

PAUL SCHERRER INSTITUT



Wie die M  
einer

# Jahresbericht 2005

---

PAUL SCHERRER INSTITUT



# Jahresbericht 2005

---

## Impressum

PSI-Jahresbericht 2005

Herausgeber Paul Scherrer Institut

Konzeption und Redaktion Beat Gerber

Redaktionelle Mitarbeit Esther Schmid, Zürich

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](http://www.psi.ch)

**Zu beziehen bei**

Paul Scherrer Institut

Kommunikationsdienste

5232 Villigen PSI, Schweiz

Telefon 056 310 42 61

Zusätzlich zum Jahresbericht 2005 (Deutsch)  
sind für die Fachwelt «PSI Scientific Reports»  
Volume 1, 2, 3 (Englisch) sowie der Jahresbericht  
«Logistik» (Deutsch) erhältlich.

Öffentlichkeitsarbeit: [pubrel@psi.ch](mailto: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](mailto:psiforum@psi.ch), [www.psiforum.ch](http://www.psiforum.ch)

Paul Scherrer Institut, Mai 2006

ISSN 1423-7261

### Umschlagbild

**Albert Einstein und seine Physik** waren im Jubiläumsjahr 2005 auch am PSI ein grosses Thema. Am Tag der offenen Tür hat sich der Meister selbst unters Publikum gemischt, um zu lauschen, ob die Wissenschaftler die Anwendungen seiner Theorien in der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS (Umschlagseite) und in der Spallations-Neutronenquelle SINQ (auf dieser Doppelseite) korrekt vortragen. Einsteins Arbeiten von 1905 lieferten theoretische Grundlagen für die beiden grossen Forschungsanlagen am PSI. (Fotos: Béatrice Devènes)

# Inhalt

## 4 Vom Elfenbeinturm in die SAC-Hütte

Vorwort des Direktors

---

## 6 Highlights aus der Forschung

Wissenschaftliche Erfolge in Physik, Chemie, Biologie, Medizin, Energie und Umwelt

## 10 Die Grenzgängerin

Porträt von Arantxa Fraile Rodriguez, PostDoc

---

## 20 Verwertung von Wissen

Das PSI im Kontakt zur Industrie

## 24 Der Mittelsmann

Porträt von Philipp Dietrich, Leiter Technologietransfer

---

## 30 Das internationale Labor

Im Fokus der Statistik: Zahlen, Fakten, Finanzen & Indikatoren

## 34 Der Vordenker

Porträt von Martin Jermann, Stabschef

---

## 40 Aus- und Weiterbildung

Vielfältiges Angebot für Forschende und Berufsleute

## 44 Die Phil-Einerin

Porträt von Ursula Schmid, Personalchefin

---

## 50 Einsteins Physik am PSI

Vor 100 Jahren: 1905, das Wunderjahr des genialen Wissenschaftlers

---

## 54 Ereignisse 2005

Von Winterspielen und dem neuen 3-D-Film

---

## 62 Anhang: Organisation und Namen

Organigramm, Forschungskommission & -komitees

---



Ralph Eichler, seit 2002 Direktor des Paul Scherrer Instituts in Villigen.

## Vorwort des Direktors

Kontakt: [ralph.eichler@psi.ch](mailto:ralph.eichler@psi.ch)

# Vom Elfenbeinturm in die SAC-Hütte

Arbeiten Wissenschaftler wirklich im Elfenbeinturm? Führen sie ein bequemes und luxuriöses Leben ohne Kontakt zu den Niederungen der realen Gesellschaft? Forscher sehen sich selbst eher als Bewohner einer Hütte des Schweizerischen Alpenclubs SAC, zu der man bis vor kurzem nur mittels guter Ausbildung und spezieller Ausrüstung gelangte. Übernachten durfte dort nur, wer für den folgenden Tag eine schwierige Bergtour – sprich: ein Experiment – geplant hatte.

Ein wissenschaftliches Experiment ebenso wie eine Bergtour machte man früher nur mit einigen wenigen Kameraden, man war ohne Funkkontakt, abgeschnitten vom Rest der Welt. Das hat sich in den letzten Jahrzehnten stark geändert. Auch ungeübte Berggänger können heute in SAC-Hütten übernachten, da Seilbahnen sie bis in die Nähe führen. Zugänglicher und publikumsfreundlicher erweist sich auch der Wissenschaftsbetrieb. Er reagiert damit auf das steigende Interesse eines Laienpublikums an Forschungslabors und -anlagen.

### Spektakuläres ist selten

Mitunter werden die Bergsteiger vom Fernsehen live auf dem Durchstieg der Eigernordwand begleitet. Im übertragenen Sinne geschieht Ähnliches mit der Forschung. TV-Teams installieren sich in den Labors und versuchen, die wissenschaftlichen «Erstbesteigungen» einer breiten Öffentlichkeit zu zeigen. Doch spektakuläre Entdeckungen sind selten. Als solche werden sie oft erst viel später popularisiert.

Als aktuelles Beispiel mögen die bahnbrechenden Arbeiten von Albert Einstein aus dem Jahre 1905 dienen. 100 Jahre später begeisterten sie weltweit ein grosses Publikum – auch am PSI, das im Jubiläumsjahr 2005 zahlreiche Einstein-Führungen (Seite 51 ff.) organisierte. Die zunehmende Zahl der Besucherinnen und Besucher am Tag der offenen Tür des PSI – 2005 waren es fast 10 000 – zeigt, dass die Wissenschaftswelt gelernt hat, sich kompetent und attraktiv zu präsentieren.

### Forschung braucht Freiraum

Oft taucht die Frage auf, ob die Steuergelder für die Forschung effizient eingesetzt werden. Oder direkter formuliert: Kann die Schweiz im globalen Wettbewerb um die besten Talente bestehen? Die üblichen Antworten folgen schnell: Man muss die Kräfte bündeln, die Koordination verbessern, Doppelspurigkeiten vermeiden und Kompetenzzentren gründen. Doch das Wichtigste wird oft übersehen: Es braucht Freiräume für unkonventionelle Ideen.

### Kompetenz braucht Zeit

Ein Kompetenzzentrum kann man höchstens werden, aber nicht gründen, pflegte der Schweizer Physik-Nobelpreisträger Heinrich Rohrer im ETH-Rat zu sagen. In diesem Sinne war 2005 der Anfang einer Vision. Unter der Führung des PSI und mit der geballten Intelligenz des ETH-Bereichs sollen Grossprojekte in der Energieforschung gestartet werden, die zu einer nachhaltigen und sicheren Energieversorgung der Schweiz führen (Seite 23). Kreative



Köpfe dachten sich dazu Projekte zur Mobilität, Elektrizität und Niedertemperatur-Wärme aus. Verdankenswert ist neben der Beteiligung des Bundes auch das finanzielle Engagement des Energiekantons Aargau.

Ein wissenschaftlicher Erfolg war die Wiederentdeckung der Phasenkontrast-Mikroskopie mit unerwarteten Anwendungen (Seite 9). Dank innovativer Ideen und der technischen Fähigkeiten, Beugungsgitter mit einigen Nanometer dicken Absorbern wahlweise für Röntgenstrahlen oder Neutronen herzustellen, liessen sich gestochen scharfe Bilder mit wenigen Minuten Belichtungszeit erzeugen. Nutzungsmöglichkeiten mit Röntgenstrahlen kamen aus der Biologie und Medizin, solche mit Neutronen aus den Materialwissenschaften. Beide Verfahren versprechen neue Anwendungen für externe Kunden des PSI, entsprechende Patente sind angemeldet.

### **Erfolg braucht Zufriedenheit**

Ein erfolgreiches Forschungsinstitut wie das PSI lebt vor allem von motivierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Anfang 2005 wurde eine Umfrage zur Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz und zur Beurteilung der Vorgesetzten durchgeführt. Im Mittel waren die Antworten positiv. Verbesserungspotenzial ortete die Befragung in der Bewältigung von Konflikten und in der internen Kommunikation. Als erster Schritt zur Verbesserung und im Hinblick auf das neue Lohnsystem wird die Schulung der Vorgesetzten intensiviert. Wissenschaftliche Leistung wird beim PSI immer erste Priorität

einnehmen. Gerade weil dem so ist, muss sich die Wissenschaft vermehrt der Gesellschaft stellen. Führungs- und Öffentlichkeitsarbeit haben deshalb stark an Bedeutung gewonnen. Forscher arbeiten nicht mehr im Elfenbeinturm. Der Elfenbeinturm ist eine überholte Mär. Davon zeugt nicht zuletzt die sehr positive Haltung, mit der die internationale Wissenschaftsgemeinschaft, die nationale Politik und die regionale Bevölkerung dem PSI gegenüberstehen. Für dieses Vertrauen und die Anerkennung danken wir herzlich.

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, Teilchen- und Astrophysik, 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 1200 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 Benutzerlabors.



**10000 Sonnen im Brennpunkt:** Der neue Hochfluss-Solarsimulator am PSI konzentriert künstliches Sonnenlicht durch zehn starke Xenon-Lichtbogen-Lampen. Damit gewährt die Anlage kontrollierte Strahlungsbedingungen und ermöglicht wetterunabhängige Untersuchungen solarchemischer Prozesse. (Foto: Beat Gerber)



# Highlights aus der Forschung

---

Wissenschaftliche Erfolge  
in Physik, Chemie,  
Biologie, Medizin, Energie  
und Umwelt



Präzis platzierte Probe: Versuchsvorbereitungen an der SLS-Mikrotomografie-Strahllinie.

## Röntgen- Mikrotomografie

Kontakt: marco.stampanoni@psi.ch

**Markuelia:** Eine aus dem Erdaltertum (vor über 500 Millionen Jahren) erhaltene Gattung fossiler Würmer. Die kugelförmigen Fossilien haben einen Durchmesser von etwa einem halben Millimeter.

# Am Anfang war der Wurm

**Am PSI nutzen Forschungsteams immer häufiger die Synchrotronstrahlung für mikrotomografische Untersuchungen. Der Anwendungsbereich ist riesig: Er reicht von der Medizin bis zu den Materialwissenschaften. Unter anderem wird auch nach den Mechanismen der Evolution gesucht.**

Kürzlich wurden versteinerte Embryonen entdeckt, die aus der Geburtsstunde der Urlebewesen stammen. Diese fossilen Überreste sind über 500 Millionen Jahre alt und bieten der Paläontologie eine grossartige Gelegenheit, die Evolution besser zu verstehen. Bis vor kurzem war es nicht möglich, aus Versteinerungsprozessen die embryologischen Veränderungen herauszulesen und damit die mächtigsten Mechanismen der Stammesentwicklung zu eruieren.

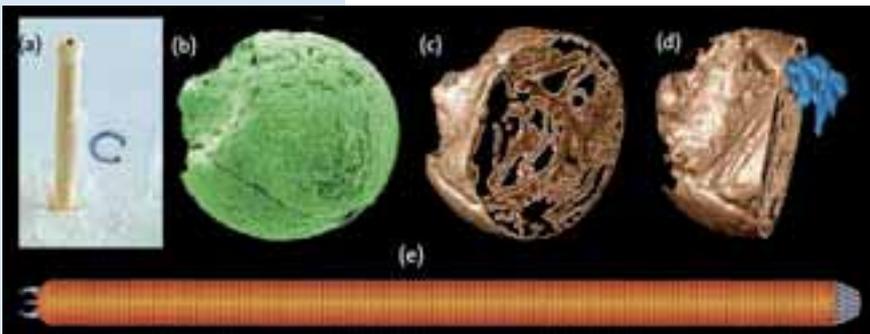
Die am PSI vorhandene, einzigartige Technik der Tomografie mit Synchrotronstrahlung erlaubt es, das Innere von Proben darzustellen, ohne sie physikalisch zu zerschneiden oder gar zu zerstören.

Auf diesem Weg liess sich auch die Struktur der erwähnten Embryonen unbeschädigt bestimmen. Die Analyse lieferte fundamental neue Einblicke in Anatomie, Entwicklung und Versteinerung von Embryonen primitiver Tiere.

Im Rahmen eines internationalen Forschungsprojekts, an dem Wissenschaftler des PSI, der englischen Universität Bristol, des schwedischen Museums der Naturgeschichte Stockholm und der chinesischen Universität Beijing beteiligt waren, wurde die Anatomie des Markuelia-Embryos entschlüsselt. Markuelia ist nicht nur das älteste bekannte Embryo eines komplexen Tieres; was den fossilen Wurm darüberhinaus so bedeutend macht, ist seine verwandtschaftliche Nähe zum Stammvater von zwei der wichtigsten entwicklungs-genetischen Tiermodellen: des Rundwurms *Caenorhabditis elegans* und der Taufliege *Drosophila melanogaster*.

