiertag: Das Megapie-Team erwartet für heute die ersten Neutronen aus dem Target. Nach siebenjähriger Vorbereitung mit unzähligen Tests bricht an diesem Nachmittag die Stunde der Wahrheit an. Rigide Sicherheitsvorkehrungen in allen Bereichen minimieren das Risiko von Schäden an Mensch und Umwelt, wie sie durch Fehlmanipulationen, Materialversagen, Feuer, Flugzeugabsturz oder Erdbeben entstehen könnten. Eichler, Physikprofessor und selbst ein passionierter Teilchenforscher, schreitet durch die geräumige Halle zur SINQ, diesem übermächtigen Block aus Beton und Stahl. Er steigt die Eisentreppe hoch und tritt in den Kontrollraum.

Ein Dutzend Fachleute sitzt um bläulich flackernde Bildschirme und bespricht konzentriert die Lage vor dem ersten Schuss. Wie in einem grossen Orchester muss auch bei dieser Aktion der Einsatz aller Spieler und Instrumente zeitgenau und mit höchster Präzision erfolgen. Die geballte Protonen-Ladung zielt auf die schweren Atome im Flüssigmetall des Megapie-Targets. Erzeugt wird der Protonenstrahl im Ringzyklotron, das ihn auf 240 000 Kilometer pro Sekunde, also auf gut 80 Prozent der Lichtgeschwindigkeit, beschleunigt.

Alle lauern auf den Augenblick, wenn die Protonen ins Blei-Wismut schiessen. Doch die Messkurven verharren regungslos. Nicht die geringste Spur von Neutronen! Direktor Eichler macht sich gut baslerisch mit Scherzen Luft, Bereichsleiter Kurt Clausen bleibt nordisch cool. «Was ist bloss los?» «Leckt das Target?» «Streikt das Zyklotron?» Knud Thomsen, unter anderem Spezialist für Sicherheitssysteme, eilt zu den Kollegen unten im Beschleuniger. Für die Zurückgebliebenen wird das Warten fast unerträglich. Die Zeit dehnt sich, Einstein lässt grüssen. Nach zehn Minuten fliegt Thomsen förmlich zurück. Alle Augen richten sich auf den österreichischen Forscher, der früher für Weltraumprojekte arbeitete.



Megapie: Megawatt Pilot Experiment, an dem 170 Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker von neun Forschungsinstitutionen aus Europa (CEA/F, CNRS/F, ENEA/I, FZK/D, PSI/CH, SCK-CEN/B), Japan (JAEA), Korea (KAERI) und den USA (USDOE) beteiligt sind.

Spallations-Neutronenquelle SINQ: Grossanlage des PSI, in der Neutronen für Forschungszwecke erzeugt werden.

Target (engl. Zielscheibe): Material, auf das in der SINQ energiereiche Protonen gelenkt werden, um durch Spallation daraus Neutronen freizusetzen.

Spallation: Beim Beschuss eines Atomkerns mit einem Projektil hoher kinetischer Energie (bei Megapie: Protonen) wird der Kern in kleinere Bruchstücke zerschmettert, bei Megapie u.a. in mehrere Neutronen.

Ringzyklotron: Weltweit leistungsstärkster Protonenbeschleuniger, seit über 30 Jahren am PSI installiert.

<http://megapie.web.psi.ch>



Die SLS ist eine der grossen Forschungsanlagen des PSI mit starker internationaler Ausstrahlung.



Im Fokus der Statistik:
Zahlen, Fakten & Finanzen



Einzigartige Forschungsanlagen und globale Vernetzung machen das PSI international wettbewerbsfähig.

Statistik

Fakten und Finanzen

FRAUEN IN DER FORSCHUNG



Xiao-dan Li
*1965, Biochemikerin

«Die Neugier auf Naturphänomene hat mein Interesse für die Wissenschaft geweckt – und die Faszination ist immer noch da! Die Natur ist sehr kreativ und den Menschen stets einen Schritt voraus. Das hält uns Forschende auf Trab. Doch je mehr wir wissen, desto mehr realisieren wir, dass es noch sehr vieles zu entdecken gibt. Wissenschaft macht auch Spass, das möchte ich jungen Leuten vermitteln. Sie besteht nicht nur aus trockener Algebra, sondern ist vielmehr ein schöpferisches Spiel. Zum Beispiel mit verschiedenen Materialien wie bei meiner Arbeit, wo ich die Struktur von komplexen Proteinen entschlüsse. Als Chinesin aus einem andern Kulturkreis, die gegen manche Vorurteile anzukämpfen hat, halte ich mich an die Devise: Finde heraus, was du gerne tust, und dann: just do it!»

Für Forschung und Entwicklung, für Bau und Betrieb der Forschungsanlagen und der Infrastruktur sowie für Dienstleistungen hat das PSI im vergangenen Jahr 288,9 Mio. Franken aufgewendet. Mit 230,4 Mio. Franken hat der Bund 80 % des Gesamtaufwands finanziert.

Von den Gesamtmitteln des PSI wurden 47,4 Mio. Franken (16 %) für Investitionen eingesetzt, die Personalkosten betragen 165,5 Mio. Franken (57%). Im Vergleich zum Vorjahr ist bei den Ausgaben ein Anstieg der Drittmittel um rund 10 Mio. Franken zu verzeichnen. Da sich auch der Beitrag des Bundes leicht erhöhte, stieg der Gesamtaufwand – einschliesslich des Beitrags für das Kompetenzzentrum Energie und Mobilität CCEM – auf rund 290 Mio. Franken.

Die 2006 eingenommenen Drittmittel von 52,9 Mio. Franken stammten zu 60 % aus der Privatwirtschaft und zu 20 % aus Forschungsförderungsprogrammen des Bundes (Schweizerischer Nationalfonds, Bundesamt für Energie). 15 % der Drittmittel waren mit EU-Programmen verbunden.

70 % fliessen ins Benutzerlabor

Rund 70 % des Gesamtaufwands kamen 2006 dem PSI als Benutzerlabor zugute. Die hohen Anforderungen für den vorwiegend externen Benutzerkreis schränken den Spielraum für die PSI-eigene Forschung ein, was längerfristig zu Problemen führen kann. Denn nur wenn kontinuierlich und kompetent eigene Forschung auf höchstem Niveau an den Anlagen betrieben wird, können die externen Benutzerinnen und Benutzer der Forschungseinrichtungen optimal betreut und unterstützt werden.

Ende 2006 waren am PSI rund 1270 Personen (Vollzeitstellen) beschäftigt. Davon wohnen drei

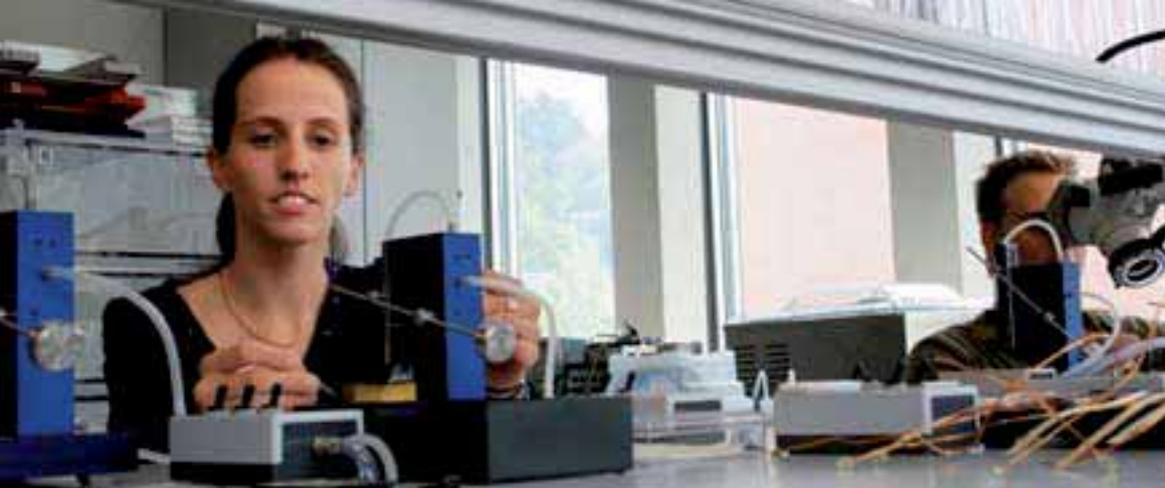
Viertel (ca. 75 %) im Kanton Aargau, rund 10 % im Kanton Zürich, die übrigen in andern Kantonen und im nahen Ausland. 15 % der Beschäftigten sind Frauen (13 % beim wissenschaftlichen Personal) und fast zwei Fünftel (38 %) haben einen ausländischen Pass.

Gefragte Ausbildungsstätte

270 Doktoranden absolvierten im Berichtsjahr ihre Promotionsarbeit ganz oder teilweise am PSI. Sie profitieren von den Forschungseinrichtungen und werden von PSI-Mitarbeitenden unterstützt. Mehr als 170 Dissertationen waren vom PSI finanziert. Ende 2006 zählte das PSI 78 Lehrlinge in zwölf Berufen.

Mit seinem Engagement in der Doktorandenausbildung und im Unterricht an den beiden ETH, den Universitäten und Fachhochschulen leistet das PSI einen wesentlichen Beitrag zur Graduate School des ETH-Bereichs. Die weltweit anerkannte Spitzenforschung und der global vernetzte

Die PSI-Finanzen (Mio. CHF)		2006
Aufwendungen		
Betrieb	241,5	84 %
Investitionen	47,4	16 %
Gesamt	288,9	100 %
Davon:		
Finanzierungsbeitrag Bund	230,4	80 %
Drittmittel	58,5	20 %
Personal (inkl. Aus- und Weiterbildung sowie Regie)	165,5	57 %
Drittmittel-Einnahmen		
Privatwirtschaft	25,4	48 %
Forschungsförderung Bund	10,4	20 %
EU-Programme	8,0	15 %
Andere Einnahmen	9,1	17 %
Gesamt	52,9	100 %



Hoher Impact-Faktor: Forschungsarbeiten des PSI werden häufig von andern Wissenschaftlern zitiert.

Benutzerlaborbetrieb des PSI bieten Gewähr, dass die Studierenden international wettbewerbsfähig werden. Mehr als 70 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts dozierten im Berichtsjahr an Hochschulen und Fachhochschulen.

Entlastung der Schweizer Hochschulen

Für die Betreuung der Doktorierenden und den damit verbundenen Infrastrukturbetrieb sowie für die Unterstützung der Lehre an den Hochschulen hat das Institut 2006 rund 30 Mio. Franken aufgewendet, davon ca. 80% für Doktorierende von Universitäten sowie von den beiden ETH Zürich und Lausanne. Dass das PSI Laborplätze für externe Forschungsgruppen und für den Forschungsnachwuchs bereitstellt, entlastet die Schweizer Hochschulen von Infrastrukturauf- und -ausgaben.

Neben der akademischen und der beruflichen Ausbildung bietet das PSI auch Fachkurse für Strahlenschutz und Reaktortechnik in eigens dafür etablierten Schulen. Insgesamt nahmen 2006 über 2000 Berufsleute an diesen Kursen teil.

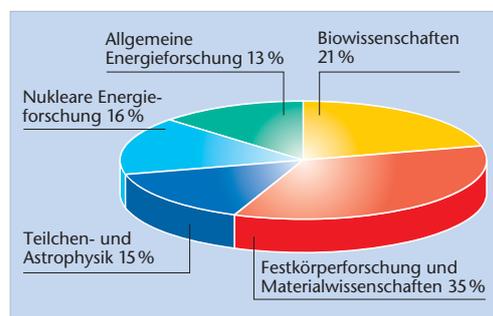
Die Forschung des PSI ist eng verknüpft mit dem Design, der Entwicklung und dem Betrieb grosser und komplexer Forschungsanlagen. Dank dieser Spezialität ist das grösste nationale Forschungsinstitut auch das Einzige seiner Art in der Schweiz. Indikatoren für wissenschaftlichen Erfolg und Anerkennung sind einerseits die in referenzierten Fachjournals veröffentlichten Beiträge, andererseits der Impact Score, ein Mass dafür, wie oft die Publikationen von andern Forschern zitiert werden.