### Wacklige Entwicklungstheorie

Die Untersuchungen am PSI haben gezeigt, dass die Ähnlichkeit zwischen Markuelia und Rundwurm nur oberflächlich ist. Die Tomografie hat ein Endgeäse (mundartige Öffnung) mit einziehbaren Zähnen sichtbar gemacht, was Markuelia näher zum Stamm der Gliederfüssler (Arthropoden; Spinnen und Krebse) rückt. Der direkte Entwicklungsverlauf der Markuelia widerspricht zudem der seit Jahren anerkannten Theorie, dass die Metamorphose über die Larve zum geschlechtsreifen Tier (indirekter Entwicklungsverlauf) ein besonderes primitives Merkmal von Tieren darstellt. Die Erkenntnisse aus den neu entdeckten versteinerten Embryonen lassen diesen Widerspruch noch deutlicher zu Tage treten.



**Mehr als 500 Millionen Jahre altes Embryo von Markuelia secunda:** Als schwarzer Punkt auf dem Zahnstocher (a); in der Oberflächen-Analyse mit Elektronenraster-Mikroskopie (b); in einem virtuellen Schnitt, basierend auf der tomografischen Mikroskopie mit Synchrotronstrahlung (c), wobei rechts der Schwanz des Embryos (d) hervorgehoben wurde. So sah vermutlich die Markuelia aus, der Kopf ist links (e).



Das Interferometer für Röntgenstrahlung liefert mit geringerer Strahlendosis genauere Bilder.

# Weniger ist mehr

**Weil Röntgen- und Neutronenstrahlen sehr tief eindringen, sind sie für die Durchleuchtung dicker Proben geeignet. Während man in der konventionellen Radiografie die Absorption für die Abbildung nutzt, arbeitet ein am PSI entwickeltes Interferometer mit dem Phasenkontrast der Strahlung. Das ermöglicht eine breite Anwendung, unter anderem in der Medizintechnik.**

Röntgenbilder sind uns vor allem aus der Arztpraxis oder von der Gepäckkontrolle am Flughafen bekannt. Schwere, dichte Teile eines Körpers wie Knochen oder Metall schlucken mehr Strahlung als das umgebende Material. Der Schattenwurf kann mit einer Röntgenkamera als Radiografie gespeichert werden. Auf ihrem Weg durch eine Probe verlieren die Röntgenstrahlen aber nicht nur an Intensität, sondern sie werden auch in ihrer Phase verschoben, da Lichtwellen sich in Materie mit einer anderen Geschwindigkeit ausbreiten als im leeren Raum. Um diesen Effekt für Röntgenlicht messbar zu machen, verwendet das PSI ein Interferometer, das aus Gittern mit Linienbreiten von nur wenigen tausendstel Millimetern besteht.

## Schonende Mammografie

Besonders in Proben, in denen es keine nennenswerten Unterschiede der Absorption gibt, macht der Phasenkontrast zusätzliche Details sichtbar. Der verbesserte Kontrast ermöglicht es, die notwendige Strahlendosis deutlich zu reduzieren. Dies ist beispielsweise von besonderem Interesse für die Mammografie zur Brustkrebsvorsorge. Im Gegensatz zu andern Phasenkontrast-Methoden funktioniert das Interferometer des PSI nicht nur mit kohärenter Synchrotronstrahlung, sondern auch mit Licht aus konventionellen Rönt-

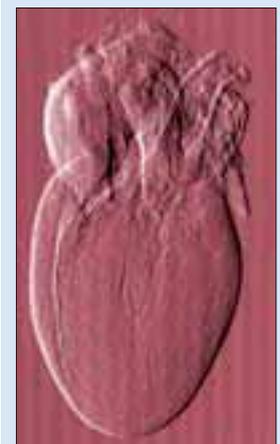
genröhren. Das Verfahren ist deshalb interessant für eine breite Anwendung in der Medizintechnik.

## Tomografie mit dem Neutronenstrahl

Und wie steht es mit der Verwendung anderer Strahlungsquellen? Ein erstes Experiment mit kalten Neutronen wurde an der Spallations-Neutronenquelle SINQ durchgeführt. Analog zur Röntgenstrahlung lassen sich auch hier Phasenkontrast-Bilder und sogar Tomografien aufnehmen. Im Gegensatz zu Licht, das auch eine Welle ist, betrachtet man Neutronen eher als Teilchen. Ein Strahl von Neutronen mit ungefähr der Geschwindigkeit einer Gewehrpatrone offenbart im Gitter-Interferometer jedoch plötzlich Welleneigenschaften wie Phasenverschiebung, Brechung und Interferenz. Der quantenmechanische Dualismus zwischen Teilchen und Welle zeigt sich hier auf faszinierende Weise. Da die Wechselwirkung von Neutronen mit Materie von einer bunten Vielfalt physikalischer Effekte wie Magnetismus oder Isotopenverteilungen abhängt, eröffnet das Neutronen-Interferometer eine Reihe reizvoller, neuer Experimente.

## Phasenkontrast-Mikroskopie

Kontakt: [christian.david@psi.ch](mailto:christian.david@psi.ch),  
[franz.pfeiffer@psi.ch](mailto:franz.pfeiffer@psi.ch)



**Röntgenradiografie eines Rattenherzens:** oben aufgenommen im herkömmlichen Absorptionskontrast und unten im Phasenkontrast. (Größe des Bildfeldes: 14 x 25 mm)

Arantxa Fraile Rodriguez

# Die Grenzgängerin

Sie liebt hohe Berge und schöne Musik. Doch ihre Leidenschaft gilt der experimentellen Physik.

Die Spanierin Arantxa Fraile Rodriguez nutzt die Synchrotronlichtquelle SLS, um die kleinsten Dimensionen magnetischer Materie zu begreifen. Eine Expedition ins Unberechenbare.



Mit einer Riesenmaschine späht sie ins Reich der winzigen Atome. Seit Sommer 2004 experimentiert Arantxa Fraile Rodriguez an der SLS – mit einem Zweijahresvertrag als PostDoc. Die Physikerin mag Gegensätze und vor allem «viele offene Fragen». Und die bietet ihr junges Forschungsgebiet zuhauf. Sie untersucht kleinste magnetische Teilchen, fast 10000-mal dünner als ein Haar. Solche Nanopartikel verhalten sich mechanisch, elektronisch und magnetisch völlig anders als grössere Strukturen. «Zwischen Nano- und Mikrowelt besteht ein dramatischer Unterschied», sagt die Wissenschaftlerin und erklärt ihn mit Quanten- und andern Effekten. Um die hier unbekanntenen physikalischen Gesetze aufzuspüren, verwendet sie ein spezielles Mikroskop. Es kombiniert Bildgebung und Spektroskopie und nutzt dabei die scharf gebündelte Röntgenstrahlung der SLS.

Als Experimentatorin dringt sie vor zu den ungewissen Grenzen des Wissens – getrieben von Neugier und Lust am Entdecken. Aber auch Ehrgeiz spielt mit, wie die 33-Jährige gesteht. Denn immerfort möchte sie dazulernen und ihre Fachkenntnisse gezielt erweitern. Bei ihren Karriereschritten wähle sie stets die für sie beste Option. Für die ambitionierte Nanopionierin zählt jedoch nicht nur das Forschungsthema, auch das menschliche Umfeld muss stimmen. Persönlichkeit und Charakter der Gruppe seien für sie sehr wichtig, ein entscheidender Faktor fürs Betriebsklima.

Beste Optionen waren für Arantxa bisher das Doktorat an der Baskischen Universität in Bilbao, eine PostDoc-Anstellung im schwedischen Uppsala und jetzt am PSI –

wo sie ihr Arbeitsprogramm, die modernen Instrumente und das tolle Team schätzt. Dabei erweist sie sich als motivierte Mitarbeiterin. Umsichtig und engagiert betreut sie externe Benutzer, wie sich an der SLS-Strahllinie beobachten lässt. Nicht selten verschenkt sie dabei ein herzhaftes Lachen.

Aufgewachsen ist die Spanierin in Valladolid, einer Provinzstadt in Kastilien mit extrem heissen Sommern und eisigen Wintern. Gegensätze auch dort. Schon als Kind bevorzugte sie zum Spielen Experimente, erduldet in der Mittelschule einen «fürchterlichen Physiklehrer» – was sie aber herausforderte und der Disziplin nahe brachte. «Physik findet sich überall in der Natur», sagt die Tochter eines Postbeamten und ältere Schwester von zwei Brüdern. Für sie war es selbstverständlich, diese Naturwissenschaft zu studieren. In Spanien sitzen heute in den Physikvorlesungen zur Hälfte Frauen – die Schweiz liegt da mit rund 15 Prozent am untern Ende bei den europäischen Staaten.

Wissenschaft sei anstrengend, das Gleichgewicht zwischen Herausforderung und Schaffenskraft schwierig, sagt Arantxa. Es brauche einen langen Atem. Zum Entspannen wandert sie in den Schweizer Alpen, besucht Ausstellungen und hört gerne Musik. Von Klassik über Opern bis hin zu Jazz und Blues. Musik als Beruf hätte sie auch gereizt, erinnert sich die Kulturinteressierte. Und als künftige Option? «Vielleicht Barcelona.» Bei der katalanischen Metropole baut man ein neues Synchrotron namens ALBA – auf Spanisch «die Morgendämmerung». Eine verheissungsvolle Aussicht, eventuell auch auf ein erwünschtes längeres Engagement.

«Nicht nur die Forschung zählt, auch der Charakter des Teams muss stimmen.»



**Spot-Scanning-Gantry:** Hier werden Patienten mit schwierig zu behandelnden Krebsarten bestrahlt.

## Protonentherapie

Kontakt: [gudrun.goitein@psi.ch](mailto:gudrun.goitein@psi.ch)

# Tumorbestrahlung mit höchster Präzision

**Im Herbst 1996 wurde der erste Patient auf der Spot-Scanning-Gantry des PSI behandelt. Seither hat das Team insgesamt 262 Patienten mit tief liegenden Tumoren in unterschiedlichsten Geweben bestrahlt, in jüngster Zeit auch vermehrt Kleinkinder – mit gutem Erfolg.**

Die langsam wachsenden bindegewebigen Tumoren der Schädelbasis und entlang der Wirbelsäule sind ein Schwerpunkt der Behandlungen am PSI – und die Erfolge bestätigen die guten Resultate aus den USA. Die dortigen Erfahrungen mit Protonentherapie waren die Basis für die Auswahl der Tumortypen am PSI. Erste längerfristige Nachsorgeuntersuchungen zeigen lokale Heilungsraten von 87% in der Region der Schädelbasis. Bei Tumoren der Wirbelsäule, ebenfalls sehr schwierig zu behandeln, sind drei Jahre nach Bestrahlung Heilungsraten von 85% zu verzeichnen.

Kinder und Jugendliche, deren Organismus sich noch im Wachstum befindet, reagieren besonders empfindlich auf Strahlung. Doch gerade bei diesen Patienten kommen Tumoren vor, die eine aggressive Therapie erfordern. Sie umfasst Operationen, mehrere Chemotherapien und relativ hoch dosierte Bestrahlung. Seit 1997 wurden am PSI insgesamt 49 Kinder und Jugendliche unter 21 Jahren behandelt. Und seit zwei Jahren ist es möglich – dank der technischen Voraussetzungen und einer exzellenten Kooperation mit dem Kinderspital Zürich –, auch Kleinkinder, die während der Behandlung noch nicht absolut ruhig liegen können, in Narkose zu bestrahlen.

Die Protonentherapie am PSI steht somit erstmals in der Schweiz und in Europa für die jüngsten Patientinnen und Patienten zur Verfügung. 21% aller Patienten in den Jahren 2004 und 2005 waren Kinder, die unter Anästhesie behandelt wurden. Obwohl die Nachbeobachtungszeit für die Kleinkinder noch recht kurz ist, sind doch sehr erfreuliche Verläufe zu sehen.

### Möglichst geringe Nebenwirkungen

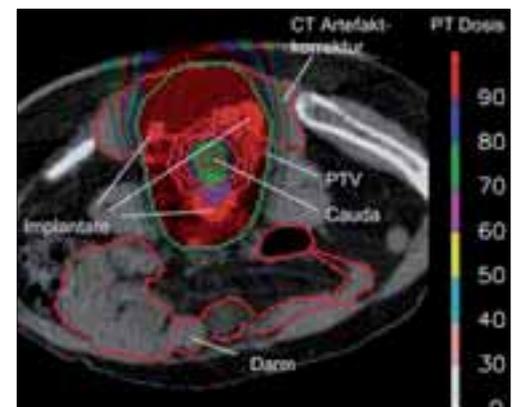
Ziel der Protonentherapie ist es, das Tumorstadium zu verhindern und die Nebenwirkungen so gering wie möglich zu halten. Das gelingt bei allen Patienten sehr gut, besonders aber bei den Kindern.

Dank einem eigenen Medizinzyklotron und dem Einbau einer zweiten Gantry können in Zukunft wesentlich mehr Patienten mit der Protonentherapie am PSI behandelt werden.



«Wissenschaftskommunikation ist mehr als eine Dringlichkeit, sie ist eine Verpflichtung.»

Janez Potočnik, EU-Kommissar für Wissenschaft und Forschung



**Geringe Belastung des Rückenmarks:** Bestrahlungsplan für einen Erwachsenen mit einem Sarkal-Chordom, einem Tumor an der unteren Wirbelsäule.



Die SPECT-Anlage dient zur Untersuchung von Proben mit am PSI hergestellten Radionukliden.

# Mit «Trojanischen Pferden» gegen Krebs

**Radioaktiv markierte Folatverbindungen haben ein hohes klinisches Potenzial, um gezielt Tumoren aufzufinden. Am PSI liess sich zeigen, dass mit neuartigen Vitaminverbindungen diagnostische oder therapeutische Radionuklide unbemerkt in Tumorzellen eingeschleust werden können.**

Die Prognose für Krebspatienten ist ungünstig, wenn bereits Metastasen auftreten. Der Einsatz von radioaktiv markierten Substanzen (Radiopharmaka), die sich gezielt in Metastasen anreichern, ist deshalb eine wichtige Methode zur Tumordiagnose und Therapie. Der Folatrezeptor ist ein Oberflächenprotein, das auf diversen bösartigen Krebsarten vorkommt, selten aber in gesundem Gewebe (nur im Nierengewebe). Der Rezeptor bindet und transportiert das Vitamin Folsäure in die Krebszelle. Die Erklärung: Um zu wachsen, brauchen Tumoren Folsäure und bilden dadurch vermehrt Folatrezeptoren. Da auch Folatderivate, d.h. chemisch veränderte Verbindungen der Folsäure, gleichermassen in die Zelle gelangen, kann man diese als «Trojanische Pferde» verwenden, um diagnostische und therapeutische Radionuklide in die Zelle einzuschleusen.

Studien mit Zellkulturen und im Tiermodell zeigten, dass die mit verschiedenen Radionukliden markierten Folate, so genannte Radiofolate, unbemerkt in die Tumorzellen gelangen. Als Transportmittel oder «Trojanisches Pferd» dient die Folsäure, die von der Krebszelle zum raschen Wachstum benötigt wird. Als diagnostisches Radionuklid wird Technetium-99m (ein reiner Energiestrahler, der das Gewebe durchdringt, ohne es zu schädi-

gen) verwendet. Rhenium-188 hingegen ist ein Teilchenstrahler. Diese Strahlung zerstört das Gewebe und kann somit zur Therapie von Tumoren genutzt werden.

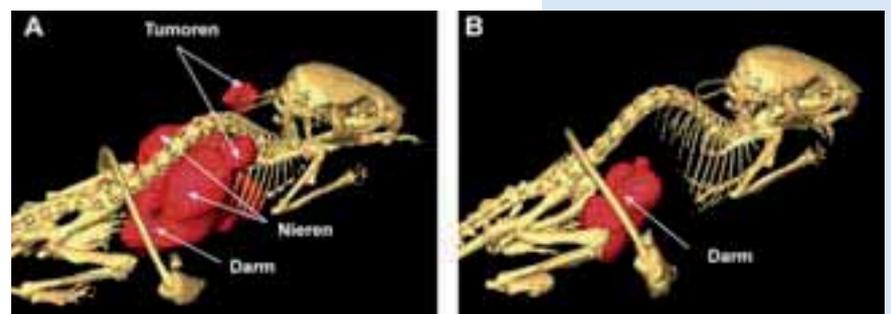
Die Anreicherung der Radiofolate in Folatrezeptor-positiven Tumoren wurde mit einem SPECT/CT-Scanner in einer anästhesierten Maus untersucht. Man fand spezifische Anreicherung von Radioaktivität in den Tumoren und auch in den Nieren und unspezifische Verteilung im Darm und Darminhalt. Experimente mit gleichzeitig verabreichter natürlicher Folsäure zeigten, dass die Aufnahme von Radiofolaten via Folatrezeptor vollständig blockiert war. Diese Blockade beweist, dass die radioaktiven Folate im Körper den gleichen Weg wie die Folsäure gehen und sich so spezifisch in diesen Tumoren anreichern. Weitere Studien werden zeigen, ob sich das analoge Rhenium-188-Folat für die Therapie eignet.

## Radiopharmazie

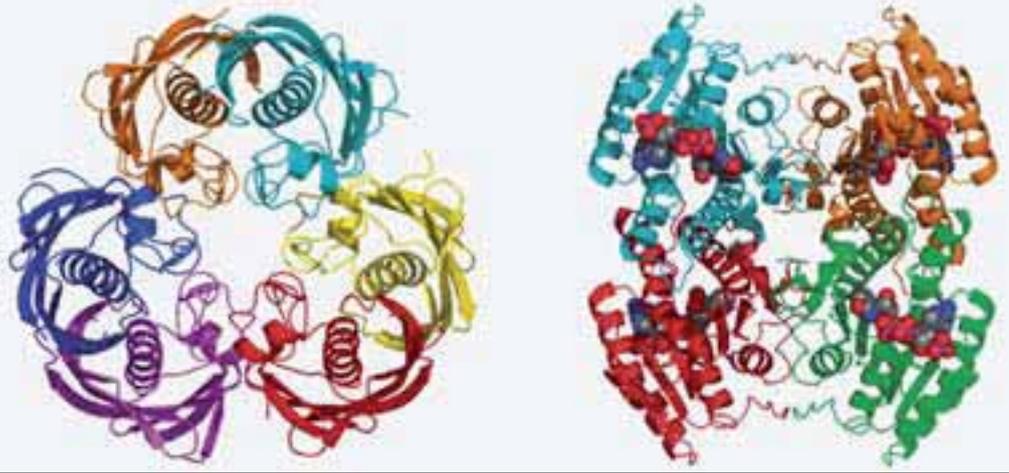
Kontakt: roger.schibli@psi.ch

**SPECT:** Single Photon Emission Computing Tomography, ein nuklearmedizinisches bildgebendes Verfahren, das in Schnittbildern lebender Organismen zeigt, wie ein Radionuklid im Körper verteilt ist.

**CT:** Computertomografie ist die rechnergestützte Auswertung einer Vielzahl aus verschiedenen Richtungen aufgenommener Röntgenaufnahmen eines Objekts, um ein dreidimensionales Bild zu erzeugen.



**SPECT/CT-Bilder einer Tumormaus:** Bei Injektion von Technetium-99m-Folat reichert sich dieses spezifisch in den Tumoren an, die Folatrezeptoren (FR) aufweisen (rote Regionen im Bild A). Spritzt man gleichzeitig natürliche Folsäure, werden die FR blockiert und es erfolgt somit keine spezifische Anreicherung des Radiopharmakons (Bild B) – ein Beweis, dass die radioaktiv markierte Folsäure von der Tumorzelle wie natürliche Folsäure erkannt und transportiert wird.



Atomare Strukturen des Enzyms FabZ (links) mit sechs Molekülen und des Enzyms FabG mit vier Molekülen.

## Protein-Kristallografie

Kontakt: dirk.kostrewa@psi.ch

**Enzym:** In der lebenden Zelle gebildetes Eiweissmolekül, das am Stoffwechsel des Organismus beteiligt ist.

**Protein-Kristallografie:** Methode zur Entschlüsselung biologischer Strukturen mit atomarer Auflösung. Die Biomoleküle werden kristallisiert und mit Synchrotronlicht bestrahlt. Aus dem Streubild lässt sich die dreidimensionale Struktur bestimmen. Am PSI sind an der SLS zurzeit zwei Strahllinien für Protein-Kristallografie in Betrieb, eine davon teilen sich die deutsche Max-Planck-Gesellschaft und die beiden Pharmafirmen Novartis und Roche. Eine dritte Strahllinie ist in Planung.

# Der Weg zu wirksamen Malaria-Medikamenten

**Mit Synchrotronlicht wurden am PSI die atomaren Strukturen von zwei essenziellen Enzymen des Malaria-Erregers Plasmodium falciparum bestimmt. Die Erkenntnisse dienen als Grundlage für die Entwicklung neuer Malaria-Medikamente.**

40 % der Weltbevölkerung leben in ständigem Risiko, sich mit Malaria-Parasiten zu infizieren. Jedes Jahr erkranken 500 Millionen Menschen, drei Millionen sterben an dem Sumpffieber, das in tropischen und subtropischen Breiten vorkommt. Die meisten Malaria-Fälle treten in Afrika südlich der Sahara auf, zu den häufigsten Todesopfern gehören Kinder unter fünf Jahren.

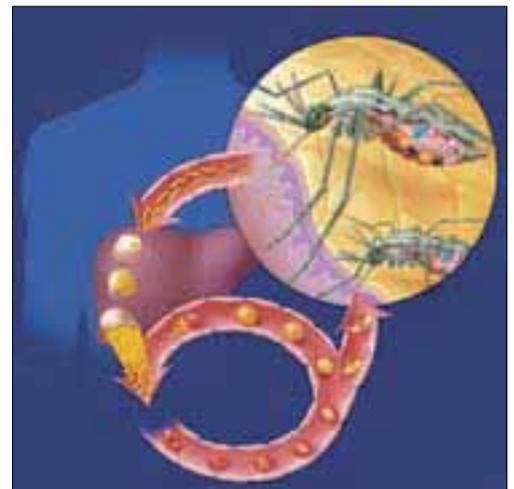
Malaria wird von Plasmodium-Parasiten verursacht, die durch Mückenstiche übertragen werden. Die Resistenz der Erreger gegen fast alle Malaria-Medikamente stellt ein grosses Problem dar. Die Entwicklung neuer, wirksamer Medikamente ist deshalb dringend nötig.

### Angriffsziel: Stoffwechsel des Parasiten

2002 wurde das komplette Erbgutmaterial von Plasmodium falciparum, dem gefährlichsten Malaria-Erreger, bestimmt. Die Analyse ergab mehrere für den Parasiten lebensnotwendige Stoffwechselwege, die als mögliche Angriffsziele für Malaria-Medikamente dienen könnten. Eines der Angriffsziele ist die Fettsäuresynthese, von der an der Uni Genf zwei Enzyme in grossen Mengen hergestellt und kristallisiert wurden.

Die Kristalle der Enzyme haben Forschende am PSI an der Protein-Kristallografie-Strahllinie der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS gemessen.

Anhand dieser Daten liessen sich die atomaren Strukturen der beiden Enzyme namens FabZ und FabG bestimmen. Die räumlichen Gebilde ergeben eine detaillierte Ansicht der aktiven Zentren. Sie können helfen, neue chemische Verbindungen zu finden, welche die Fettsäuresynthese blockieren und als Leitverbindungen zur Entwicklung neuer Malaria-Medikamente dienen.



**Lebenszyklus des Malaria-Parasiten:** Nach Übertragung durch einen Mückenstich vermehrt sich der Parasit zuerst in der Leber und dann in roten Blutkörperchen. Diese zerplatzen ca. alle zwei Tage, was die typischen Malaria-Symptome Schüttelfrost, Fieber, Schweissausbruch und Erschöpfung verursacht. Nach einem erneuten Mückenstich wird der Parasit weiter übertragen.



Der Nachweis der Elemente 115 und 113 gelang mit dem Schwerionenbeschleuniger im russischen Dubna.

# Die zwei namenlosen Superschweren

**Erstmals war eine Schweizer Forschungsgruppe massgebend an der Bestätigung neuer chemischer Elemente beteiligt. Mit einem eleganten radiochemischen Nachweis trug das PSI wesentlich zu diesem Erfolg bei. Die zwei noch namenlosen Schwerelemente tragen die Ordnungszahlen 115 und 113.**

Die Chemie dringt weiter in noch unerforschte Gebiete vor. Bis 1940 galt Uran als das schwerste chemische Element. Das in der Natur vorkommende Metall trägt die Ordnungszahl 92, das heisst, in seinem Atomkern sind 92 positiv geladene Protonen vorhanden. Seither sind über 20 noch schwerere, aber nur künstlich herstellbare Elemente entdeckt worden.