Gemäss bibliometrischen Auswertungen der Universität Leiden hat der Output wissenschaftlicher Publikationen des PSI in den vergangenen Jahren erneut stark zugenommen. Bei einem zehnjährigen Mittel von ca. 500 Publikationen liegt die Zahl jetzt bei 800 pro Jahr. Ebenfalls hoch ist der Impact Score (Anzahl Zitierungen), der 2500 pro

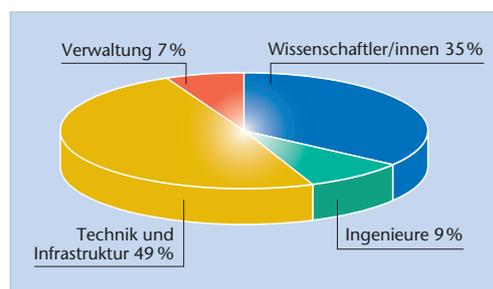
Jahr beträgt. Mit anderen Worten: Auf jede PSI-Publikation ist durchschnittlich drei- bis fünfmal von andern Wissenschaftlern verwiesen worden.

Attraktiver Kooperationspartner

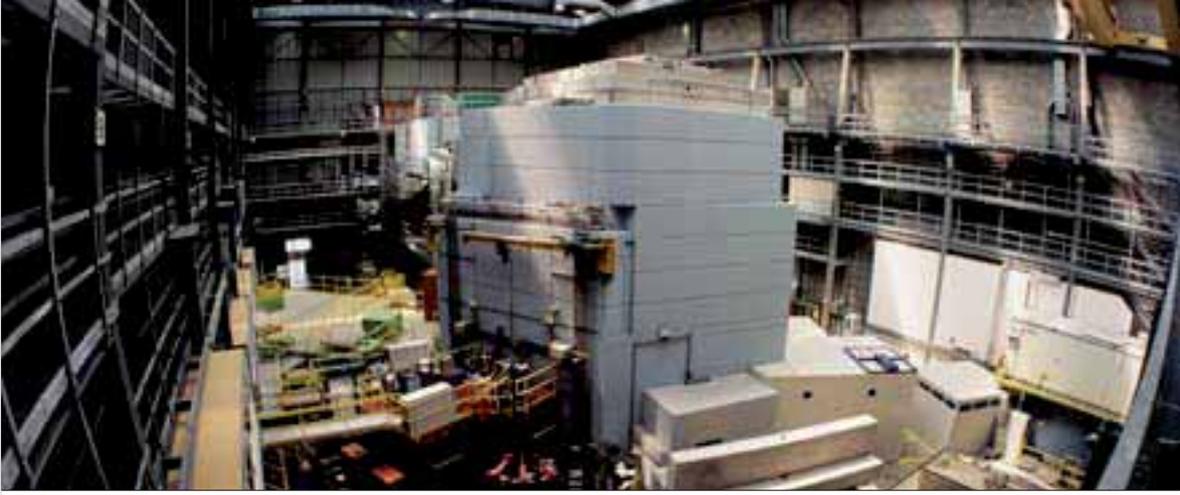
In den wichtigsten Forschungsfeldern des PSI – der Festkörper- und Teilchenphysik, den Biowissenschaften und der Energieforschung – sind auch die meisten jener Gebiete zu finden, in denen PSI-Forschende einen hohen bis mittleren Impact-Faktor aufweisen. Das Forschungsprofil des Instituts entspricht damit dem wissenschaftlichen Output: Dieser wird zu 80% mit Publikationen aus den Kernbereichen abgedeckt. Die Analyse der wissenschaftlichen Zusammenarbeit zeigt, dass das PSI gerade auch für internationale Kooperationen ein attraktiver Partner ist: Es erzielt einen markant hohen Impact Score und zählt zur Weltspitze.



Verteilung der Gesamtmittel 2006 (inkl. Drittmittel) auf die Aufgabenschwerpunkte des PSI: Die Forschungseinrichtungen – insbesondere Beschleuniger, SLS und SINQ – sind den einzelnen Schwerpunkten zugeteilt.



Die Zusammensetzung des Personals ist ein Abbild der PSI-Funktion eines Benutzerlabors: Die Grossanlagen und die komplexen Forschungseinrichtungen erfordern eine grosse Zahl an technischem Personal.



Spallations-Neutronenquelle SINQ: An 12 Instrumenten experimentierten 2006 rund 260 Wissenschaftler.

Das Benutzerlabor

Kontakt: <http://user.web.psi.ch>

Einmalige Kombination von Forschungsanlagen

Mit den drei grossen Forschungsanlagen SLS, SINQ und $S\mu S$ bietet das PSI eine international einmalige Kombination komplexer Experimente. Die wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden lassen sich für Strukturforschung, Spektroskopie und für die Strukturierung von Materialien in zahlreichen Gebieten der Naturwissenschaften und Technologie anwenden.

National wie international hat sich das PSI als eines der führenden Benutzerlabors profiliert. 2006 zählte man am Institut gegen 3000 Besuche von über 1400 Wissenschaftlern, die mehr als 1000 Experimente durchführten. Etwa die Hälfte der Zeit an den Anlagen wurde von Forschungsgruppen des PSI und der Schweizer Hochschulen genutzt, 40 Prozent von ausländischen Teams, vorwiegend solchen aus der EU. Die Nutzer kamen von Instituten aus 31 Ländern und hatten 60 verschiedene Nationalitäten. Aus den Versuchen an den grossen Anlagen SLS, SINQ und $S\mu S$ resultierten 426 wissenschaftliche Publikationen (Vorjahr 280). Nochmals deutlich zugenommen haben Veröffentlichungen in den Topjournalen «Science», «Nature», «Cell», «Langmuir» und «Physical Review Letters».

Die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS ist seit fünf Jahren in Betrieb und zählt zu den besten Anlagen der Welt. 2006 haben hier 934 Forschende 653 Experimente durchgeführt und von den hervorragenden Eigenschaften der Strahllinien profitiert. Die laufenden Forschungsprojekte sind sehr breit gefächert und dienen beispielsweise der Bestimmung der Struktur von Proteinen, was insbe-

sondere für die Entwicklung von Arzneimitteln und die Erforschung der Funktionen des menschlichen Genoms sehr wichtig ist. Auch werden mit Synchrotronlicht Struktur und Eigenschaften neuartiger Materialien und Materialoberflächen untersucht, und es wird für attraktive bildgebende Verfahren eingesetzt. Die Nachfrage nach der äusserst stabilen Synchrotronstrahlung der SLS ist enorm gross. Das Angebot wird deshalb ausgebaut: 2006 waren an der SLS elf Strahllinien im Nutzerbetrieb, weitere acht in Planung, im Aufbau oder kurz vor Inbetriebnahme.

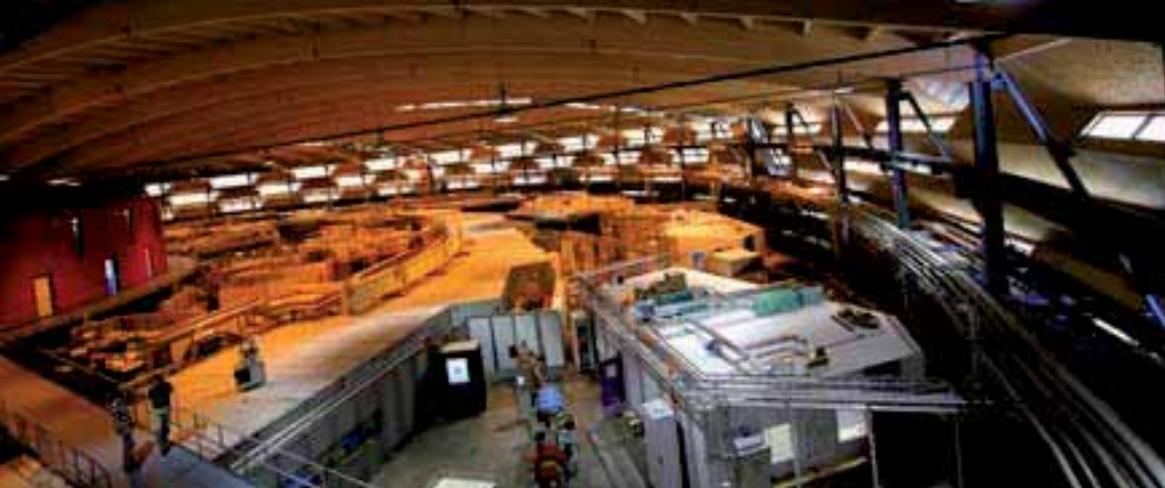
Grossexperiment an der SINQ

Der Protonenbeschleuniger wurde ursprünglich vor über drei Jahrzehnten für grundlegende Experimente zur Physik der Elementarteilchen entwickelt. Heute verwendet man etwa zwei Drittel des Protonenstroms für die Produktion von Neutronen an der Spallations-Neutronenquelle SINQ, der weltweit leistungsfähigsten Anlage dieses Typs. Zurzeit stehen hier zwölf Instrumente für Versuche mit Neutronen zur Verfügung. Diese wurden im vergangenen Jahr von rund 260 Experimentatoren aus dem In- und Ausland genutzt. Für den Protonenbeschleuniger und die SINQ war 2006 ein besonderes Jahr, wurde doch ein international stark beachteter Test mit einem Flüssigmetall-Target erfolgreich absolviert (Seiten 20, 30, 40).

Im Zentrum der Forschung an der SINQ stehen die Festkörperphysik und die Materialwissenschaften. Bedeutsam für künftige Anwendungen sind die Supraleiter, die ab einer gewissen Temperatur den Strom ohne Verluste leiten. Zurzeit liegt die Obergrenze bei minus 135 Grad Celsius. Um

Über 40 Mio. Franken

So viel beträgt jährlich der Aufwand, den das PSI mit Entwicklung und Betrieb der Forschungsanlagen für die schweizerischen Hochschulen leistet.



Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS: elf Strahllinien in Betrieb, acht weitere geplant oder im Aufbau.

weitere Fortschritte zu erzielen, muss der Mechanismus der Hochtemperatur-Supraleitung erst richtig verstanden werden – eine Herausforderung für die SINQ-Forscher. Eine weitere Spezialität der SINQ sind Untersuchungen von Materialien, bei denen sich elektrische und magnetische Eigenschaften kombinieren lassen, was u.a. der Erforschung von Werkstoffen für Sensoren, Signalumwandlern sowie von leistungsfähigeren Speichern in der Computertechnik dient.

Mit rund einem Drittel des Protonenstroms werden die weltweit intensivsten kontinuierlichen Myonen erzeugt. An der Schweizer Myonenquelle μS stehen sechs Instrumente zur Verfügung, an denen 2006 rund 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in über 130 Projekten forschten. Myonen verwendet man als empfindliche magnetische Sonden vorwiegend in der Festkörperforschung (Seite 15), in den Materialwissenschaften und in der Chemie.

Da die Nachfrage nach Instrumenten und Experimentierplätzen am PSI bis achtmal höher ist als das Angebot (etwa bei der Protein-Kristallografie), kann nur den besten Forschungsvorhaben Strahlzeit zugeteilt werden. Die Zuteilung erfolgt aufgrund von Forschungsanträgen, die eine international besetzte Expertenkommission wissenschaftlich begutachtet.

Im Einsatz für die Umweltforschung

Für die Untersuchung von Umweltsituationen und die Entwicklung von umweltschonenden Technologien braucht es häufig komplexe Forschungsgeräte. Das PSI entwickelt und betreibt Grossanlagen, die in diesen Wissenschaftsbereichen rege genutzt werden. So sollen künftig zwei SLS-Strahllinien vor allem dem Studium von Ausbreitungsmechanismen und Anreicherungen von Schadstoffen in der Umwelt und den Fragen der Langzeitlagerung radioaktiver Abfälle dienen. Die

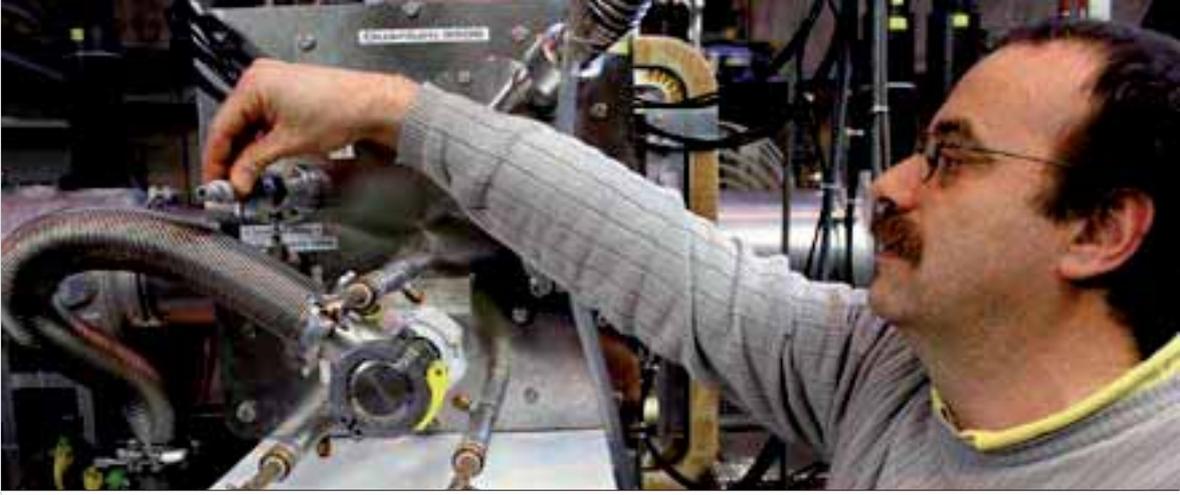


Neutronen für MARS

MARS heisst das neue Instrument der SINQ. Dank höherer Energieauflösung erweitert dieses Rückstreuenspektrometer wesentlich den experimentellen Bereich der Grossforschungsanlage. Die ersten Neutronen erhielt MARS am 14. Oktober 2006, 10 Tage später wurde das erste Spektrum erstellt und nun steht das Instrument den Nutzern zur Verfügung.