Schwere Elemente zerfallen über Kaskaden von elektrisch geladenen Helium-Atomen, so genannten Alphateilchen. Solche Zerfallsketten nutzen amerikanische, russische und Schweizer Wissenschaftler, um die bisher nur theoretisch angenommenen und noch namenlosen Elemente 115 und 113 experimentell nachzuweisen.

## Geburtsstunde von Element 115

Zur Synthese von Atomen des Elements 115 bombardierten die Forscher eine rotierende Scheibe aus Americium, einem Transuran der Ordnungszahl 95, mit einem Calcium-Strahl. Dabei traten in seltenen Fällen Kernverschmelzungen auf: die Geburtsstunde des neuen Elements 115. Damit war dessen Existenz aber noch nicht bewiesen. Seine Atome leben nur kurze Zeit, etwa eine Zehntelsekunde, und sind daher schwierig aufzuspüren. Während vorgängig der physikalische

Nachweis von Element-115-Atomen durch spezielle Detektoren bloss drei Treffer ergab, war der Weg über die Radiochemie fünfmal erfolgreicher.

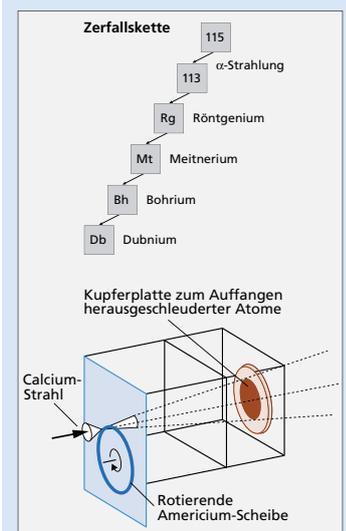
## Nachweis mit 15 Zerfallsatomen

Wie erwähnt, zerfällt Element 115 unter Aussendung eines Alphateilchens zuerst zu Element 113 und dann über weitere Emissionen von Alphateilchen (Helium-Kerne) zu Dubnium mit der Ordnungszahl 105. Hier setzte der experimentelle Beweis des PSI-Teams an: Hinter der rotierenden Americium-Scheibe wurde eine Kupferplatte installiert, welche die herausgeschleuderten Element-115-Atome auffing. Wenn sich darauf nach einer gewissen Zeit Dubnium-Atome (mit einer Halbwertszeit von 32 Stunden) nachweisen lassen, ist die Verifikation vollbracht. Tatsächlich konnten die Forscher insgesamt 15 Dubnium-Atome identifizieren und damit beweisen, dass die angenommene Zerfallskette wirklich existiert. Der physikalische Nachweis liess sich so radiochemisch untermauern.

Erstmals ist beim Wettlauf um die Erweiterung des Periodensystems die Schweiz ganz vorne dabei. Für die Versuche musste der Schwerionenbeschleuniger mit der weltweit höchsten Intensität an Calcium-Strahlen benutzt werden. Diese Anlage steht im Kernforschungszentrum Dubna, 120 Kilometer nördlich von Moskau.

## Radiochemie

Kontakt: [heinz.gaeggeler@psi.ch](mailto:heinz.gaeggeler@psi.ch)



**Das radiochemische Experiment des PSI:** Ein Strahl aus Calcium-Ionen schießt auf eine Scheibe aus dem Transuran Americium. Bei Kernverschmelzungen entstehen so Atome des neuen Elements 115, die herausgeschleudert und von einer Kupferplatte aufgefangen werden. Dort zerfällt das schnelllebige Element 115 über Element 113 und weitere Stufen zu Dubnium, dessen Atome mit einer Halbwertszeit von 32 Stunden identifiziert werden können. Damit ist radiochemisch nachgewiesen, dass die angenommene Zerfallskette existiert und es die Schwerelemente 115 und 113 auch wirklich gibt.



Tests in sonniger Gegend: Die Pilotanlage für die solare Zinkherstellung am Weizmann-Institut in Israel.

## Solarchemie

Kontakt:  
christian.wieckert@psi.ch,  
aldo.steinfeld@psi.ch

# Sonnenenergie in Pulverform

**In einem von der EU geförderten Forschungsprojekt ist es dem PSI, der ETH Zürich und weiteren Partnern erstmals gelungen, im Pilotmasstab konzentrierte Solarenergie als Hochtemperatur-Prozesswärme zu verwenden, um einen metallischen Brennstoff herzustellen. Ein Meilenstein auf dem Weg zu einer effizienten Speicherung von Sonnenenergie.**

Eine 300-Kilowatt-Pilotanlage zur solaren Herstellung von Zink wurde 2005 in Israel erfolgreich in Betrieb genommen. Zink eignet sich zum einen wegen seines Energieinhalts ganz besonders zur elektrischen Stromerzeugung in Zink-Luft-Batterien, zum andern wegen seiner Reaktion mit Wasserdampf zur Produktion von Wasserstoff. In beiden Fällen entsteht Zinkoxid, das im Solarreaktor wieder zu Zink reduziert werden kann. Werden Zink oder Wasserstoff als «solarer Brennstoff» verwendet, lässt sich so die Sonnenenergie jederzeit und überall nutzen.

Die solare Reaktortechnologie ist eine Entwicklung des PSI und der ETH Zürich und bildet das Herzstück der Anlage. Zink entsteht bei etwa 1200 Grad Celsius aus Zinkoxid unter Beimischung von Holzkohle, wobei nur ein Fünftel der normalerweise bei der Zinkherstellung eingesetzten Kohle- bzw. Koksmenge benötigt wird. Die erforderliche Prozessenergie wird über ein Spiegelsystem bereitgestellt, das die einfallende Sonnenenergie konzentriert und auf die Öffnung des Solarreaktors lenkt, in dem die thermochemische Umsetzung abläuft. Das Hauptprodukt Zink verlässt den Reaktionsraum gasförmig und wird in einem spe-

ziell für diesen Zweck entwickelten Abgassystem zu Zinkstaub kondensiert und abgeschieden.

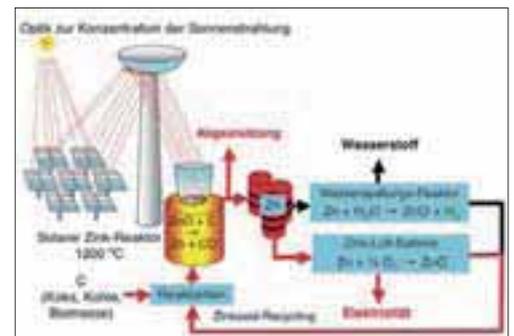
### Erfolgreicher Versuchsbetrieb

Beim Betrieb der Pilotanlage wurden etwa 30 % der in den Solarreaktor einfallenden Sonnenenergie für die chemische Umsetzung genutzt und bis zu 50 kg Zink pro Stunde produziert. Diese Prozessergebnisse und die ebenfalls weitestgehend positiven Hardware-Erfahrungen bilden die Grundlage für grössere industrielle Anlagen, die eine Effizienz von 50 bis 60 % erreichen dürften. Bereits wurde eine 5-MW-Demonstrationsanlage mit einer erwarteten Zinkproduktionsrate von 1,7t pro Stunde konzeptionell entworfen. Damit eröffnet der solarchemische Prozess einen effizienten thermochemischen Weg für die Speicherung und den Transport von Sonnenenergie in Form eines solaren Brennstoffes.

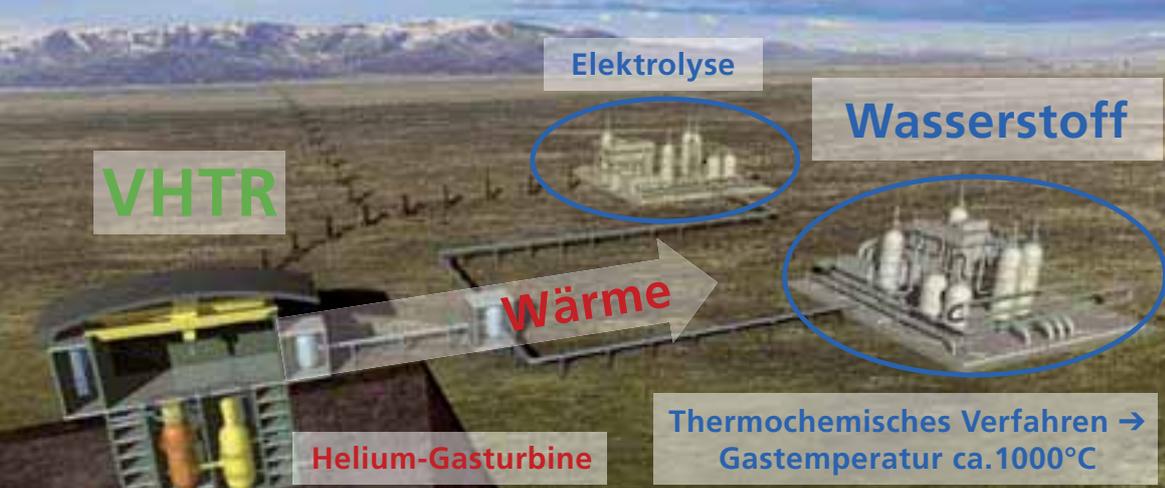


### Neuer Solarsimulator

Mit dieser weltweit leistungsstärksten Anlage, welche die Strahlungsintensität von über 10000 Sonnen im Brennpunkt erreicht, lassen sich in Solarchemie-Reaktoren extrem hohe Temperaturen erzeugen. Damit können die Wissenschaftler unter kontrollierten Strahlungsbedingungen und vom Wetter unabhängig solarchemische Prozesse erforschen.



**Geschlossener Materialkreislauf:** Die solare Zinkherstellung im Zink-Zinkoxid-Kreisprozess liefert Solarstrom oder auch solaren Wasserstoff.



Kombianlage für die Wasserstoffproduktion auf der Basis eines Ultrahochtemperatur-Reaktors (VHTR).

# Werkstoffe im Schwitzkasten

Die in Hochtemperatur-Reaktoren eingesetzten Materialien fordern die Forschung heraus – auch am PSI. Gesucht wird nach Werkstoffen, die einen zuverlässigen Anlagenbetrieb bei hohen Temperaturen, erhöhter Strahlung und Korrosion gewährleisten und gleichzeitig statischer und dynamischer Belastung standhalten.

Eine nachhaltige Energieversorgung ist angewiesen auf Anlagen, die hohe Energieeffizienz und Minimierung des Treibhausgases CO<sub>2</sub> garantieren. Dazu eignen sich gasgekühlte Hochtemperatur-Kernreaktoren sehr gut: In ummantelten Brennstoffkugeln wird dabei nuklear erzeugte Wärme vom gasförmigen Kühlmedium (Helium) aufgenommen und in einer Gasturbine in elektrische Energie umgewandelt bzw. als Prozesswärme weiterverwendet.

Besonders interessant sind Anlagen, die thermochemisch Wasserstoff erzeugen (siehe Bild oben). Dabei muss die Gastemperatur idealerweise bei 1000 Grad Celsius liegen. Dies lässt sich zwar prozesstechnisch realisieren, stellt jedoch an die Materialien sehr hohe Anforderungen. Im Rahmen der weltweiten Generation-IV-Initiative, bei der neue Typen von Kernreaktoren entwickelt werden, untersuchen deshalb namhafte Forschungsinstitute, welche Werkstoffe sich für Hochtemperatur-Reaktoren eignen. Auch das PSI ist mit einem Projekt beteiligt.

Von zentraler Bedeutung bei der Auswahl von Hochtemperatur-Werkstoffen ist deren Kriechfestigkeit. Sie sagt aus, wie stark ein Werkstoff bei einer bestimmten Temperatur über die gesamte

Lebensdauer mechanisch belastet werden darf, bis er versagt. Bei Metallen können diese Kriech-eigenschaften verbessert werden, indem man die für die Verformung massgeblichen Atombewegungen im Kristallgitter behindert (Versetzungen).

Dazu bieten sich mehrere Möglichkeiten: Es können zum Beispiel feine keramische Teilchen eingebracht werden (Oxid-Dispersion), die als zusätzliche Ankerpunkte für die Versetzungen wirken. Oder man setzt geordnete Legierungen ein, bei denen die verschiedenen Legierungspartner an bestimmten Stellen im Gitter sitzen. Durch geordnete Gitter sind Versetzungen schwieriger zu bewegen als durch ungeordnete, was ebenfalls zur Erhöhung der Kriechbeständigkeit führt.

## Unterschiedlicher Einfluss der Strahlung

Für nukleare Anwendungen ist aber nicht nur das Kriechen bei hohen Temperaturen, sondern auch das strahlungsinduzierte Kriechen entscheidend. Dieses tritt bereits bei niedrigeren Temperaturen auf. Für den Betrieb bei hohen Temperaturen lassen die Untersuchungen praktisch keinen Einfluss der Bestrahlung erwarten. Im Bereich des Übergangsbetriebs (Startphase) können aber bleibende Verformungen durch Bestrahlung nicht ausgeschlossen werden. Die Untersuchung möglicher Wechselwirkungen zwischen thermischem Kriechen und strahlungsinduziertem Kriechen sind ein zentrales Forschungsthema am PSI.

## Nuklearenergie

Kontakt: [wolfgang.hoffelner@psi.ch](mailto:wolfgang.hoffelner@psi.ch)

**Kriechen:** Unter Kriechen versteht man die langsame, bleibende Verformung von Werkstoffen bei kontinuierlichen Lasten deutlich unter der Dehngrenze. Bei Metallen tritt dieser Vorgang etwa bei Temperaturen von über 40 % des Schmelzpunkts  $T_m$  (in Kelvin) auf. Unter Bestrahlung liegen die Grenz-Temperaturen viel tiefer.

**Versetzungen:** Kristalldefekte, die für die plastische (bleibende) Verformung von Metallen verantwortlich sind. Je leichter sie wandern können, desto leichter kann man den Werkstoff verformen.



**Extrembedingungen am Teststand:** Hier prüfen Forscher die neuen Werkstoffe.



Wo der Eiskern gebohrt wurde: im Sattel zwischen dem Ost- (links) und Westgipfel (Mitte) des Belukha.

## Umweltforschung

Kontakt: [margit.schwikowski@psi.ch](mailto:margit.schwikowski@psi.ch)

# Klimaarchiv im Eis

**Ein schweizerisch-russisches Forschungsteam unter Leitung des PSI hatte 2001 einen Eiskern aus dem sibirischen Belukha-Gletscher gebohrt und dieses gefrorene Klimaarchiv mit speziellen Methoden untersucht. Die Resultate zeigen unter anderem für die zentralasiatische Gebirgsregion eine Klimaerwärmung in den vergangenen 150 Jahren, die weit über dem Durchschnitt liegt.**

Der Belukha ist mit 4506 Metern über Meer der höchste Punkt des Altai-Gebirges im zentralasiatischen Vierländereck Kasachstan, Russland, Mongolei und China. Wegen seiner Höhe ist der Belukha-Gletscher ein hervorragendes Klima- und Umweltarchiv. Bis in eine Tiefe von 139 Meter trieb die Forschungsgruppe einen Eiskernbohrer in den Gletscher. Der Eiskern wurde anschliessend mit grossem logistischem Aufwand in die Schweiz transportiert, wo ihn Umweltforschende verschiedensten Analysen unterzogen. Nun liegen die Ergebnisse vor.

Das Altai-Gebirge befindet sich in einem Gebiet mit ausgeprägtem Kontinentalklima. Dieses ist gekennzeichnet durch starke Temperaturschwankungen im Tages- und Jahreszeitverlauf. Für kontinentale Regionen wird infolge zunehmender Treibhausgaskonzentrationen eine besonders starke Erwärmung des Klimas vorhergesagt. Ausserdem ist das Altai-Gebiet durch enorme Umweltverschmutzungen belastet, vorwiegend aus Bergbau und Schwerindustrie in Ost-Kasachstan und West-Sibirien. Beides haben die Messungen am Eiskern auf verblüffende Weise bestätigt.

Der Verlauf der stabilen Sauerstoffisotope im Eis, einer Messgrösse, welche die Temperatur bei der Niederschlagsbildung spiegelt, zeigt über die vergangenen 150 Jahr hinweg eine Erwärmung

von ungefähr 2,5 Grad. Dies ist fast dreimal mehr als die mittlere Erwärmung in der Nordhemisphäre von 0,9 Grad – was beweist, dass sich regionale Klimaänderungen oft anders verhalten.

### Erstaunlicher Rückgang der Schadstoffe

Die Konzentrationsverläufe von Luftschadstoffen wie Sulfat aus der Schwerindustrie, Nitrat aus dem Verkehr oder Blei aus der Metallverarbeitung im Belukha-Gletscher zeigen deutliche Unterschiede zu jenen in Alpengletschern. Generell sind erhöhte Konzentrationen erst ab ungefähr 1940 zu erkennen, einhergehend mit der zunehmenden Besiedelung Sibiriens sowie gesteigerten Aktivitäten in Bergbau und Industrie. Überraschenderweise nehmen die Konzentrationen der meisten Schadstoffe bereits ab 1980 wieder ab und nicht erst mit dem Zusammenbruch der Sowjetunion Ende 1991. Das deutet darauf hin, dass das Maximum der industriellen Produktivität lange vor der Perestroika, der Neugestaltung des sowjetischen Polit- und Wirtschaftssystems, erreicht war.



## Schmelzprozesse

Der markante Anstieg der Temperatur in der Altai-Region ist auch direkt im Eiskern aus dem Belukha-Gletscher sichtbar, und zwar an der Zunahme von Schmelzschichten. Solche durchsichtigen Schichten (Bild oben) bilden sich, wenn die Lufttemperatur höher als null Grad ist und der Schnee an der Gletscheroberfläche zu schmelzen beginnt. Das Schmelzwasser sickert ein und bildet beim Gefrieren eine Eisschicht, die – im Gegensatz zu normalem, mit Luftblasen durchsetztem Gletschereis – durchsichtig ist. Solche Schmelzprozesse haben in den letzten zehn Jahren erheblich zugenommen, was die Qualität dieses gefrorenen Klimaarchivs beeinträchtigt – ein Schicksal, das den meisten Hochgebirgsgletschern droht.



Das Bohrzelt auf dem Belukha-Gletscher auf über 4000 Metern über Meer.



Künftige Option zur CO<sub>2</sub>-Reduktion: das Brennstoffzellen-Auto HY-LIGHT von Michelin und PSI.

# Wie viel darf es kosten?

**Technische Lösungen von Umweltproblemen sind oft mit Kosten verbunden. Es ist daher von Interesse zu wissen, wie viel die Bevölkerung für Umweltmassnahmen zu zahlen bereit ist. Eine Untersuchung von Volksabstimmungen in der Schweiz gibt Aufschluss über die Zahlungsbereitschaft für erneuerbare Energien und Massnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion.**

Die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung wird oft mittels Befragungen erhoben. Die Ergebnisse entsprechen dabei aber nicht unbedingt der Realität. Man erklärt sich relativ leicht bereit, hohe Umweltsteuern zu zahlen, wenn es keine wirklichen Konsequenzen hat. Im Rahmen eines europäischen Projekts, das sich mit externen Kosten der Energieversorgung beschäftigt, wurden deshalb Schweizer Volksabstimmungen herangezogen, um die Zahlungsbereitschaft abzuschätzen.

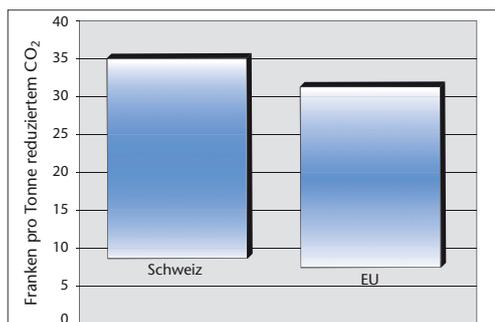
Volksabstimmungen können als grosse Umfragen betrachtet werden, die zugleich politische Entscheidungen sind. Gegenüber Befragungen haben Volksabstimmungen mehrere Vorteile:

1. Die Konsequenzen des Entscheids sind nicht hypothetisch, sondern real – das heisst, wenn die Vorlage angenommen wird, müssen die Steuern tatsächlich bezahlt werden.
2. An Volksabstimmungen nehmen mehr Personen teil als an üblichen Befragungen.
3. Jede abstimmende Person kann sicher sein, dass je nach Abstimmungsergebnis entweder alle oder niemand zahlen muss. Für Befragungen spricht, dass sie flexibler und detaillierter sind. Die Informationen, die man Volksabstimmungen entnehmen kann, sind aber begrenzt.

## 1 bis 10 % mehr

Im erwähnten Projekt wurden insbesondere die Energievorlagen des Jahres 2000 untersucht, da dort konkrete Kosten zur Abstimmung kamen. Je nach Annahmen, die man treffen muss, ergibt sich bei der Schweizer Bevölkerung eine geschätzte durchschnittliche Zahlungsbereitschaft zur Förderung von erneuerbaren Energien und Massnahmen zur rationellen Energienutzung von ungefähr 0,2 bis 0,7 Rappen pro kWh auf nicht-erneuerbare Energien. Zum Vergleich: Die Preise für Heizöl und Gas liegen derzeit bei sieben bis acht Rappen pro kWh, der Benzinpreis bei 18 Rappen pro kWh. Zum Schutz des Klimas wären Schweizerinnen und Schweizer also bereit, 1 bis 10 % mehr zu bezahlen.

Wenn man die Zahlungsbereitschaft unter weiteren Annahmen auf CO<sub>2</sub>-Reduktionen umrechnet, kommt man auf ungefähr 8 bis 35 Franken pro Tonne CO<sub>2</sub>. Eine indirekte Abschätzung, die auf politischen Entscheidungen zum Kyoto-Protokoll zur Begrenzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und auf Vermeidungskosten für die Europäische Union beruht, ergibt für den EU-Raum eine ähnliche Zahlungsbereitschaft wie für die Schweiz.

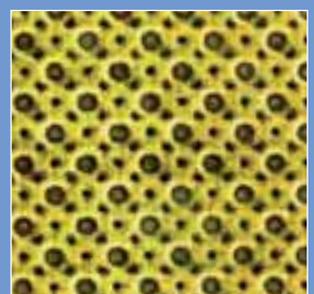


**Geschätzte Zahlungsbereitschaft:** Obere und untere Grenze für die Bevölkerung in der Schweiz und in der EU.

## Umweltökonomie

Kontakt: [thomas.heck@psi.ch](mailto:thomas.heck@psi.ch)

### Was ist das?



Das an der SLS mit Synchrotronlicht geprägte Achtstrahlen-Nanomuster kann u. a. zur Entwicklung deutlich grösserer Speicherkapazitäten von Festplatten dienen. (Periode des Musters: 280 Nanometer = ca. 250-mal kleiner als ein Haardurchmesser)



**Neutronen erzählen von Motoren:** Mit der Neutronenradiografie am PSI lassen sich Objekte zerstörungsfrei prüfen und durchleuchten. Im Bild die neue Strahllinie ICON. (Foto: H.R. Bramaz)



# Verwertung von Wissen

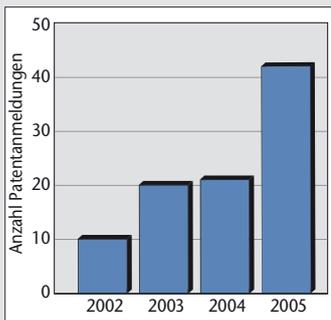
Das PSI im Kontakt  
zur Industrie



**Kontaktpflege und direkte Informationsvermittlung:** Messen bieten dazu die Möglichkeit.

## Technietransfer

Kontakt: [techtransfer@psi.ch](mailto:techtransfer@psi.ch)



**Mit Schutzrechten** sollen Erfindungen für die Industrie interessant werden: Patentanmeldungen durch das PSI allein oder zusammen mit Partnern der letzten vier Jahre.

# So wird die Ernte eingefahren

**Beim Start eines Forschungsprojekts sind die möglichen Anwendungen der Ergebnisse vielfach nicht abzusehen. Erst wenn ein Transfertgut vorhanden ist, lassen sich Wissen oder Technologien praktisch umsetzen.**

Niemand ahnte bei der Entdeckung des Transistors, wie gigantisch sich dieses Halbleiterelement auf die Entwicklung künftiger Rechner auswirken würde. Der Blick in die Zukunft ist unsicher, eine Vorhersage, welche Anwendungen die heutige Forschung hervorbringen wird, deshalb nur bruchstückhaft möglich.