Das Benutzerlabor 2006	SLS	SINQ*	μS	Teilchenphysik	PSI Total 2006	(2005)
Anzahl Strahllinien/Instrumente	11	12	6	11	40	(35)
Anzahl Experimente	653	260	135	10	1058	(1141)
Anzahl Nutzerbesuche	1990	328	130	337	2785	(3025)
Anzahl Nutzer/innen	934	259	95	133	1421	(1432)

* Reduzierter Betrieb infolge Megapie-Experiment



Experimente mit Myonen sollen Magnetismus und Supraleitung von Materialien erklären.



Die SLS

Die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS ist ein riesiges Mikroskop und ein gigantischer Röntgenapparat. Hier werden Elektronen bis nahe an die Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und durch spezielle Magnete abgelenkt, sodass in Vorwärtsrichtung das charakteristische hochintensive Synchrotronlicht entsteht. Diese elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von Infrarot bis zu hartem Röntgenlicht eignet sich hervorragend für die Strukturaufklärung von Materie, für Spektrometrie und feinste Strukturierung von Materialoberflächen im Nanometerbereich für hochaufgelöste bildgebende Verfahren.

Protonenbeschleuniger ermöglichen die Produktion kurzlebiger Radionuklide, die für Experimente in der Atmosphärenchemie verwendet werden.

In der Klimaforschung stützt man sich bei der Analyse von Eisbohrkernen auf ein neuartiges Beschleuniger-Massenspektrometer, das Radiokarbon-Datierungen (C-14-Methode) an kleinsten Proben erlaubt. In der Smogkammer des PSI führen Umweltforscher Experimente durch, welche die Bildung von Aerosolen simulieren und neue Erkenntnisse über diese klimarelevanten Schwebepartikel in der Luft liefern.

Fundamentale Teilchenphysik

Die ausgezeichneten Experimentierbedingungen an den weltweit intensivsten Teilchenstrahlen aus Pionen und Myonen ermöglichten es mehreren internationalen Wissenschaftsteams aus Europa, den USA und Russland, die Datenaufnahme ihrer Experimente 2006 erfolgreich abzuschliessen. Diese Experimente erforschen fundamentale Eigenschaften von Pionen und Myonen. Da die Daten noch ausgewertet werden müssen, sind Ergebnisse erst 2007 zu erwarten. Weitere Experimente am PSI wie die Suche nach theoretisch nicht erklärbaren Zerfallsstufen des Myons oder das Projekt einer Quelle ultrakalter Neutronen haben sichtbare Fortschritte gemacht und nähern sich dem Ende ihrer Aufbauphase. Diese Vorhaben forschen nach sehr subtilen, für das Verständnis der Teilchenphysik äusserst wichtigen Effekten.

Ein wichtiger Bereich der Teilchenphysik am PSI ist die Entwicklung neuartiger, extrem empfindlicher Detektoren – beispielsweise für das CMS-Experiment am CERN, das nach neuen, sehr schweren Teilchen suchen soll. Die Konstruktion eines technologisch sehr herausfordernden Pixel-detektors für CMS wurde im Berichtsjahr stark vorangetrieben, sodass er Anfang 2008 am CERN eingebaut werden kann (Seite 26).

Ausbau des Krebstherapie-Angebots

Die Erweiterung der Protonentherapieanlage zur Behandlung von Krebstumoren (Projekt PROSCAN) ist 2006 weiter fortgeschritten. Das neuartige supraleitende Medizinzyklotron COMET wurde zusammen mit einer neu aufgebauten Strahlführung und dem bestehenden Bestrahlungsgerät Gantry 1 mit Erfolg getestet und hat Anfang 2007 den Patientenbetrieb aufgenommen. Das PSI ist weltweit nach wie vor das einzige Institut, das die hochpräzise Spot-Scanning-Bestrahlungstechnik anbietet. Die Methode wird sich aber in den kommenden Jahren weltweit durchsetzen.

Die PSI-Scanning-Technik zur präzisen Protonenbestrahlung wurde an die Industrie lizenziert. Kommerzielle Behandlungsanlagen, die ausschliesslich aus privaten Mitteln finanziert werden und ebenfalls das Scanning-Verfahren benutzen, stehen in Deutschland kurz vor Inbetriebnahme oder sind in Planung. Die Schweizer Industrie profitiert von dieser Entwicklung mit zweistelligen Millionenumsätzen durch Lieferung von Komponenten und Systemen für die Bestrahlungstechnik, die vom PSI entwickelt worden ist.

Ein neuartiges zweites Bestrahlungsgerät (Gantry 2) das auch Tumoren behandeln kann, die sich während der Bestrahlung bewegen (Brust, Lunge), ist im Aufbau. Nach eingehender Testphase wird die Gantry 2 voraussichtlich zweite Hälfte 2008 den Patientenbetrieb aufnehmen.

Ab 2009 stehen am PSI damit zwei hochpräzise Bestrahlungsgeräte zur Verfügung, mit denen bei voller Nutzung (ohne Forschung) jährlich 500 bis 600 Krebspatienten mit Protonenstrahlen behandelt werden können. Dazu kommt ein neuer Bestrahlungsplatz für Augentumoren (OPTIS 2), der Ende 2007 einsatzbereit sein soll. 2006 wurden in der bestehenden OPTIS-Anlage wiederum mehr als 200 Patienten erfolgreich von ihrem Tumorleiden befreit.



Die SINQ

Die Spallations-Neutronenquelle SINQ ist ebenfalls ein überdimensionales Mikroskop. Sie erzeugt Neutronen, die am PSI hauptsächlich für Experimente in den Materialwissenschaften, der Festkörperforschung (z.B. Supraleiter, Magnetika, Ferroelektrika) und der Technik (Neutronenradiografie) durchgeführt werden. Die Neutronen gewinnt man durch die Spallationsreaktion, bei der ein Schwermetall (z.B. flüssiges Blei-Wismut wie beim Grosseperiment Megapie) mit dem Protonenstrahl aus dem Beschleuniger beschossen wird.



Teilchenphysik

Die Teilchenphysik erforscht die fundamentalen Bestandteile der Materie und die Wechselwirkung zwischen ihnen. Zahlreiche Experimente haben das Standardmodell der Teilchenphysik exakt bestätigt, ein Teilchen dieses theoretischen Gerüsts wurde jedoch noch nicht gefunden: das Higgs-Boson. Gegenwärtig konzentriert sich die Teilchenphysik auf die Suche nach diesem schweren Teilchen, zum andern auf das Aufspüren einer neuen Symmetrie. Diese Supersymmetrie soll eine Beziehung zwischen Materieteilchen und Interaktionskräften herstellen und die Gravitation einbeziehen.



Die SμS

Die Schweizer Myonenquelle SμS erzeugt Myonen durch Beschuss von Kohlenstoff mit dem Protonenstrahl. Implantiert man diese instabilen Elementarteilchen in Materie, geben die winzigen «magnetischen Kreisel» präzise Auskunft über die inneren Magnetfelder. Dank ihres Spins (Eigendrehimpuls) und magnetischen Moments sind Myonen höchst empfindliche Sonden und dienen insbesondere der Material- und Festkörperforschung.

Proton: Teilchen des Atomkerns mit elektrischer positiver Ladung, identisch mit dem Wasserstoffatomkern.

Neutron: Teilchen des Atomkerns ohne elektrische Ladung, mit einer minimalen grösseren Masse als die des Protons.

Myon: Dem Elektron ähnliches Teilchen, aber 207-mal schwerer als dieses und nicht stabil.



Das Hotlabor

Das Hotlabor am PSI dient der angewandten Materialforschung an stark radioaktiven Proben und der Entsorgungsforschung. Die in der Schweiz einzigartige Einrichtung unterstützt die Schweizer Kernkraftwerke in Materialfragen und stärkt die universitäre und industrielle Forschung.



Der Solarofen

Der Solarkonzentrator am PSI, ein grosser Hohlspiegel von 8,5 Meter Durchmesser, bündelt die Strahlungsintensität von 5000 Sonnen. Die damit in einem Reaktor erzeugten hohen Temperaturen von über 2000 Grad ermöglichen die Erforschung solarchemischer Prozesse wie die effiziente Herstellung solarer Brennstoffe und neuartiger Werkstoffe. Kürzlich wurde ein doppelt so starker Hochfluss-Solar Simulator installiert, mit dem man wetterunabhängige Untersuchungen unter kontrollierten Strahlungsbedingungen durchführen kann.



Die Smogkammer

Die Smogkammer macht atmosphärenchemische Untersuchungen unter simulierten Bedingungen möglich. In einem 27-Kubikmeter-Teflonsack lassen sich z.B. Abgasstoffe dem künstlichen Sonnenlicht aussetzen und die dadurch ausgelösten chemischen Reaktionen messen. Die Ergebnisse geben u.a. Aufschluss darüber, welche chemischen Umwandlungen in der Atmosphäre beim Vorhandensein von Feinstaub ablaufen.

Der Schuss durchs Fenster

Letzter Teil: Die Angst des Forschers vor der Blamage



Endlich! Der Protonenstrahl schießt die ersten Neutronen aus den Atomkernen des Targets. Das Megapiep-Team ist erleichtert und feiert im fröhlichen Kreis. Nach einiger Zeit zeigt sich, dass die Zahl der frei werdenden Neutronen weit über den Berechnungen liegt. Warum nur wurde dieses hervorragende Resultat vorerst verschwiegen?

Kein Grund zur Aufregung! Das Target ist dicht, der Beschleuniger intakt!» Knud Thomsen beruhigt die Crew im Kommandoraum: «Die Kollegen im Ringzyklotron arbeiten sorgfältig. Das Einrichten des Strahls braucht eben seine Zeit.» Wissenschaftler gelten nicht nur als anspruchsvolle, sondern ebenso als sensible Wesen. Auch Vernunft braucht Harmonie. Thomsen sorgt als Vermittler für gute Beziehungen zwischen Beschleuniger-Team und Megapie-Gruppe. Entscheidend dabei ist der direkte Kontakt, Teamgeist entsteht nicht durchs Telefon.

Die Spannung steigt. Der Protonenstrahl ist unterwegs und damit steht «die Geburt» der ersten Neutronen aus dem Flüssigmetall-Target kurz bevor. Endlich! Um 15.30 Uhr sind die ersehnten Teilchen da, noch zaghaft zwar zeigen sich erst einige wenige, doch die Messkurven auf den Bildschirmen schlagen eindeutig aus. Der 14. August steht im Tierkreiszeichen des Löwen, charakterisiert durch produktive Kräfte und den Willen zum Erfolg. Wenn das kein gutes Omen ist! Unversehens wird es lauter im Kontrollraum. Die Anspannung löst sich, die Zunge ebenso, glücklich spricht alles durcheinander.

«Nachrechnen ist eben doch einfacher als Vorausberechnen»

Nach ein paar Tagen trauen die Fachleute schliesslich der Neutronenproduktion. Dann endlich wird gefeiert. Vergessen sind all die heiklen Momente, der andauernde Termindruck, vorbei die heftigen Debatten und kleinen Reibereien. Jetzt gibts andern Gesprächsstoff: Die gute Zusammenarbeit etwa oder wie man bis zuletzt alle Technologiehürden, auch die anspruchsvolle Montage des Targets mit den subtilen Schweissungen an der Aussenhülle, meisterte. Noch einmal lässt man die verschiedenen Herausforderungen Revue passieren: Eine der grössten Thrills für die PSI-Ingenieure war zweifellos, das richtige Material für das Strahlenfenster zu finden. Diese höchst belastete Stelle, an welcher der Protonenschuss ins Target eindringt, entscheidet über das Gelingen des Experiments.