**Scharf beobachtetes Objekt:** Der Aargauer Regierungsrat und Finanzminister Roland Brogli (2. von rechts) besucht an der Hannover Messe 2005 den Stand des ETH-Bereichs. Dort präsentierte das PSI auch eine Maquette des Brennstoffzellen-Autos HY-LIGHT.

Die Stelle für Technologietransfer des PSI ist bestrebt, Forschungsergebnisse und technologische Entwicklungen, die für die Forschung am Institut notwendig waren, für wirtschaftlich interessante Anwendungen nutzbar zu machen. Das erfolgt auf verschiedenen, stets an die spezifische Situation angepassten Wegen.

So werden bei Projekten, bei denen sich eine wirtschaftliche Relevanz abzeichnet, interessierte Industriefirmen bereits möglichst früh in die Arbeit einbezogen. Damit lässt sich eine spätere Übertragung viel effizienter gestalten. Ein anderer Weg ist es, die Forschungsergebnisse für die Weiterentwicklung in Richtung Marktnähe an Fachhochschulen weiterzugeben. Diese so erzielten Resultate können anschliessend für die Produktentwicklung von interessierten Firmen übernommen werden.

### Patente für 42 Erfindungen

Indem das PSI am Stand des ETH-Bereichs an der Hannover Messe 2005 sowie an verschiedenen Wettbewerben wie dem Technology Award von Standort Schweiz teilnimmt, versucht es, nationale und internationale Interessenten für seine Produkte zu begeistern. Neben diesen Veranstaltungen spielt auch das Internet für die Vermarktung von Forschungsergebnissen eine zunehmend wichtige Rolle, denn via Suchmaschinen im World Wide Web lässt sich aktuell auf Transfer-Angebote zugreifen.

Das PSI will mit seinen wissenschaftlichen Erkenntnissen einen Beitrag leisten, um die Wettbewerbsfähigkeit von Industriefirmen zu stärken. Die Unternehmen können dadurch Innovationen am Markt lancieren und so bestehende Arbeitsplätze



Resultiert aus der Forschung schliesslich ein Produkt? Im Bild das Interferometer an der SLS.

sichern oder gar neue schaffen. Immer häufiger werden am PSI verwertbare Erfindungen und Entwicklungen durch Schutzrechtsanmeldungen geschützt und so für die Industrie interessant gemacht. 2005 hat das PSI 42 Erfindungen patentrechtlich zum Schutz angemeldet und sieben Lizenzverträge abgeschlossen. (siehe Grafik links).

#### Dienstleistungen für den Forscher

Die Stelle für Technologietransfer versteht sich als Dienstleistungszentrum für Forscher und Entwickler des PSI, die mit Dritten zusammenarbeiten und neue Erkenntnisse generieren oder Technologien entwickeln. Oft werden vor der Zusammenarbeit Geheimhaltungsvereinbarungen geschlossen. Zur Gestaltung der Kooperation gehört neben vielen anderen Themen auch, dass die Nutzung des geschaffenen geistigen Eigentums oder der Forschungsergebnisse vertraglich geregelt wird. Auf Wunsch kann die Stelle für Technologietransfer die Forschenden dabei unterstützen und möglichst weitgehend entlasten. Eine gute Unterstützung sorgt dafür, dass die Zufriedenen wieder kommen und den Technologietransfer intern wie extern weiterempfehlen.

#### Partnersuche oder Spin-off?

Werden in einem Projekt praxisrelevante Ergebnisse erzielt, gilt es, diese – meist mit Patentanmeldungen – zu schützen, um so den Wert für eine wirtschaftliche Nutzung zu sichern. Im Anschluss daran, muss der richtige Partner gefunden werden, der die neuen Resultate aufnimmt und in marktfähige Produkte oder Dienstleistungen überführt. Hier kann die Technologietransfer-Stelle

eine Scharnierfunktion übernehmen, letztlich aber müssen die Erfinder ihr Wissen selbst weitergeben. Die Erfahrung zeigt, dass dies meist für beide Seiten sehr bereichernd ist, auch wenn arbeitsintensive Phasen kaum zu vermeiden sind.

Verwertungspartner können inländische oder ausländische Unternehmen sein. Es kommt aber auch vor, dass die Erfinder die Arbeit innerhalb einer eigenen Firma, eines Spin-offs, weiterführen wollen und so den Sprung ins Unternehmertum wagen. Das PSI unterstützt solche Initiativen innerhalb der institutionellen Möglichkeiten, wenn sie auf einem soliden Businessplan basieren.



**Methan aus Holz am Modell:** Nationalrätin Kathy Riklin, Präsidentin der nationalrätlichen Kommission für Wissenschaft, Bildung und Kultur, informiert sich an der Hannover Messe über eine PSI-Technologie.



#### Geballte Kompetenz

Der ETH-Rat baut unter Federführung des PSI ein Kompetenzzentrum für Energie und Mobilität auf. Das CCEM-CH soll mit seiner Forschungs- und Entwicklungsarbeit einen signifikanten Beitrag zu einer nachhaltigen Energieversorgung und zur Stärkung des Wirtschaftsplatzes Schweiz durch technische Innovation leisten.

Das neue Zentrum bündelt Forschungskompetenzen der Schweizer Hochschulen und Forschungsinstitutionen – namentlich des PSI, der ETH Zürich und Lausanne, der Empa und der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) – unter Beteiligung von Industriepartnern zu einem gesamtschweizerischen Schwerpunkt.

Ende 2005 hat der ETH-Rat den Geschäftsplan genehmigt und die Anschubfinanzierung gesichert. Der Kanton Aargau unterstützt das Vorhaben mit einem Darlehen von 10 Mio. Franken.



Philipp Dietrich

# Der Mittelsmann

Forschung kann noch so innovativ sein – damit Wissen zugänglich wird, braucht es den aktiven Technologietransfer. Am PSI sorgt Philipp Dietrich mit seinem Team dafür, dass Forschung und Wirtschaft sich finden.

**Im Sommer 2005** war Philipp Dietrich auf den bunten Seiten der «Schweizer Illustrierten» abgebildet. An der Seite von Daniel Laurent, dem Chef des Schweizer Forschungszentrums von Pneuhersteller Michelin, posierte der promovierte Maschinenbauer im schwarzen Anzug als einer der «100 wichtigsten Schweizer». Hintergrund der ehrenvollen Nominierung war das Brennstoffzellen-Fahrzeug HY-LIGHT, welches das PSI und Michelin zusammen entwickelt haben und für das Philipp Dietrich am PSI als Projektleiter verantwortlich ist. Am Challenge Bibendum 2004 in Shanghai, dem weltgrössten Wettbewerb für zukunftsweisende Antriebskonzepte, hatte der umweltfreundliche HY-LIGHT Spitzenwerte erreicht. Für Philipp Dietrich war die Rallye in China ein eindrückliches und gleichzeitig zukunftsweisendes Abenteuer. «Ich bin überzeugt», sagt er, «dass ich mir einmal im Leben noch ein Brennstoffzellenauto kaufen werde.»

Allerdings ist die Entwicklung des Autos für den 46-Jährigen am PSI «nur» ein Nebengeleise: Dietrichs Kernkompetenz ist der Technologietransfer, ein Feld, das er mit seinem Team mit grosser Leidenschaft beackert und auf dem er ebenfalls Erfolge feiert\*. «Es macht mir grossen Spass, Menschen oder Kulturen, die verschieden sind, an einen Tisch zu bringen», sagt er.

Technologietransfer bedeute im Prinzip zweierlei, erklärt Dietrich: Zum einen werden dadurch Forschungsergebnisse in den grossen Kreis der Wirtschaft katapultiert und dort verwertet – in Form neuer Produkte, neuer Arbeitsplätze usw. Andererseits können

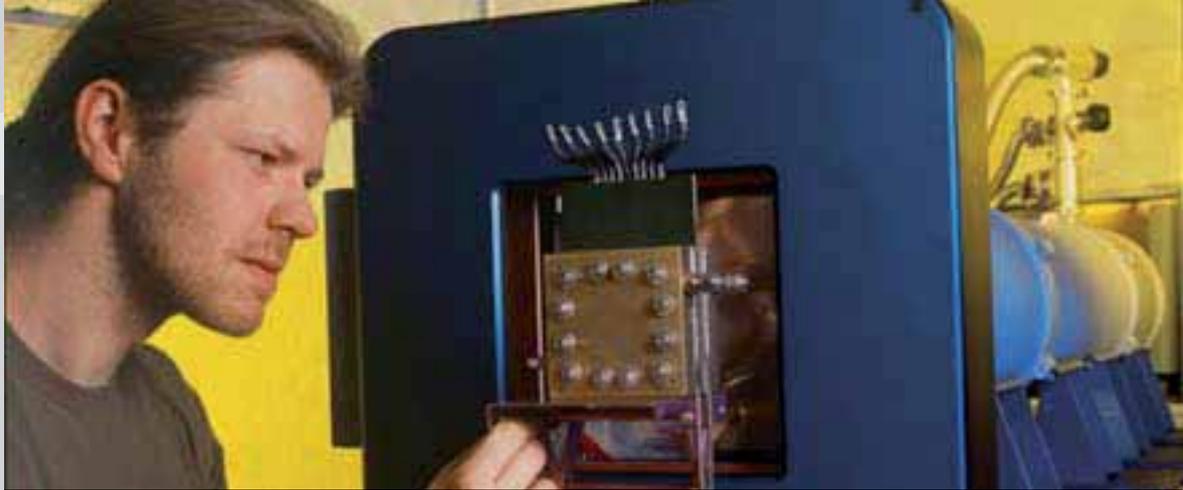
am PSI entwickelte Technologien Gewinn bringend veräussert werden. «Für die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS etwa entwickelten PSI-Forscher die Elektronik für eine schnelle Signalerfassung, die wir für den Weiterverkauf lizenziert haben.»

Ohnehin ist die SLS ein Musterbeispiel für erfolgreichen Technologietransfer: Rund ein Zehntel der teuren Nutzungszeit an der Anlage wird von der Industrie beansprucht – ein Wert, der weltweit seinesgleichen sucht. Die Qualität des Strahls ist dabei nur ein Faktor. Ebenso wichtig ist, dass Philipp Dietrich Technologietransfer als «people's business» versteht. «Jede Vermarktung hat ihre eigene Gesetzmässigkeit, Rezepte gibt es kaum», erklärt er. Sitze er beispielsweise mit Japanern am Tisch, dann gelte es, den Ranghöchsten zu erten – und ein Ja nicht immer für bare Münze zu nehmen. Finnen seien generell sehr Mimik-arm und zurückhaltend, und bei den Chinesen müsse man wissen, dass ein Fünfjahresvertrag nach zwei Wochen wieder verhandelbar sei. «Meine Aufgabe besteht jeweils darin, eine Win-win-Situation zu kreieren», sagt Dietrich. Das bedeute, sich jeden Tag auf ein neues Abenteuer einzulassen, was die Arbeit lebendig und abwechslungsreich mache.

Konstanten pflegt Philipp Dietrich eher im Privatleben. Seinen drei Töchtern – acht, sechs und ein Jahr alt – ist er ein hingebungsvoller Vater, und mit seiner Frau teilt er eine andere Leidenschaft: die Musik. Von seinem Wohnort Unterendingen fährt er mit dem Fahrrad zur Arbeit. So lange zumindest, bis (s)ein Brennstoffzellenauto auf den Markt kommt.

«Jede Vermarktung hat ihre eigene Gesetzmässigkeit, Rezepte gibt es kaum.»

\* Philipp Dietrich ist seit Anfang 2006 Geschäftsführer des neuen Kompetenzzentrums für Energie und Mobilität (CEEM-CH), das unter Federführung des PSI die Energieforschung im ETH-Bereich bündelt.



Eine Brennstoffzelle wird zur Untersuchung an der neuen Neutronenradiografie-Anlage ICON installiert.

## Neutronenradiografie

Kontakt: eberhard.lehmann@psi.ch

# Erhellende Strahlenbilder

Mit der Neutronenradiografie lassen sich Objekte zerstörungsfrei prüfen und durchleuchten. Das bildgebende Verfahren – am PSI jetzt mit einer zweiten Strahllinie im Einsatz – dient dem gesamten Spektrum der Forschung, von der Archäologie bis zur Automobiltechnik.

Untersuchungen an Halswirbeln von Dinosauriern geben Aufschluss über den Körperbau und das Verhalten der Riesenechsen. Ein in Windisch ausgegrabener, stark korrodierter Eisenstab erweist sich durchleuchtet als Prägestempel und stellt die bisher angenommene zentrale Münzherstellung im Römischen Reich in Frage. Zwei Beispiele, wie die Neutronenradiografie zur Rekonstruktion und Erklärung der Vergangenheit beiträgt. Doch die vielseitige Methode nützt auch zukünftigen Projekten.