Doch jetzt darf man zufrieden sein. «Cheers! Prost! Santé!» Die Beteiligten stossen miteinander an. Projektleiter Friedrich Gröschel ist da, die SINQ-Verantwortlichen Werner Wagner und Hajo Heyck, Sicherheitsexperte Knud Thomsen und weitere Kollegen. Die Atmosphäre ist stimulierend multikulturell. Die gemeinsame Sprache der Wissenschaftler ist zwar Englisch, doch sind auch Französisch, Russisch, Koreanisch, Japanisch, Deutsch und Schweizer Dialekt zu hören.

Am 21. Dezember ist das Experiment beendet. In den letzten vier Monaten erzielte das Megapie-Team einzigartige Resultate. Aus aller Welt treffen Gratulationen von Wissenschaftlern in Villigen ein. Die vereinzelt Störungen blieben folgenlos und konnten eine fast pausenlose Neutronenproduktion nicht gefährden. Und eine Weihnachtsüberraschung gabs erst noch als Dreingabe: Der Neutronenfluss aus dem Flüssigmetall war bis zu 80 Prozent höher als im bisherigen Festkörper-Target. Der Wert liegt weit über den Vorausberechnungen, was einen jungen Forscher vorerst verwirrte. Aus Angst, sich vor den erfahrenen Kollegen zu blamieren, hielt er das gemessene Resultat eine Weile zurück. In fiebriger Eile wurden dann die Berechnungsmodelle verfeinert und das Messergebnis auch kalkulatorisch bestätigt. «Nachrechnen ist eben doch einfacher als Vorausberechnen», kommentiert Projektleiter Gröschel trocken den Grosseffort.

Doch welche Spuren hat die starke Bestrahlung hinterlassen? Wie verhält sich das verfestigte Flüssigmetall? Welche radioaktiven Stoffe befinden sich darin? Untersuchungen am erstarrten Target werden in den nächsten Jahren viele der noch offenen Fragen beantworten. Die gewonnenen Erkenntnisse fliessen wiederum ein in Design und Betrieb neuer Spallations-Neutronenquellen wie die SINQ. Stark profitieren werden aber auch künftige Beschleuniger-getriebene Systeme, die zum Beispiel industriell radioaktiven Abfall umwandeln könnten. «Megapie ist auf dem noch offenen Weg zur Transmutation ein entscheidender Schritt», ist Werner Wagner überzeugt und spricht damit auch für seine Kollegen. Einige wichtige Wegmarken birgt seit Ende 2006 ein strahlender Metallklotz am PSI.



Megapie: Megawatt Pilot Experiment, an dem 170 Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker von neun Forschungsinstitutionen aus Europa (CEA/F, CNRS/F, ENEA/I, FZK/D, PSI/CH, SCK-CEN/B), Japan (JAEA), Korea (KAERI) und den USA (USDOE) beteiligt sind.

Spallations-Neutronenquelle SINQ: Grossanlage des PSI, in der Neutronen für Forschungszwecke erzeugt werden.

Target (engl. Zielscheibe): Material, auf das in der SINQ energiereiche Protonen gelenkt werden, um durch Spallation daraus Neutronen freizusetzen.

Spallation: Beim Beschuss eines Atomkerns mit einem Projektil hoher kinetischer Energie (bei Megapie: Protonen) wird der Kern in kleinere Bruchstücke zerschmettert, bei Megapie u. a. in mehrere Neutronen.

Ringzyklotron: Weltweit leistungsstärkster Protonenbeschleuniger, seit über 30 Jahren am PSI installiert.

Transmutation: Umwandlung von langlebigen radioaktiven Atomen in kurzlebige Atome, zum Beispiel in Beschleuniger-getriebenen Systemen (ADS), die dazu wie die SINQ Spallations-Neutronen erzeugen.

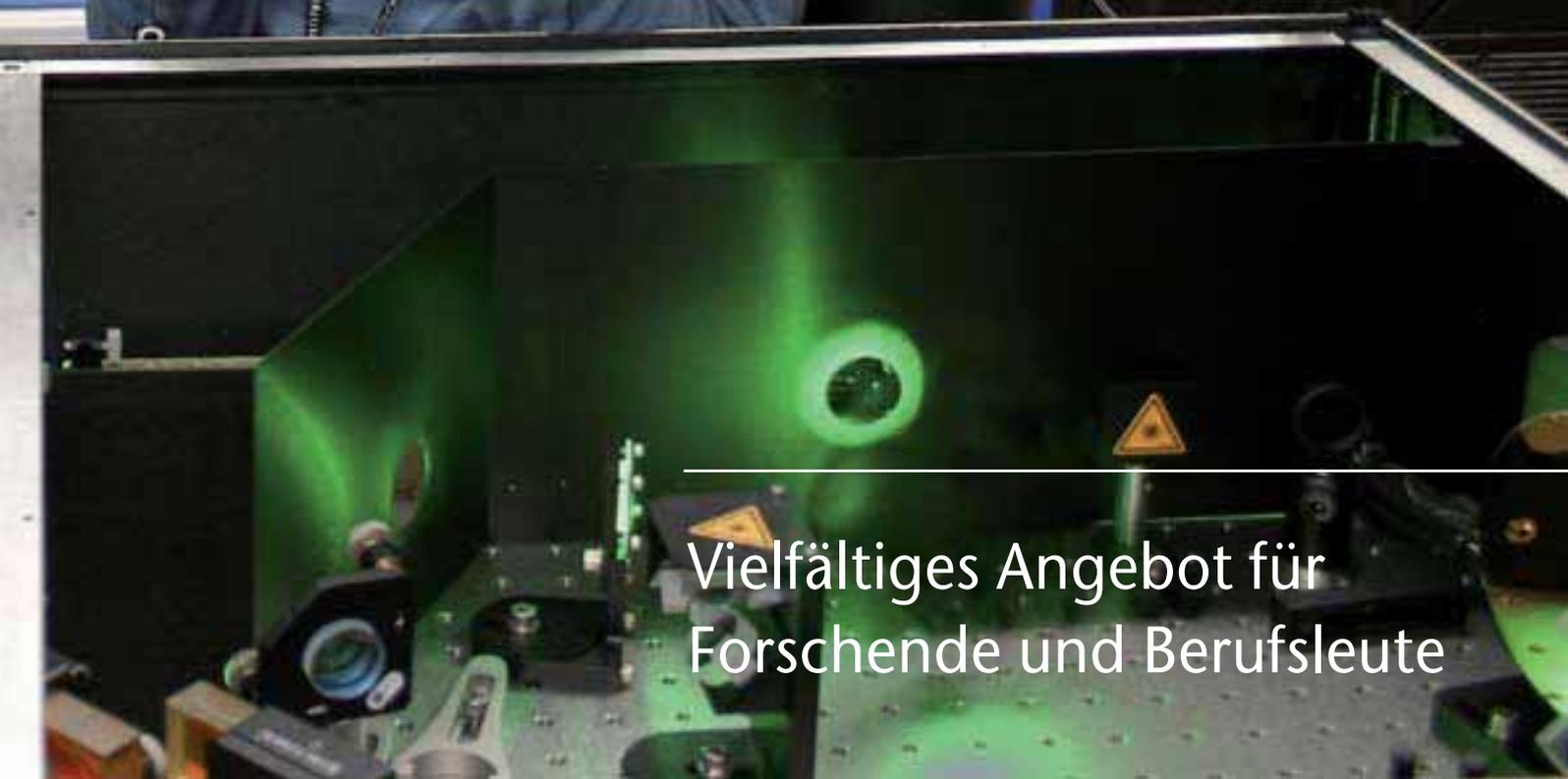
<http://megapie.web.psi.ch>

Text: **Beat Gerber**

Illustration: **Andreas Gefé**



Nachwuchs im Laserlabor: Physiker Paul Beaud und seine zwölfjährige Tochter Muriel in der SLS (Seite 47).



Vielfältiges Angebot für
Forschende und Berufsleute



Mit seinem Engagement in der Ausbildung investiert das PSI auch in die Zukunft der Forschung.

Studierende am PSI

Wo Nachwuchs forscht

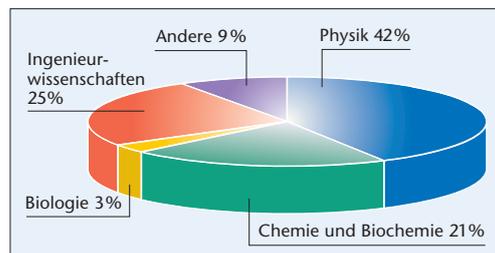
Für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind die Grossanlagen und Labors des PSI begehrte Aus- und Weiterbildungsplätze. Dementsprechend stark engagiert sich das Institut im Bereich Lehre mit Doktorandenbetreuung sowie im Unterricht an Hoch- und Fachhochschulen.

270 Studierende sind zurzeit am PSI im Rahmen interner oder externer Forschungsgruppen mit ihrer Doktorarbeit beschäftigt. Davon werden mehr als 170 vom PSI finanziert. Ihre Grundausbildung haben die jungen Doktoranden vor allem in Physik, Chemie und den Ingenieurwissenschaften absolviert; die meisten davon an den ETH Zürich und Lausanne, den Universitäten Bern und Zürich oder im Ausland. Das PSI leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Graduate School des ETH-Bereichs. Am meisten Doktorierende, nämlich 57, forschen im Bereich Allgemeine Energie. Im Vergleich zum Vorjahr verzeichnen Festkörperforschung (+45 Prozent) und Nuklearenergie (+35 Prozent) den grössten relativen Zuwachs an Promotionsarbeiten. Etwas zurückgegangen ist die Zahl der Doktoranden im Bereich Teilchen und Materie (-12 Prozent).

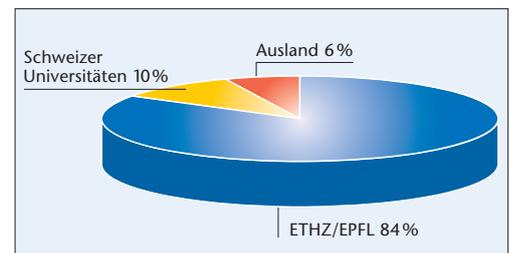
38 Studierende, darunter acht Frauen, schlossen 2006 ihre Doktorarbeit am PSI ab. Die Themen reichen von der «Oxidation von Dieselruss in katalytischen Systemen» über «Magnetische Strukturen und Anregungen in einem Supraleiter» bis zur «Strukturellen und funktionalen Analyse eines Fadenwurms».

Beliebter Ort für Praktika

Zudem haben 49 Absolventen von Hochschulen oder Fachhochschulen ihre Diplomarbeit am PSI durchgeführt. Darüber hinaus ist das Institut ein sehr beliebter Ort für Praktika. 2006 nahmen 93 Praktikanten diese Gelegenheit wahr; über 70 Prozent davon kamen aus dem Ausland, weit über ein Drittel waren Frauen.



Absolvierte Grundausbildung der am PSI angestellten Doktoranden. Ein Viertel davon sind Frauen.



Ausbildungsherkunft der am PSI angestellten Doktoranden.



Wissenschaftler im Wildwasser: Teilnehmer der 5. PSI-Sommerschule für Festkörperforschung in Zuoz.

Drehscheibe des Wissens

An Tagungen und Workshops, Symposien und Seminaren, Konferenzen und Kongressen trifft sich die internationale Wissenschaftsgemeinschaft, um über neuste Resultate zu berichten und sich auszutauschen. Das PSI hat 2006 zahlreiche solche Veranstaltungen organisiert. Eine Auswahl.

Meetings der Benutzerlabors

SpS-Nutzer-Meeting am 25. und 26. Januar: 70 Teilnehmende aus der Myon-Spin-Spektroskopie-Fachwelt; 30 Referate über Magnetismus, Supraleitung, Thermoelektrika, dünne Filme, Soft Matter und weitere Spezialitäten.

Nutzer-Meeting der Teilchenphysik am 15. und 16. Februar: 120 Teilnehmende; 14 Präsentationen; im Fokus: Abschlussbericht pi-beta-Strahlungserfall mit verbesserten Messungen.

SINQ-Nutzer-Meeting am 10. Mai: 80 Teilnehmende; 27 Talks, 6 Poster aus der weltweiten SINQ-Forschungsgemeinschaft.

SLS-Nutzer-Meeting am 28. und 29. September: 120 Teilnehmende; 19 Vorträge und 44 Poster-Beiträge aus der internationalen Synchrotronstrahlungsgemeinde.