### Gewachsenes Anwendungsgebiet

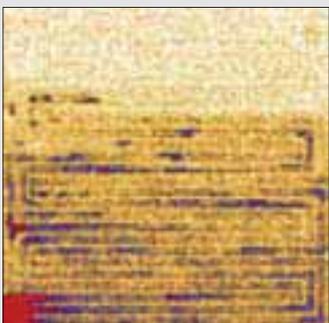
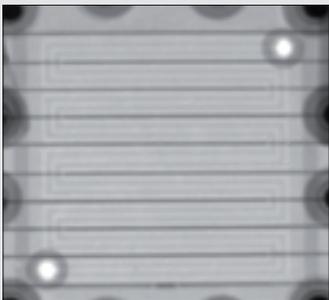
Seit die Anlage NEUTRA 1997 am PSI in Betrieb genommen wurde, hat sich das Anwendungsgebiet für bildgebende Verfahren stark erweitert. So kommt es heute neben Routineaufgaben bei der zerstörungsfreien Prüfung vornehmlich der Forschung in Elektrochemie, Bodenkunde, Geologie, Holzanalyse, Archäologie und Paläontologie zugute.

Wegen der grossen Nachfrage nach Messungen und um die Methode weiterzuentwickeln, hat sich das PSI entschlossen, eine zweite Anlage zu bauen. Die im Herbst 2005 fertig gestellte Strahllinie ICON verwendet kalte Neutronen und weist im Vergleich zur bisherigen NEUTRA-Anlage

ein unterschiedliches Neutronenspektrum auf. Die Aussagekraft von Untersuchungen mittels Neutronenradiografie liess sich so weiter verbessern.

### Studien zur Effizienz von Brennstoffzellen

Auf dem Gebiet der industriellen Anwendungen dominieren derzeit Analysen von elektrochemischen Brennstoffzellen, die Wasserstoff und Sauerstoff zu elektrischem Strom umwandeln. Das dabei entstehende Wasser kann mit Neutronen sehr genau in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung auch innerhalb der metallischen Struktur sichtbar gemacht werden. Anhand solcher Detailstudien lässt sich die Effizienz der Brennstoffzellen erheblich steigern. Diese Zellen können zum Beispiel zum Antrieb von Fahrzeugen eingesetzt werden, was den Strassenverkehr wesentlich umweltverträglicher machen würde.



**Neutronenradiografie der Brennstoffzelle:** Das Bild oben zeigt die interne Struktur der Zelle, unten (koloriert) ist die Verteilung des Wassers zu sehen. Zu viel Wasser in der Zelle (violettrote Bereiche) beeinträchtigt den Antransport von Sauerstoff und damit die Leistungsfähigkeit.



Nanostrukturen mit Fotolithografie an der Röntgen-Interferenz-Lithografie (XIL)-Strahllinie der SLS.

# Gemeinsam Richtung Markt

**Damit wissenschaftliche Erkenntnisse den Weg auf den Markt finden, braucht es ingenieurwissenschaftliche Entwicklungen. Um diesen Transfer auf dem Gebiet der Nanotechnologie zu forcieren, hat das PSI gemeinsam mit der Fachhochschule Nordwestschweiz das Institut INKA gegründet.**

Die Nanotechnologie hat in jüngerer Zeit eine ganze Reihe spektakulärer, wissenschaftlicher Resultate vorweisen können. Das hat enorme Erwartungen bezüglich künftiger Anwendungen geweckt: intelligente Kleider, Quantencomputer, selbstreinigende Oberflächen oder personalisierte Medikamente sind mögliche zukünftige Anwendungen, die eine hohe Wertschöpfung versprechen. Die Labormethoden, die bis jetzt zur Herstellung der Materialien angewandt werden, eignen sich jedoch nicht zur Fertigung von Produkten. Dazu müssen robustere und billigere Verfahren entwickelt werden.

## PSI + FHNW = INKA

Auf dem Gebiet moderner Fertigungstechnologie sind einige Fachhochschulen führend und bestens mit den einschlägigen Industrien vernetzt. Zusammen mit der Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW und dem von ihr betriebenen Zentrum für Kunststofftechnik sowie Partnern aus der Industrie hat das PSI bereits früher Projekte auf dem Gebiet der Abformung von Nanostrukturen in Kunststoffen erfolgreich durchgeführt. Es bot sich daher an, die komplementären Kompetenzen des PSI und der FHNW zusammenzuführen und so

einen weiteren effizienten Weg für Wissens- und Technologietransfer zu erschliessen.

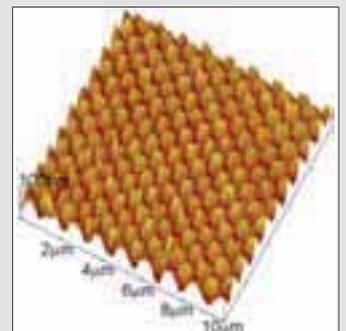
Das Institut für Nanotechnische Kunststoff-Anwendungen INKA hat Anfang 2005 als gemeinsame Einrichtung von PSI und FHNW seinen Betrieb aufgenommen. Bereits konnten mehrere Forschungsverträge mit Industrieunternehmen abgeschlossen werden. Dabei steht die Funktionalisierung von Kunststoff-Oberflächen mit Mikro- und Nanostrukturierung im Vordergrund. Zudem haben Studierende der FHNW zahlreiche Semesterprojekte durchgeführt, bietet INKA doch Ausbildung auf einem der attraktivsten Hightech-Gebiete in modern eingerichteten Labors.

## Hightech vom Feinsten

Kunststoff-Oberflächen können durch kontrollierte, geometrische Strukturierung gezielt funktionalisiert werden, damit sie zum Beispiel benetzende oder haftende Eigenschaften aufweisen. Eine der fabrikationstechnischen Herausforderungen besteht darin, solche Strukturen mit Nanosäulen über grosse Flächen herzustellen. Durch die Entwicklung des so genannten Nanografting erschliessen sich weitere Anwendungsgebiete. Dazu werden Kunststoffe mit feinsten Lichtmustern aus Röntgenstrahlen der SLS bestrahlt. An den belichteten Stellen können andere Kunststoffmoleküle aufgepfropft werden und so der Oberfläche zusätzliche, beispielsweise biochemische Funktionen verleihen.

## Nanotechnologie

Kontakt: [jens.gobrecht@psi.ch](mailto:jens.gobrecht@psi.ch)



**Aufgepfropft mit Röntgenstrahlen:** Polystyrol-Noppen auf einer Ethylen-Tetrafluorethylen-Oberfläche. Die Grösse der Punkte beträgt 0,7 mal 0,7 Mikrometer (tausendstel Millimeter). (Rasterkraft-Mikroskop-Aufnahme)



**Geprägte Mikrosäulen:** Noppenstruktur in Polypropylen. Der Säulendurchmesser beträgt ca. 5 tausendstel Millimeter. (Raster-elektronen-Mikroskop-Aufnahme)



Holz ist energetisch CO<sub>2</sub>-neutral und lässt sich auch sauber nutzen – wie bei der Gasaufbereitung des PSI.

## Methan aus Holz

Kontakt: samuel.stucki@psi.ch,  
alfred.waser@psi.ch

# Bioenergie im Erdgasnetz

**Bereits in naher Zukunft soll Holz effizient und umweltschonend zu synthetischem Erdgas verarbeitet werden und so als CO<sub>2</sub>-neutraler Treibstoff Autos antreiben oder Strom produzieren. Versuche des PSI stimmen optimistisch.**

Künstlich erzeugtes Erdgas ins bestehende Erdgasnetz einspeisen: Bis 2010 soll die Idee mit einer Erstanlage in der Schweiz Realität sein. Seit 1998 erforscht das PSI mit Förderbeiträgen der Firma Gazobois SA, des Bundesamts für Energie und von Novatlantis ein Verfahren, mit dem sich Holz zu synthetischem Erdgas verarbeiten lässt. Das Ziel ist dabei, einen hochwertigen, flexibel nutzbaren Energieträger anzubieten.

Ausgangsstoff für die Forschung ist das Produktgas aus dem 8-MW-Holzvergaser-Prototyp,

der im Biomassekraftwerk im österreichischen Güssing installiert ist. Dieser Dampf-Wirbelschichtvergaser für Holz, den die Technische Universität Wien zusammen mit der österreichischen Firma Repotec Umwelttechnik GmbH entwickelt hat, läuft inzwischen mit mehr als 7000 Stunden pro Jahr erfolgreich. Versuche des PSI vor Ort haben gezeigt, dass sich das Produktgas katalytisch weitgehend zu Methangas umformen und so konditionieren lässt, dass es in eine Erdgasleitung eingespeist werden kann. Die Versuchsanlage des PSI verarbeitet Gas mit einer Leistung von 10 Kilowatt.

### Für Stromproduzenten und Gasindustrie

Beim Projekt in der Energiestadt Güssing arbeitet das PSI zusammen mit österreichischen Partnern sowie der Winterthurer Firma CTU Conzepte Technik Umwelt AG. Diese Parteien haben sich in einem Technologiekonsortium zusammengeschlossen, das bis 2007 in Güssing eine Pilotanlage für die Methanierung im industriellen Massstab mit einer Gasleistung von 1 Megawatt erstellen will. Das Pilotprojekt soll als Basis dienen für die Auslegung und den Bau von grösseren kommerziellen Anlagen. Neben EU-Fördermitteln erhält das Vorhaben namhafte finanzielle Unterstützung durch die swisselectric research, einem Forschungsprogramm der grossen Schweizer Stromverbundunternehmen.

Die Konsortiumspartner sind zuversichtlich, dass die Methanierungstechnologie Anfang des nächsten Jahrzehnts kommerziell einsatzbereit ist und damit für Stromproduzenten ebenso interessant wird wie für die Gasindustrie, die das CO<sub>2</sub>-neutrale synthetische Erdgas zum Beispiel als Treibstoff vermarkten kann.



Das Biomassekraftwerk im österreichischen Güssing liefert das Produktgas für die PSI-Versuche.

**Wussten Sie, dass ...**  
... bisher am PSI rund 250 Patente angemeldet und über 40 Lizenzen erteilt wurden?



**Brennstabwechsel im KKW:** Mit der Iod-Rückhaltung des PSI lässt sich die Strahlenbelastung vermindern.

# Für den Fall des Falles

**Die nukleare Sicherheitsforschung am PSI hat einen neuen Weg gefunden, wie krebserregendes radioaktives Iod sowohl bei Revisionsarbeiten wie auch beim Störfall im Kernkraftwerk besser zurückgehalten werden kann. Erste Versuche unter realitätsnahen Laborbedingungen sind erfolgreich verlaufen.**

Radioiod ist ein potenzieller Verursacher von Schilddrüsenkrebs. Zu einem sicheren Betrieb von Kernkraftwerken gehören deshalb Massnahmen, die verhindern, dass sich bei der Revision und in einem Störfall Radioiod freisetzt. Die nukleare Sicherheitsforschung am PSI erarbeitet neue technische Verfahren und entwickelt Codes zur Modellierung von Störfällen. Dabei ist es gelungen, die Wahrscheinlichkeit einer Freisetzung des Methyljodids ( $\text{CH}_3\text{I}$ ), eines besonders leichtflüchtigen und bisher nur beschränkt rückhaltbaren Stoffes, hochgradig zu reduzieren.

## Zum Patent angemeldet

Die Experimente zum Iodverhalten wurden unter Bestrahlungsbelastungen durchgeführt, die mit jenen in einem KKW vergleichbar sind. Die Reaktionen des Iods wurden analysiert und die Konzentrationen radiochemisch verfolgt. Das neu entwickelte und zum Patent angemeldete Verfahren erfasst das Gesamtiod.

Beim Studium der Umwandlung von  $\text{CH}_3\text{I}$  zu Iodid fanden die Forschenden mit den langkettigen vierteiligen Amminen (zum Beispiel Aliquat 336) Additive, die wesentlich wirksamer sind als die bisher eingesetzten Thiosulfat-Lösungen. Dabei kommt die Doppelfunktion dieser Verbindungen als Katalysator und Anionenaustauscher zum Tragen. Die Wirksamkeit wurde am Beispiel

von Gaswäschern demonstriert. Das Endprodukt Iodid wird gebunden und einer Reoxidation entzogen. Das gelöste Aliquat-Iodid kann an technologisch bewährten Sorptionsmitteln konzentriert und entsorgt werden.