Sommerschulen in Zuoz

17. PSI-Sommerschule der Teilchenphysik vom 16. bis 22. Juli im Lyceum Alpinum: 65 Forschende und Doktoranden aus 18 Ländern folgten der Einladung und stellten fest: «Effektive Theorien» sind salonfähig geworden, sind sie doch oft die einzige Möglichkeit einer konsistenten theoretischen Beschreibung.

5. Sommerschule für Festkörperforschung vom 19. und 26. August im Lyceum Alpinum: 87 Teilnehmende, darunter 55 Diplomanden, Doktoranden

oder Post-Doc-Studierende aus 15 Ländern; das Thema der Referate und Diskussionen drehte sich um die Neutronen, Röntgenstrahlen und Myonen zur Untersuchung von Nanostrukturen.

Energie-Veranstaltungen

ENE-Seminarreihe: 42 Seminare mit jeweils 30 bis 80 Teilnehmenden; herausragende Themen waren die Bewertung der Biomassenutzung, In-situ-Messverfahren und die Forschung des neuen Kompetenzzentrums Energie und Mobilität CCEM. Darüber hinaus wurden die Resultate von 14 abgeschlossenen Dissertationsarbeiten vorgestellt.

NES-Kolloquien: 13 Veranstaltungen mit jeweils 20 bis 40 Zuhörern u. a. über geologische Tiefenlager und MOX-Brennstäbe mit Horst-Michael Prasser, dem neuen Professor für nukleare Energiesysteme an der ETH Zürich.

Weitere Veranstaltungen

Elektrochemie in Biologie und Medizin: Seminar am 11. Mai mit 7 Referaten und 70 Teilnehmenden.

Struktur, Dynamik und Funktion von Proteinen in biologischen Membranen: 3. internationale Konferenz auf dem Monte Verità in Ascona, 14. bis 19. Mai. Organisator: PSI, zusammen mit der Uni Basel. 120 Teilnehmende, über 40 Referate zu einem rasch fortschreitenden Forschungsgebiet.

PTCOG (Particle Therapy Co-Operative Group) Conference: Konferenz der wissenschaftlichen Dachorganisation für Protonentherapie vom 12. bis 16. Juni am PSI und in Zürich. 400 Teilnehmende, ca. 60 Referate, Workshop, Industrieausstellung und Besuch der Protonentherapie-Anlage am PSI.

Wissenschaftliche Veranstaltungen



Nutzer der Spallations-Neutronen-Quelle SINQ am jährlichen Meeting.

Weiterbildung gefragt

2006 nahmen am PSI im Rahmen der Personalentwicklung über 600 Personen an Weiterbildungskursen teil. Am meisten besucht wurden Informatik- (29 Prozent) und Führungskurse (21 Prozent), aber auch die Fachausbildung (18 Prozent) und Sprachkurse (16 Prozent) fanden Anklang. Die Kosten für die Weiterbildung betragen 2006 rund 817 000 Franken, also knapp 650 Franken pro Mitarbeiter.



Wasser entsalzen oder gefrieren: Die Themen der Sjf-Studienwoche gaben Jungforschern zu denken.

Nachwuchsförderung

Kontakt: fritz.gassmann@psi.ch

Die Wüste grünt

Mit verschiedenen Veranstaltungen will das PSI mithelfen, Jugendliche für ein naturwissenschaftliches Studium zu motivieren.

Schweizer Jugend forscht (Sjf)

Zehn Gymnasiastinnen und acht Gymnasiasten aus zehn Schweizer Kantonen haben an einer Studienwoche vom 2. bis 7. Oktober teilgenommen, die von der Stiftung «Schweizer Jugend forscht» organisiert wurde. Die jungen Leute haben in vier Gruppen zwei anspruchsvolle Themen untersucht. Je eine Gruppe hat sich an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft in Birmensdorf und am PSI die Aufgabe gestellt, ein Projekt zur Begrünung der Sahara zu entwickeln. Die zwei weiteren Gruppen haben am Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung in Davos und am PSI Methoden zur Rettung eines Gletschers vor dem baldigen Abschmelzen entwickelt.

Die beiden sehr anspruchsvollen Themen wurden im PSI-Auditorium den Eltern sowie der Sjf-Geschäftsführerin vorgestellt. Es war faszinierend mitzuerleben, wie die Vorstellungen im Laufe der

Woche zunehmend konkreter wurden, sodass die Projekte bei der mit viel Engagement gehaltenen Schlusspräsentation ihren anfänglich utopischen Charakter weitgehend verloren hatten. Für die Rettung des 6 km langen Griesgletschers müssten rund 380 Liter Wasser pro Sekunde in die Firnmulde gepumpt und dort verteilt und gefroren werden. Im Sahara-Projekt zeigte sich, dass 100 000 km² Wüste begrünt werden müssten, damit der durch das Ökosystem induzierte Niederschlag dieses zu erhalten vermöchte. Oasen müssten sukzessive angepflanzt und bewässert werden. Dazu müssten in einer Zwischenphase 16 grosse Entsalzungsanlagen 50 m³ Wasser pro Sekunde liefern: viel, aber nicht unmöglich viel!

Summer Lecture Series

Auch im vergangenen Jahr stiess die mit 25 Teilnehmern durchgeführte Vorlesungsreihe «Summer Lecture Series» beim internationalen Forschungsnachwuchs auf grosses Interesse: Studierende aus der ganzen Welt benutzten die Gelegenheit, einen fundierten Einblick in die Tätigkeiten des PSI auf den verschiedensten Gebieten zu erhalten. Sie investierten ihre Semesterferien in eine erste Forschungserfahrung. Die Summer Lecture Series sind ein äusserst wertvolles Angebot zur Kontaktpflege mit jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, was sich für das PSI als Forschungszentrum mit weltweiter Ausstrahlung auszahlt.

Praktikum für Schüler

Fünf Schülerinnen und Schüler der Kantonsschule Wettingen haben am PSI ein dreiwöchiges Praktikum in den Gebieten Kernenergie, Neutronen und Myonen sowie Teilchen und Materie absolviert und kamen dabei erstmals mit der Wissenschaft und dem Berufsleben in direkten Kontakt.



Begeistert von der Schweiz und dem wissenschaftlichen Umfeld: Genna Elizabeth Woolston, Sommerpraktikantin aus Kanada.



Solarzellen im Test: Mädchen erkunden das Arbeitsgebiet von Physiklaborantin Valerie Kröni (rechts).

Forschung ist weiblich

Was möchtest du einmal werden? Physikerin? Chemikerin? Informatikerin? Mit gezielten Informationen und Besuchen an entsprechenden Arbeitsplätzen sollen am Nationalen Tochtterttag Mädchen für Wissenschaft und Technik begeistert werden. Das PSI war selbstverständlich auch dieses Jahr dabei.

Für das PSI ist der Nationale Tochtterttag jeweils eine gute Gelegenheit, etwas dafür zu tun, dass der weibliche Nachwuchs in der Forschung und Technik nicht ausbleibt. Das Interesse der angesprochenen Schülerinnen des 4. bis 9. Schuljahres am Tochtterttag im PSI war gross: Mehr als 60 Mädchen haben ihre Eltern zur Arbeit in die Labors, Experimentierstationen, Werkstätten und Büros begleitet. Mit dieser Aktion sollen vermehrt Mädchen für wissenschaftliche und technische Berufe gewonnen werden. Die Schweiz ist auf einen starken Nachwuchs dringend angewiesen, will das Land in der Forschung an der Spitze bleiben.



So gross ist ein Kubikzentimeter Luft: Die Umweltwissenschaftlerin Rahel Schmidhauser erklärt Untersuchungen der Aussenluft.

Das PSI als grösstes nationales Forschungszentrum konnte den jungen Besucherinnen attraktive und spezielle Arbeitsplätze vorstellen. Nachdem am Morgen der Physiker und Laborleiter Christoph Quitmann die Mädchen mit anschaulichen Experimenten in die Geheimnisse der Physik einweihete, standen am Nachmittag 13 Begegnungsorte mit Berufsfrauen zur Auswahl.

Expedition in den Eisraum

An diesen Stationen erhielten die interessierten Schülerinnen zum Beispiel Einblick in den Arbeitsalltag einer Physikerin an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz oder einer Radioonkologin in der Protonentherapie. Andere durften zusammen mit Chemikerinnen sowie Chemie- und Physiklaborantinnen mit verschiedenen Forschungsinstrumenten experimentieren oder gar bei minus 20 Grad den Eisraum erkunden. Weitere Begegnungen in Büros und Labors bewiesen, dass Frauen auch als Konstrukteurinnen und Elektronikerinnen ganze Arbeit leisten.



Eiskalter Drink: Der Physiker Christoph Quitmann demonstriert im Auditorium flüssigen Stickstoff.

4. Tochtterttag am PSI

Kontakt: sabine.schenker@psi.ch



Was tut ein Automatiker? An einem der zwölf Stände der Berufsshow erhalten Interessierte eine Antwort.

Berufsbildung

<http://bab.web.psi.ch>

Ausgezeichnet!



Christian Lang (rechts) vom PSI erkämpfte sich an der Schweizer Meisterschaft für Elektroniker im November in Genf dank guten Fachkenntnissen und sicherem Auftreten den dritten Platz. Der jährliche Wettkampf wurde erstmals öffentlich durchgeführt, was den jungen Berufsleuten ein Höchstmass an Konzentration abverlangte. Zusätzlich zu den praktischen Aufgaben wie dem Bau eines Prototypen hatten sich die Teilnehmenden einem Persönlichkeits- und Konzentrationstest zu unterziehen.

Auch die Köchinnen im Personalrestaurant OASE des PSI stellten an der 14. Ausstellung für Gastgewerbe, Hotellerie und Gemeinschaftsgastronomie in Luzern ihr Können unter Beweis. Den Gesamtsieg in der Kategorie «bester Lehrling» holte sich Jeannette Dietwyler, Kochlernende im 3. Lehrjahr.

Hier lernt man was

2000 Besucher informierten sich an einer Veranstaltung über die Ausbildungsmöglichkeiten für Jugendliche am PSI, dem grössten Anbieter von Lehrstellen in der Region.

Der Vorplatz des psi forum verwandelte sich am letzten Augustsonntag in einen bunten Basar. Die Lehrlinge des PSI stellten der Bevölkerung ihre 12 Berufe vor. Von Chemie- und Physikalaborantinnen über Polymechniker und Automatiker bis hin zu Kauffrau und Koch waren die jeweiligen Berufe mit einem Marktstand vertreten. Ein Info-Stand des Berufsinformationszentrums BIZ war ebenfalls vorhanden. Interessierte Jugendliche und ihre Eltern konnten sich über das Berufslehreangebot informieren und erhielten einen vielseitigen Einblick in die Arbeitswelt an einem Forschungsinstitut. Trotz des schlechten Wetters benutzten rund 2000 Personen das Angebot. Wegen des grossen Erfolgs wird der Anlass am 1. Juli 2007 wiederholt und soll ein fester Bestandteil des Jahresprogramms der PSI-Berufsbildung werden.

Für Körper und Geist

Brücken bauen – nicht nur über die Landwasser und ein tiefes Tobel, sondern auch zur einheimischen Bevölkerung im Albulatal, das war das Ziel des PSI-Lehrlingslagers '06 im Bündnerland. Die 78 Jugendlichen machten während der zwei Wochen vielseitige Erfahrungen und bekamen Einblick in ihnen fremde Lebensumstände.

Sie arbeiteten an verschiedenen Projekten des Tourismusbereichs mit. So halfen sie tatkräftig beim Bau eines neuen Wanderwegs, der rund um die Burgruine Belfort führt. Sie stellten einen alten Wasserkanal in Stand, der künftig als Kneippweg dienen soll, erstellten einen Steg durch ein Moorgebiet und gingen in Brienzauls einem Bauern beim Umbau seines Stalls zur Hand. Als Abwechs-

lung zur beruflichen Ausbildung in den Labors und Werkstätten eines grossen Forschungszentrums hat den Jugendlichen die körperliche Arbeit in freier Natur sehr gefallen.



Angehende Physikalaboranten, Elektroniker und Kaufleute helfen im PSI-Lehrlingslager einem Bauern im Albulatal beim Umbau des Stalls.



Inhalieres Radon kann Krankheiten lindern, bei hohen Dosen steigt aber das Lungenkrebsrisiko.

Heilend und tödlich

Radon nutzt man für therapeutische Zwecke. In zu hohen Dosen ist das Edelgas aber krebserregend. Diesen Gegensatz hat ein Seminar der Schule für Strahlenschutz des PSI thematisiert.

Aus dem Kreis der Besucherführerinnen und Besucherführer von Kernkraftwerken kam der Hinweis, dass sich in unmittelbarer deutscher Nachbarschaft – in St. Blasien-Menzenschwand – ein Radon-Therapiezentrum befindet. Was lag näher, als diese Thematik aufzugreifen und am PSI im November ein Radon-Seminar zu organisieren.

Besteht ein Widerspruch zwischen einem gezielten Einsatz der Strahlenwirkung durch Radon für therapeutische Zwecke und dem Anliegen, die Radonkonzentration in der Luft an unsern Wohn- und Arbeitsplätzen möglichst tief zu halten, da sie massgeblich Lungenkrebs fördert? Die gegensätz-

lichen Wirkungen galt es durch kompetente Forscher aufzuzeigen. Die beiden Referenten Georges Piller vom Nationalen Radonprogramm und Professor Henning von Philipsborn (Universität Regensburg) legten in ihren Vorträgen die unterschiedlichen Sichtweisen dar. Danach beteiligte sich das Auditorium an einer regen Diskussion, interessieren doch die Probleme rund ums Radon ein breites Publikum.

Am PSI befassen sich Forscher mit den Wechselwirkungen der ionisierenden Strahlung mit dem menschlichen Gewebe. In diese biologischen und medizinischen Forschungsgebiete gehören auch die Wirkungen des radioaktiven Edelgases Radon auf den Menschen. In der Schweiz beträgt die Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon ca. ein Drittel der gesamten natürlichen Strahlenbelastung.

Sicher und routiniert

An der Reaktorschule des PSI hat sich der Technikerlehrgang in der Grundausbildung etabliert. Künftig sollen die Weiterbildungskurse ausgebaut werden.

Die PSI-Reaktorschule ist eine eidgenössisch anerkannte höhere Fachschule für Technik und leistet die Grundausbildung in Vollzeit für angehende Reaktor-Operateure. Im Mai erhielten elf Absolventen des Technikerlehrgangs T-35 ihre Diplome als Techniker HF Kernkraftwerkstechnik. Derzeit läuft erfolgreich der im Januar 2006 gestartete T-36; für den kommenden Lehrgang T-37 sind bereits 17 Studenten gemeldet.

Neben dieser Grundausbildung bietet die Reaktorschule auch verschiedene zertifizierte Wiederholungs- und Weiterbildungskurse an. So wurde ein Fachingenieurkurs mit 22 Teilnehmern begonnen, der modular über zwölf Wochen bis Ende 2007 dauert. Der Kurs richtet sich an das nichtlizenzpflichtige technische Personal (Fachhochschul- und Hochschulabsolventen) der schweizerischen Kernkraftwerke und bietet neben einem theoretischen auch einen experimentellen Teil, der am Schulungsreaktor der Universität Basel stattfindet. Das Angebot solcher Wiederholungs- und Weiterbildungskurse soll in Zukunft ausgebaut werden.

Strahlenschutz

<http://srp.web.psi.ch>

Kernkraftwerkstechnik

<http://rs.web.psi.ch>



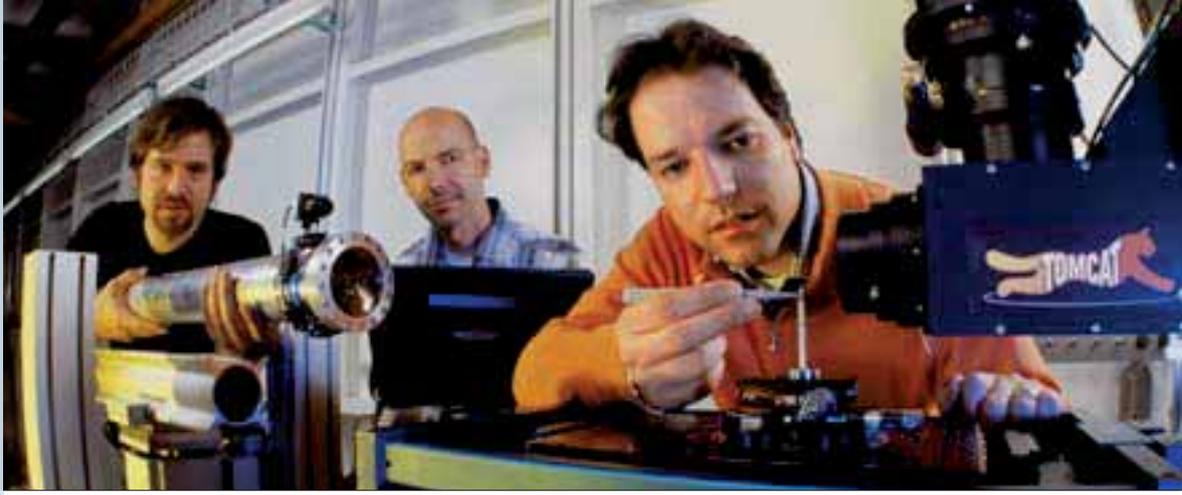
Tscherenkow-Strahlung im Schulungsreaktor der Uni Basel: Das blaue Licht entsteht, wenn sich geladene Teilchen im Wasser schneller als die Lichtgeschwindigkeit in diesem Medium bewegen.





Ereignisse '06

Erstaunte Politiker und
schwere Manöver



Mit der TOMCAT-Strahllinie an der SLS lässt sich das Innere von winzigen Objekten visuell nach aussen kehren.

Neue SLS-Strahllinien

<http://sls.web.psi.ch>



Die Chefs «am Drücker»: Patrick Aebischer (rechts), Präsident der ETH Lausanne (EPFL), und PSI-Direktor Ralph Eichler starten symbolisch die neue Strahllinie TOMCAT für Mikrotomografie.

Hallo Nanowelt!

An der SLS wurden 2006 zwei neue Strahllinien eingeweiht. Beide Experimentierstationen wurden in Kooperationen mit andern Hochschulen realisiert und erschliessen den Forschenden die Welt des Millionstelmillimeters.

In der Forschung spielen Bilder, die fürs menschliche Auge nicht mehr erkennbare Objekte darstellen, eine immer entscheidendere Rolle. Das PSI hat bei der Entwicklung solcher bildgebender Verfahren die Nase vorn und erforscht an seinen Grossanlagen innovative Methoden. Die ETH Lausanne will davon profitieren und hat in eine neue Strahllinie für Röntgen-Mikrotomografie am PSI investiert. Die Experimentierstation TOMCAT ermöglicht biomedizinische Untersuchungen, die mit Hilfe der Nanobilder zu Erkenntnissen über bisher unverstandene Krankheiten führen sollen.

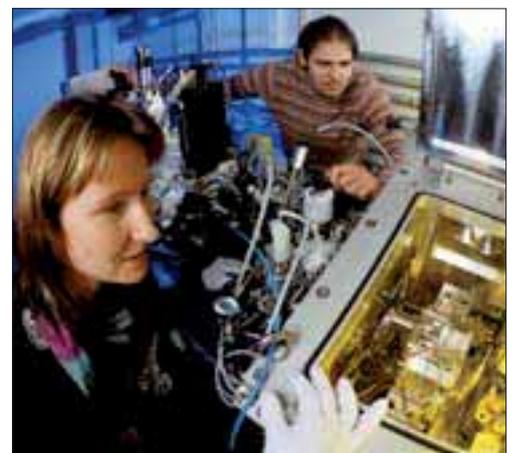
«Die Anlage mit modernster Technik dient uns für Experimente innerhalb unserer Forschungsprogramme in Life Sciences, Medizin- und Materialwissenschaften», sagte Patrick Aebischer, Präsident der ETH Lausanne, bei der Eröffnung. Auch PSI-Direktor Ralph Eichler zeigte sich anlässlich der Einweihungsfeier im Juni erfreut über die Kooperation: «Wir stehen am Anfang einer engeren Zusammenarbeit mit den beiden ETH. Mit multidisziplinären Kooperationen zwischen PSI und Hochschulen sind künftig in der Forschung vermehrt Durchbrüche möglich.»

Scharfe Röntgenlupe

Mit der Inbetriebnahme der POLLUX-Strahllinie erhielt die SLS im November 2006 eine scharfe Röntgenlupe. Eine Röntgenlinse fokussiert dabei den Lichtstrahl der SLS auf 30 Nanometer (0,0000003 m). Für Forschende aus vielen Wissenschaftsdisziplinen öffnet sich damit ein drin-

gend benötigter Zugang zur Nanowelt. So lassen sich mit POLLUX zum Beispiel Verteilungskarten von chemischen Elementen im Nanobereich erstellen. Diese Analysen dienen den Materialwissenschaftlern zum Studium des Magnetismus von Nanostrukturen, was schliesslich zu leistungsfähigeren Magnetspeichern für Computer führen kann. Auch die Umweltforschung wird von der POLLUX-Strahllinie profitieren: So verraten zum Beispiel Jahrmillionen alte Pollen, die auf diesem Weg untersucht werden, Geheimnisse über die Erdgeschichte. Oder Feinstaubpartikel und kleinste Nebeltröpfchen werden dank POLLUX sichtbar und können auf chemische Zusammensetzung und Reaktivität untersucht werden.

Die neue Strahllinie wurde als Gemeinschaftsprojekt von Universität Erlangen-Nürnberg und PSI gebaut. Die Finanzierung von 2,5 Millionen Franken übernahm das PSI gemeinsam mit dem deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung.



Die POLLUX-Strahllinie an der SLS ermöglicht neuartige Experimente in vielen Disziplinen der Naturwissenschaften und Technologie.



330 Gruppen besuchten 2006 das PSI – so auch die 400 Teilnehmer der Protonentherapie-Konferenz PTCOG.

Grosse und grüne Gruppen

Von der Forschungswelt des PSI lassen sich Menschen mit unterschiedlichstem Hintergrund begeistern: Gymnasiasten und Hausfrauen, hochbegabte Kinder und Rekruten, Ingenieure und Spitzenforschende.

Bei jeder Gruppe muss der PSI-Besucherdienst das richtige Mass an Informationsmenge und -tiefe finden. Nur wer dem Gehörten folgen kann und sich ernst genommen fühlt, gewinnt ein positives Bild vom PSI. Die Besucherumfrage 2006 zeigt, dass die Qualität stimmt. Über 85 Prozent aller Befragten haben beim Rundgang einen sehr positiven Gesamteindruck des PSI gewonnen. Um komplexe Inhalte nicht an akustischen Hindernissen scheitern zu lassen, setzen wir eine Mikrofonanlage für die Führungen ein. Dies wird von den Besuchern sehr geschätzt.

Erstmals wurde in den Sommerferien ein Forschungsmorgen für Kinder von Mitarbeitenden angeboten: Die Nachfrage war so gross, dass alle



Zeitung anzünden ohne Feuerzeug am Forschungsmorgen für Kinder.

26 Plätze in Kürze ausgebucht waren. Ein anderes Highlight bedingte vorerst die Lösung eines gordischen Knotens: Wie können 300 Teilnehmer der vom PSI durchgeführten, internationalen Protonentherapie-Konferenz PTCOG 2006 in zwei Stunden durch die Bestrahlungsanlagen geführt werden? Die Antwort: Dank Stoppuhren und Stationsverantwortlichen, die ihren Einsatz im Voraus durchgespielt hatten, konnte der enge Zeitplan minutiös eingehalten werden. Zudem wurde jeder Gruppe eine Betreuungsperson zugeteilt, die den Ablauf koordinierte. Auf diese Weise löste sich der Knoten wie von Zauberhand auf, und das anspruchsvolle Fachpublikum zeigte sich vollauf zufrieden.

Wissenschaft auch im Kindergarten

Besonders erfreulich ist, wenn die Zahl der Anmeldungen über den Erwartungen des Organizers liegt. Bei der Generalversammlung des Vereins für hochbegabte Kinder rechnete man mit 50 Kindern, schliesslich nahmen 100 teil. Die aufgeweckten Kids folgten mit grossem Interesse dem ihrem Alter angepassten Programm: Experimente zum Tüfteln für die Kleinsten, ein Rundgang zur Energieforschung für die Mittleren und ein Einblick in die Grossforschungsanlage SLS für die Teenager.

Es gab aber auch Gruppen, deren blosser Name bereits Spannung verhies: Beim Wernerclub etwa umfasste die Teilnehmerliste lauter Werner. Selbstverständlich betreute sie am PSI ein Besucherführer mit entsprechendem Vornamen. Beim Stabs-tag der Infanteriebrigade 5 bestand das Publikum aus 80 Männern, alle im Tenü grün. Wie wissenschaftliche Frühförderung umgesetzt werden könnte, ergaben Ideen bei einem Besuch angehender Kindergärtnerinnen im Rahmen des «Bildungsfrühlings» – einer Aktion des Bundeslandes Baden-Württemberg.

PSI-Besucherdienst

www.psiforum.ch



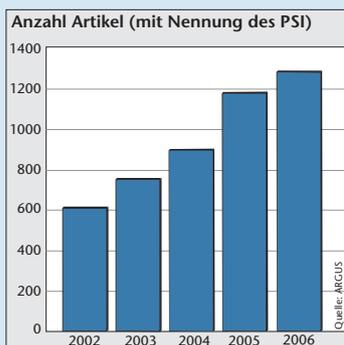
Preiswürdig: Die brisanten PSI-Messresultate zum Feinstaub (rechts im MisoX) lösten ein grosses Medienecho aus.

Medien

www.psi.ch

PSI-Preis für Wissenschaftskommunikation

André Prévôt und Urs Baltensperger vom Labor für Atmosphärenchemie (im Bild von links mit PSI-Direktor Ralph Eichler in der Mitte) wurden mit dem PSI-Preis für Wissenschaftskommunikation 2006 ausgezeichnet. Die beiden Umweltforscher haben dem aktuellen und gesellschaftlich relevanten Thema «Feinstaub in der Schweiz» in öffentlichen Vorträgen, in zahlreichen Interviews mit Publikumsmedien sowie mit Beiträgen in Fachzeitschriften zu einer ausserordentlich grossen Publizität verholfen. Die brisanten Resultate ihrer Untersuchungen (grosser Anteil der Emissionen aus Holzfeuerungen am Feinstaub) haben überdies zur Verschärfung der Schweizer Luftreinhalte-Verordnung beigetragen.



Präsenz des PSI in den Schweizer Publikumsprintmedien.

Ringen um Aufmerksamkeit

Nachrichten aus der Wissenschaft lassen sich zwar einfach im Web veröffentlichen, doch sie erreichen dort nur beschränkt ihr Zielpublikum. In viel beachteten Publikumsmedien wie Presse, Radio und Fernsehen dagegen hat die Forschung beim Kampf um Platz und Sendezeit einen schweren Stand. Die besten Chancen haben aktuelle und originelle Themen.

Das Web hat sich in letzter Zeit als Lieferant schneller News etabliert und präsentiert dieses Angebot auf unzähligen Portalen. Das Radio sendet die gleichen Neuigkeiten dann in Büros und Autos, und kurze Zeit später liefert das Fernsehen die bewegten Bilder und sprechenden Köpfe dazu. Tageszeitungen liegen im immer schneller werdenden Newsgeschäft zeitlich zurück, können aber – sofern die journalistischen Mittel vorhanden sind – hintergründig informieren und das Geschehen von gestern kommentieren und einordnen. Diese wichtige Funktion leisten die höchst erfolgreichen Gratiszeitungen nicht. Die Blätter in Tabloidformat bleiben eine gedruckte Tagesschau, die man schnell wieder vergisst.

Bei den Wochenzeitungen und Magazinen verhindert der erbitterte Konkurrenzkampf oft eine sachliche Aufbereitung der Themen. Für Fernsehsendungen zählt die werberelevante Einschaltquote und für die Printmedien die Auflage, die sich – wie häufig in der Sonntagspresse – mit Indiskretionen steigern lässt.

Unter solchen Verhältnissen steht die Wissenschaft häufig auf verlorenem Posten. Ihre komplexen Themen und langwierigen Prozesse verhindern oft eine Berichterstattung in aktuellen und viel beachteten Medien. Und doch ist die Ausstrahlung der Forschung in die Öffentlichkeit bitter nötig, damit auch die breite Bevölkerung ein

kontrastreiches Bild davon erhält – notabene von einer für das Wohlergehen der Schweiz existenziellen Branche. Nicht wenige Vertreter der akademischen Welt bekunden Mühe mit den Medien, weil sie ihrer Meinung nach zu oberflächlich und zu verzerrt über ihre Arbeit berichten. Doch ändern lassen sich die herrschenden medialen Bedingungen nur sehr schwer, deshalb gilt es, beim Kampf um öffentliche Aufmerksamkeit sich bietende Chancen zu packen.

Ur-Embryos und unterschätzter Asbest

Mit aktuellen und spannenden Themen konnte das PSI auch 2006 seine Präsenz in den Schweizer Publikumsmedien erhöhen. Grosses Echo fanden die Feinstaubmessungen (Box links), chemische Versuche mit einem kürzlich entdeckten Element (Seite 14), Detailbilder von urzeitlichen Embryos sowie die Pixel-Chips für die grossen CERN-Experimente (Seite 26).

Unterschätzt wurde am PSI das Auftauchen von Asbest beim Abbau des Forschungsreaktors Diorit. Einige der eingesetzten Mitarbeiter waren kurzfristig einer erhöhten Asbestbelastung ausgesetzt. Die Kommunikation über den bedauerlichen Vorfall verlief auf allen Stufen nicht optimal, sodass schliesslich das PSI in der Sendung «10 vor 10» des Schweizer Fernsehens scharf kritisiert wurde. Auch diverse Printmedien nahmen in der Folge das Thema auf. Die Verantwortlichen haben aber aus dem Ereignis gelernt und die nötigen sicherheitstechnischen und kommunikativen Lehren gezogen.



Berner Nationalräte im HY-LIGHT: Hermann Weyeneth (SVP) und Margret Kiener Nellen (SP).

Beeindruckt und verblüfft

15 Mitglieder des National- und Ständerats liessen sich im Herbst über die Forschungsaktivitäten des PSI informieren. Bei diesen direkten Kontakten lässt sich das Verständnis der Volksvertreter für die Wissenschaft vertiefen.

Bei jeder Führung durch das PSI sind Politikerinnen und Politiker immer wieder fasziniert von der Grösse und Komplexität der Forschungsanlagen und zeigen sich erstaunt über die Vielseitigkeit der Projekte in den unterschiedlichsten Disziplinen der Wissenschaft. Nicht anders erging es den 15 National- und Ständeräten, die am 18. Oktober 2006 dem PSI eine Visite abstatteten. Auf dem nachmittäglichen Rundgang erhielten sie einen attraktiven Einblick in die Forschung des Instituts, fokussiert auf die Bereiche Gesundheit und Energie.

Vorgelegt wurden den Volksvertretern die Protonentherapie, die SLS sowie verschiedene Energieprojekte. Zum Abschluss durften sich die Damen und Herren des eidgenössischen Parlaments an einer kurzen Spritzfahrt im HY-LIGHT erfreuen.

Verblüfft nahmen die Gäste aus Bundesbern zur Kenntnis, dass das Brennstoffzellen-Auto von Michelin und PSI weder Lärm noch schädliche Abgase erzeugt und gleichwohl rassig beschleunigt.



Erheiternde Proteinkristalle: Ins Mikroskop äugt Nationalrätin und WBK-Kommissionspräsidentin Kathy Riklin (CVP, Zürich), flankiert von ihrer Aargauer Fraktionskollegin Ruth Humbel Näf und den Nationalräten Walter Donzé (EVP, 2. von links) und Martin Bäumle (Grünliberale, Zürich, links).



Methan aus Holz: Projektleiter Samuel Stucki (links) erklärt das Verfahren, scharf beobachtet von Nationalrätin Margret Kiener Nellen sowie den Ratskollegen Hermann Weyeneth (2. von links), Guy Parmelin (UDC, Waadt, 3. von rechts) und Martin Bäumle (rechts).



Das 32 Tonnen schwere Auflager der Gantry wird sorgfältig durchs Dach in die Nukleonenhalle abgesenkt.

Einbau Gantry 2

www.protonentherapie.ch

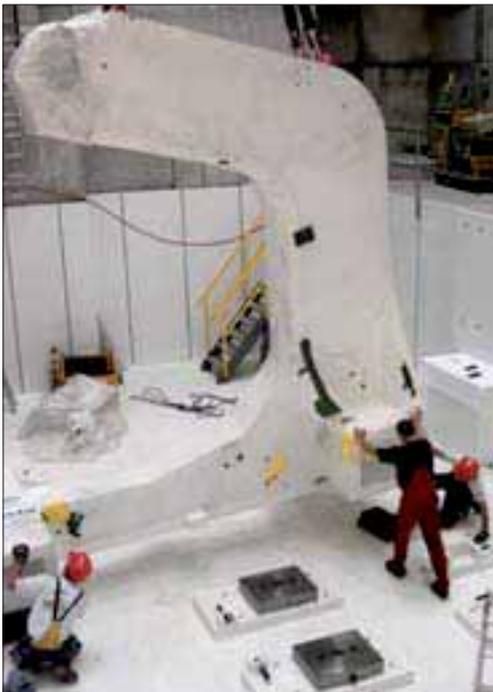
Schwebende Schwergewichte

Viel Planung und Massarbeit waren nötig, um die tonnenschweren Bauteile für die neue zweite Protonenbestrahlungsanlage an ihren Einsatzort zu manövrieren.

Der Ausbau der Protonentherapie am PSI schreitet zügig voran. Nachdem das neue Medizinzyklotron bereits installiert war und die Inbetriebsetzungsarbeiten für diesen kompakten Protonenbeschleuniger liefen, wurden Anfang August die Bauteile der zweiten Gantry mit vier Sattelschleppern angeliefert. Nun waren Köpfe und handwerkliches Geschick gefragt, galt es doch, die

mächtigen Komponenten der Bestrahlungsanlage präzise an ihrem vorgesehenen Platz zu deponieren. Und der war nicht einfach zu erreichen.

Ein riesiger Pneukran, einer der grössten und stärksten der Schweiz mit einer Traglast von 500 Tonnen, hob die vier 16 bis 32 Tonnen schweren Bauteile eines nach dem andern hoch und senkte sie durchs offene Dach in die Nukleonenhalle ab, wo sie von Fachleuten genau positioniert wurden. Den spektakulären Lufttransport im Westareal verfolgten bei schönstem Sommerwetter zahlreiche Zuschauerinnen und Zuschauer, darunter auch etliche Medienschaffende.



Das tonnenschwere Bauteil von Gantry 2 muss genauestens positioniert werden.



Die vier massigen Komponenten der neuen Bestrahlungsanlage stehen an ihrem vorgesehenen Einsatzort. Noch bleibt aber viel Arbeit, bis die ersten Patienten in der zweiten Hälfte von 2008 bestrahlt werden können.



Das neue Betriebsgebäude auf dem Westareal bietet 110 Büroarbeitsplätze. (3-D-Visualisierung)

Vorbildlich ökologisch

Im Westareal sind zwei Neubauten mit insgesamt 182 Büroarbeitsplätzen entstanden, deren Bauweise die ökologischen Standards bestens erfüllt. Platz findet darin unter anderem die wachsende Zahl der Betreuer und Nutzer der SLS.

Neuer Arbeitsraum war dringend nötig: Zum einen erfordert der Ausbau der SLS zusätzliche Arbeitsplätze für Mitarbeitende, gleichzeitig wird die Steuerung der Grossforschungsanlagen zusammengelegt und optimiert. Das neue Betriebsgebäude im PSI-Westareal, das im Juni 2007 bezugsbereit sein soll, wird diese Platzbedürfnisse abdecken.

Der Neubau hebt sich durch seine Farbigkeit von der Umgebung ab. Seine architektonische Grundstruktur ist einfach: Ein Kranz mit Büros für 110 Arbeitsplätze umgibt einen inneren Kern, in dem sich die zweigeschossige Cafeteria mit 100 Sitzplätzen, der Kontrollraum sowie vier Sitzungszimmer befinden.

Das Haustechnikkonzept basiert auf der Ausnutzung interner Wärmequellen und dem optimalen Einsatz der von der SLS zur Verfügung stehenden Energieträger Kühlwasser und Abwärme. Die Versiegelung der Grundstücksfläche durch den Neubau wird durch die extensive Dachbegrünung nahezu wettgemacht. Die Wahl der Baumaterialien entspricht den ökologischen Grundsätzen, und der winterliche Wärmeschutz, kombiniert mit dem Energiekonzept, gewährleistet eine effiziente und sparsame Energieanwendung.

Beim Wettbewerb hatte das international zusammengesetzte Preisgericht das Projekt «L'herbe rouge» von der Gross Generalunternehmung AG in Brugg zur Ausführung empfohlen. Für den Projektentwurf zeichnet das Architekturbüro Liechti Graf Zumsteg aus Brugg verantwortlich. Die Bau-

kosten belaufen sich bei einem Bauvolumen von knapp 15000 m³ auf 9,6 Millionen Franken.

Bewährt, schnell, günstig

Bereits im September konnten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus den Bereichen NES, NUM, SYN und GFA das neue Bürogebäude West WBBA beziehen. Nach nur siebenmonatiger Bauzeit bietet das in Modulbauweise ausgeführte Gebäude 72 moderne, helle Büroarbeitsplätze.

Aufgrund der positiven Erfahrungen bei der Schaffung von Arbeitsplätzen für das Hotlabor im PSI-Ostareal wählte das Immobilienmanagement für den Büroneubau West ein Generalunternehmer-Verfahren mit standardisierten Bausystemen. Die Modulbauweise bietet einige Vorteile: dreimal kürzere Bauzeit sowie Kosteneinsparungen von 20 bis 30 Prozent durch Vorfabrikation, Grossserienproduktion und standardisierte industrielle Fertigung. Zudem lässt sich ein Optimum an Qualität, Raumklima und Ökologie nahe dem Minergie-Standard erreichen.



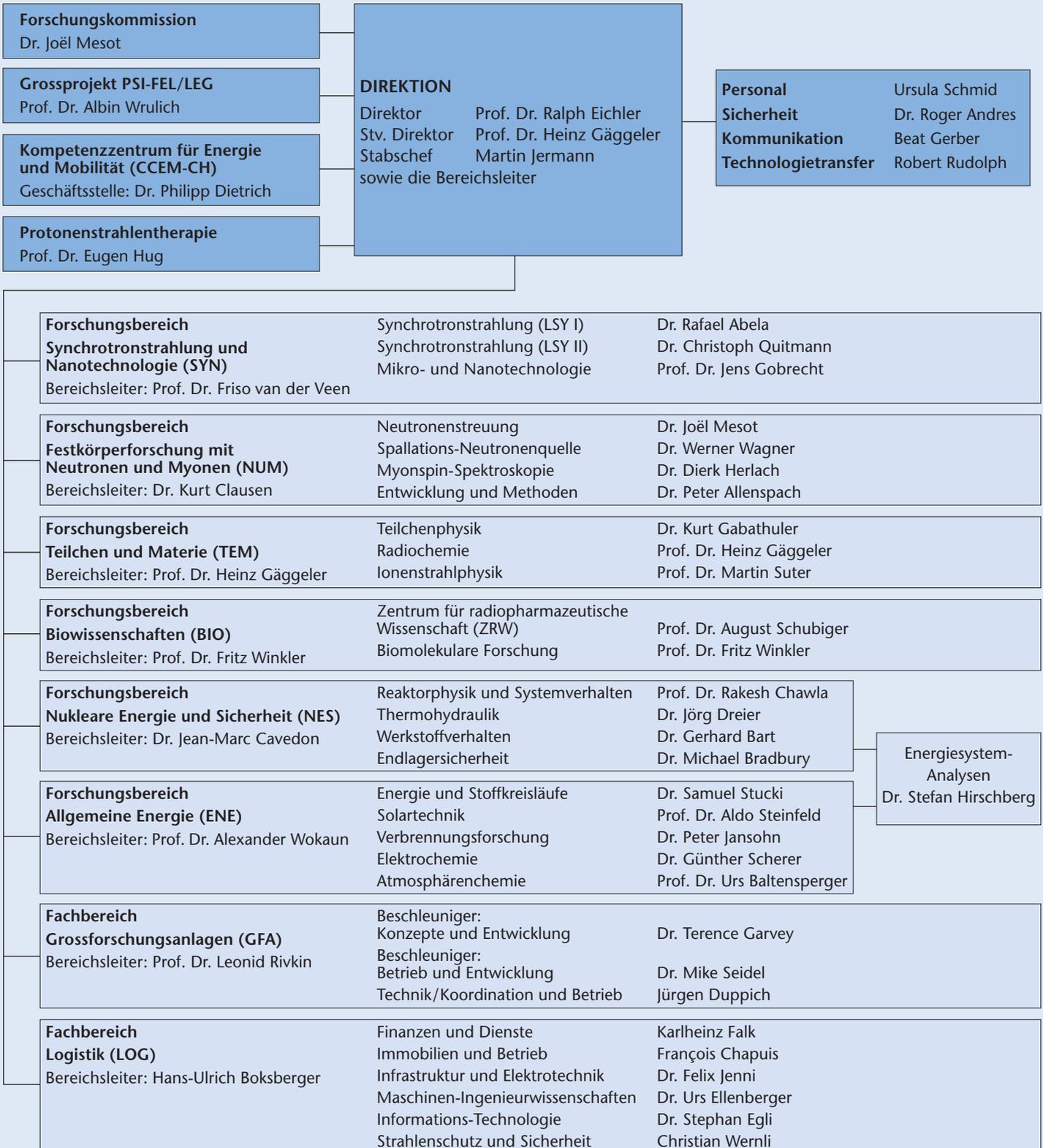
Der damalige Bereichsleiter Grossforschungsanlagen, Albin Wrulich, bei der Grundsteinlegung für das Betriebsgebäude am 16. Mai 2006.

Neubauten

<http://aib.web.psi.ch>

Organigramm PSI

Stand 1. Januar 2007



Energiesystem-Analysen
Dr. Stefan Hirschberg

Kommission & Komitees

Stand Ende 2006

Forschungskommission des PSI

Externe Mitglieder

Prof. Dr. H.-R. Ott, Präsident	Labor für Festkörperphysik, ETH Zürich, CH
Prof. Dr. G. Aeppli	University College, London, GB
Prof. Dr. U. Amaldi	University of Milano Bicocca, Mailand, IT
Prof. Dr. W. Baumeister	Max-Planck-Institut für Biochemie, Martinsried b. München, DE
Prof. Dr. F. Carré	CEA, Gif-sur-Yvette, FR
Prof. Dr. H.H. Coenen	Institut für Nuklearchemie, Forschungszentrum Jülich, DE
Prof. Dr. Ø. Fischer	Département de Physique de la Matière Condensée, Université de Genève, CH
Prof. Dr. R. Klanner	Forschungsdirektor, DESY, Hamburg, DE
Prof. Dr. D. E. Moncton	Nuclear Reactor Laboratory, MIT, USA
Prof. Dr. D. Richter	Institut für Neutronenstreuung am Institut für Festkörperforschung, Forschungszentrum Jülich, DE
Prof. Dr. Th. Sattelmayer	Lehrstuhl für Thermodynamik, TU München, DE
Prof. Dr. J.W. Tester	Laboratory for Energy and the Environment, MIT, Cambridge, USA

Interne Mitglieder

Dr. M. Ammann	Teilchen und Materie (TEM)
Prof. Dr. K. Ballmer-Hofer	Biowissenschaften (BIO)
Dr. B. Delley	Festkörperforschung mit Neutronen und Myonen (NUM)
Dr. R. Henneck	Teilchen und Materie (TEM)
Dr. R. Horisberger	Teilchen und Materie (TEM)
Dr. I. Mantzaras	Allgemeine Energieforschung (ENE)
Dr. J. Mesot	Festkörperforschung mit Neutronen und Myonen (NUM)
Dr. W. Pfingsten	Nukleare Energie und Sicherheit (NES)
Dr. G. Scherer	Allgemeine Energieforschung (ENE)
Dr. N. Schlumpf	Teilchen und Materie (TEM)
Dr. U. Staub	Synchrotronstrahlung und Nanotechnologie (SYN)
Dr. W. Wagner	Festkörperforschung mit Neutronen und Myonen (NUM)
Dr. P. Hasler, Sekretär	Biowissenschaften (BIO)

Ständiger Gast

Prof. Dr. P. Chen	Laboratorium für Organische Chemie, ETH Zürich, CH
-------------------	--

Forschungskomitees

Synchrotronstrahlung SYN

Scientific Advisory Committee (SAC)

Prof. Dr. M. Altarelli, Präsident	European XFEL Project, DESY, Hamburg, DE
Prof. Dr. T. Baer	University of North Carolina, USA
Prof. Dr. P. Cramer	Ludwig-Maximilian Universität München, DE
Prof. Dr. W. Eberhardt	BESSY GmbH, Berlin, DE
Prof. Dr. R. Fourme	Synchrotron SOLEIL, Gif-sur-Yvette, FR
Prof. Dr. F. Farges	Université de Marne-la-Vallée, FR
Prof. Dr. J. Hastings	SSRL/SLAC, Stanford, USA
Prof. Dr. G. Margaritondo	EPFL, CH
Prof. Dr. G. Materlik	Diamond Synchrotron, Didcot, Oxfordshire, UK
Prof. Dr. R. Prins	ETH Zürich, CH
Prof. Dr. T. Richmond	ETH Zürich, CH

Festkörperforschung mit Neutronen und Myonen NUM Wissenschaftlicher Ausschuss SINQ

Dr. A. Boothroyd, Vorsitzender	Oxford University, UK
Prof. Dr. C. Bernhard	Universität Fribourg, CH
Prof. Dr. R. Caciuffo	Institut für Transurane, Karlsruhe, DE
Dr. B. Fåk	CEA, Grenoble, FR
Dr. J.-L. García-Munoz	Institut für Materialwissenschaften, CSIC, ES
Prof. Dr. S. Lee	University of St. Andrews, UK
Prof. Dr. J. Löffler	ETH Zürich, CH
Prof. Dr. K. Mortensen	Dänisches Polymer-Zentrum, Risø, DK
Dr. A. Stradner	Universität Fribourg, CH
Dr. M. Wörle	ETH Zürich, CH

Myonspin-Spektroskopie

Prof. Dr. H. Keller, Präsident	Universität Zürich, CH
Prof. Dr. A. Baldereschi	ITP, EPFL, CH
Prof. Dr. R. De Renzi	Università di Parma, IT
Prof. Dr. E. M. Forgan	University of Birmingham, UK
Prof. Dr. J. Gomez Sal	Universidad de Cantabria, Santander, ES
Prof. Dr. F. J. Litterst	IMNF, TU Braunschweig, DE
Prof. Dr. A. McFarlane	Univ. of British Columbia, Vancouver, CDN
Dr. F. Pratt	ISIS, RAL, Chilton, UK
Dr. P. Roessli	Paul Scherrer Institut/ETH Zürich, CH

Teilchen und Materie TEM Teilchenphysik-Experimente

Prof. Dr. C. Hoffman, Präsident	LAMPF, Los Alamos, USA
Prof. Dr. A.B. Blondel	Universität Genf, CH
Dr. D. Bryman	TRIUMF, Vancouver, CDN
Dr. P. Cenci	I.N.F.N. sez. di Perugia, IT
Prof. Dr. S. Paul	Technische Universität München, DE
Prof. Dr. M. Pendlebury	University of Sussex, UK
Prof. Dr. L. Tauscher	Universität Basel, CH

Biowissenschaften BIO

Prof. Dr. D. Neri, Präsident	ETH Zürich, CH
Prof. Dr. Ch. Glanzmann	Universitätsspital Zürich, CH
Prof. Dr. M. Grütter	Biochemisches Institut, Uni Zürich, CH
Prof. Dr. U. Haberkorn	Universitätsklinikum Heidelberg, DE
Prof. Dr. S. Werner	ETH Zürich, CH

Nukleare Energie und Sicherheit NES

Dr. Ch. McCombie, Präsident	Gipf-Oberfrick, CH
P. Hirt	Atel, Olten, CH
Prof. Dr. M. Giot	Université Catholique de Louvain, BE
Dr. P. Miazza	Kernkraftwerk Mühleberg, CH
Dr. U. Schmockler	HSK, Würenlingen, CH
Dr. J.B. Thomas	CEA-Saclay, Gif-sur-Yvette, FR
Prof. Dr. K. Törrönen	Institute of Energy JRC Petten, NL
Dr. P. Zuidema	Nagra, Wettingen, CH

Allgemeine Energie ENE

Prof. Dr. T. Peter, Präsident	ETH Zürich, CH
Dr. T. Kaiser	Alstom Power Technology Center, Baden-Dättwil, CH
Prof. Dr. H. Müller-Steinhagen	DLR, Stuttgart, DE
Dr. M. Schaub	CT Umwelttechnik AG, Winterthur, CH
H.U. Schärer	BFE, Bern, CH
Prof. Dr. L. Schlapbach	Empa, Dübendorf, CH
Prof. Dr. A. Voss	Universität Stuttgart, DE

PAUL SCHERRER INSTITUT

PSI

Paul Scherrer Institut
5232 Villigen PSI, Schweiz
Tel. +41 (0)56 310 21 11
Fax +41 (0)56 310 21 99
www.psi.ch