Der Einsatz von Aliquat 336 zur schnellen Umwandlung von flüchtigen Iodverbindungen zu Iodid und dessen Fixierung eröffnet neue Möglichkeiten zur Iodrückhaltung bei einem Störfall. Auch die Reduktion der Strahlenbelastung beim Umgang mit Radioiodid-haltigen wässrigen Lösungen bei Wartungs- und Revisionsarbeiten im KKW wird mit dem neuen Verfahren wesentlich effektiver und in einem grösseren Bereich wirksam.

## Iod-Management im KKW

Kontakt: [peter.hardegger@psi.ch](mailto:peter.hardegger@psi.ch)



«Die Grundlagenforschung ist der Atem der angewandten Forschung, die dank guter Zusammenarbeit mit der Industrie Innovationen ermöglicht.»

Bundesrat Pascal Couchepin,  
Schweizer Forschungsminister



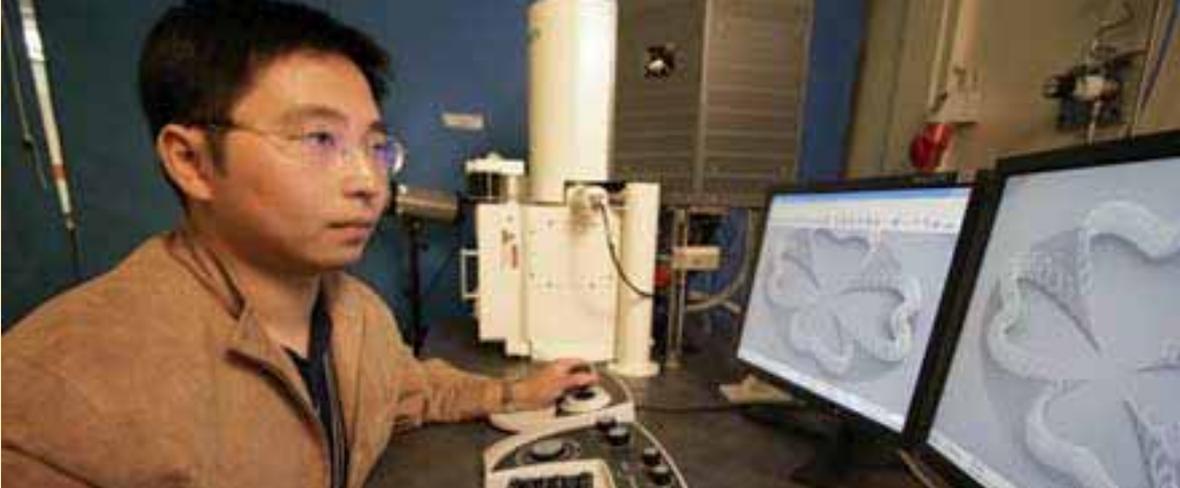
**Nanotechnologie im Reinraum:** In partikelfreier Umgebung entwickeln PSI-Forschende spezielle Silizium-Wafer, die beispielsweise in Teilchendetektoren für grosse Beschleuniger am CERN verwendet werden.  
(Foto: H.R. Bramaz)

A person wearing a blue protective suit, a blue cap, and clear safety goggles is working in a laboratory. The person is looking slightly to the left. The background shows laboratory equipment, including a large white container and a yellow wall.

# Das internationale Labor

---

Im Fokus der Statistik:  
Zahlen, Fakten,  
Finanzen & Indikatoren



International wettbewerbsfähige Doktoranden dank Spitzenforschung und globaler Vernetzung.

Statistik

Kontakt: martin.jermann@psi.ch

# Fakten und Finanzen

**Für Forschung und Entwicklung, für Bau und Betrieb der Forschungsanlagen und der Infrastruktur sowie für Dienstleistungen wandte das PSI im Berichtsjahr 269,3 Mio. Franken auf. Mit 224,3 Mio. Franken finanzierte der Bund 83 % des Gesamtaufwands.**

Von den PSI-Gesamtmitteln wurden 43,9 Mio. Franken (16 %) für Investitionen eingesetzt, die Personalkosten betragen 163,3 Mio. Franken (61%). Im Vergleich zum Vorjahr ist bei den Ausgaben ein Anstieg der Drittmittel (um rund 10 Mio. Franken) zu verzeichnen. Da der Finanzierungsbeitrag des Bundes in etwa konstant blieb (+2,3 Mio. Franken oder +0,1%), erhöhte sich der Gesamtaufwand um den Betrag der zusätzlichen Gelder aus der Privatwirtschaft auf 269,3 Mio. Franken.

Die Drittmittel-Erträge von 40 Mio. Franken kamen 2005 zu 64% aus der Privatwirtschaft und zu 20 % aus Forschungsförderungsprogrammen des Bundes (Schweizerischer Nationalfonds, Bundesamt für Energie). 16% der Drittmittel waren mit EU-Programmen verbunden.

### Aufwändiges Benutzerlabor

Rund 70 % des Gesamtaufwands kamen auch 2005 dem PSI als Benutzerlabor zugute. Die hohen Anforderungen für den vorwiegend externen Benutzerkreis schränken den Spielraum für die PSI-eigene Forschung ein. Gerade diese ist aber sehr wichtig. Denn nur wenn die eigene Forschung an den Anlagen kompetent und attraktiv betrieben werden kann, lassen sich die externen Benutzerinnen und Benutzer der Forschungseinrichtungen optimal betreuen und unterstützen.

Ende 2005 waren am PSI rund 1200 Personen (Vollzeitstellen) beschäftigt, wovon weitaus die

meisten (77 %) im Kanton Aargau wohnen; 11 % wohnen im Kanton Zürich, 8 % im nahen Ausland. 14 % der Beschäftigten sind Frauen und weit über ein Drittel (37%) hat einen ausländischen Pass.

### Gefragte Ausbildungsstätte

Rund 270 Doktoranden absolvierten im Berichtsjahr ihre Promotionsarbeit ganz oder teilweise am PSI. Sie profitieren von den Forschungseinrichtungen und werden von PSI-Mitarbeitenden unterstützt. Gut 170 Dissertationen waren vom PSI finanziert. Ende 2005 zählte das PSI 77 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 Benutzerlaborbetrieb des PSI bieten Gewähr, dass die Studierenden international wettbewerbsfähig werden. Mehr als 70 Wissenschaftlerinnen und

Die PSI-Finanzen (Mio. CHF)	2005	
<b>Aufwendungen</b>		
Betrieb	225,4	84 %
Investitionen	43,9	16 %
<b>Gesamt</b>	<b>269,3</b>	<b>100 %</b>
Davon:		
Finanzierungsbeitrag Bund	224,3	83 %
Drittmittel	45,0	17 %
<b>Drittmittel-Erträge</b>		
Privatwirtschaft	25,5	64 %
Forschungsförderung Bund	8,1	20 %
EU-Programme	6,4	16 %
<b>Gesamt</b>	<b>40,0</b>	<b>100 %</b>
Personal (inkl. Aus-/Weiterbildung)	163,3	61 %

**Wussten Sie, dass...**  
...im Jahr 2005 mehr als 1400 Gastforschende aus 50 Nationen die Anlagen des PSI für Experimente nutzten?



**Gestiegener Impact Score:** PSI-Forschungsarbeiten werden häufig zitiert.

Wissenschaftler des Instituts waren im Berichtsjahr mit Lehraufträgen an Hochschulen und Fachhochschulen tätig.

### Entlastung der Schweizer Hochschulen

Für die Betreuung der Doktorierenden und den damit verbundenen Infrastrukturbetrieb sowie für die Unterstützung der Lehre an den Hochschulen wandte das Institut 2005 gut 25 Mio. Franken auf, davon 80 % für Doktorierende von Universitäten sowie von den ETH Zürich und Lausanne. Dass das PSI Laborplätze für externe Forschungsgruppen und für den Forschungsnachwuchs bereitstellt, entlastet die Schweizer Hochschulen von Infrastrukturaufgaben und -ausgaben.

Neben der akademischen und der beruflichen Ausbildung bietet das PSI auch Fachkurse für Strahlenschutz und Reaktortechnik in eigens dafür etablierten Schulen. Insgesamt waren 2005 über 2200 Kursteilnehmerinnen und -teilnehmer zu verzeichnen.

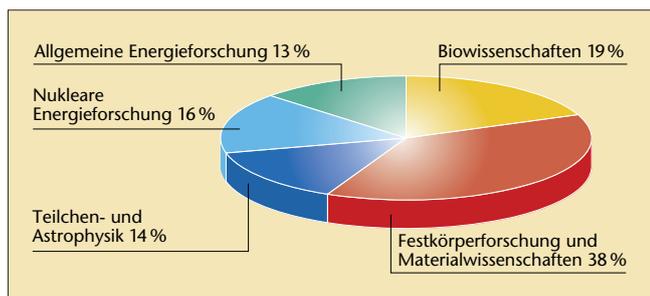
Die Forschung des PSI ist eng verknüpft mit dem Design, der Entwicklung und dem Betrieb grosser und komplexer Forschungsanlagen. Dank dieser Spezialität ist das grösste nationale Forschungsinstitut auch das Einzige seiner Art in der Schweiz. Indikatoren für wissenschaftlichen Erfolg und Anerkennung sind einerseits die in referenzierten Fachjournalen veröffentlichten Beiträge,

andererseits der Impact Score, ein Mass dafür, wie oft die Publikationen von andern Forschern zitiert werden.

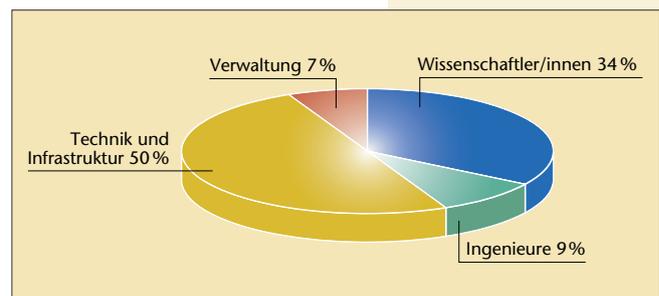
Bibliometrische Auswertungen durch die Universität Leiden haben ergeben, dass der Output wissenschaftlicher Publikationen des PSI in den vergangenen Jahren weiter zugenommen hat. Bei einem zehnjährigen Mittel von 425 liegt die Anzahl jetzt bei über 500 pro Jahr. Ebenfalls gestiegen ist der Impact Score (Anzahl Zitierungen), der gegenwärtig 2500 pro Jahr beträgt – mit anderen Worten: Auf jede PSI-Publikation ist durchschnittlich fünfmal von andern Wissenschaftlern verwiesen worden.

### Attraktiver Partner für Kooperationen

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



**Verteilung der Gesamtmittel 2005** (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.

Martin Jermann

# Der Vordenker

Fünf PSI-Direktoren konnten bereits auf seine Hilfe zählen. Aber Martin Jermann, Stabschef und Mitglied der Direktion, kennt nicht nur die Vergangenheit des PSI, er prägt auch dessen Zukunft massgeblich mit. Sein Ziel: Mittels eigener Forschung auf Weltniveau soll das PSI als Benutzerlabor seine Schlüsselrolle in der Schweizer Forschungsgemeinschaft ausbauen.

**Wer ihn kennt**, ist kaum erstaunt, dass Martin Jermann sogar einen Teil seiner Ferien am PSI verbringt. Dann widmet er sich Dingen, für die ihm in seinem Arbeitsalltag keine Zeit bleibt. So machte er sich zum Beispiel mit allen Schritten der Krebsbehandlung vertraut, die am Institut durchgeführt werden: Vom ersten Arztgespräch bis zum Abschluss der Protonentherapie nach total 30 Bestrahlungssitzungen. Er sei fasziniert von diesem Projekt, sagt der Stabschef, der im Nebenamt das weltweit einzigartige Therapieprogramm des PSI leitet. Und ist Martin Jermanns Begeisterung einmal geweckt, kennt sein Engagement keine Grenzen mehr: Er setzte sich derart intensiv mit den Möglichkeiten der Protonentherapie auseinander, dass er – obwohl selbst nicht Arzt – mittlerweile ein international gefragter Experte für die technischen und ökonomischen Aspekte der Therapie ist. Seine Liebe zum Detail geht so weit, dass er sich persönlich der Gestaltung des Vorgartens beim Medizinpavillon angenommen hat.

Die Hauptaufgabe des 59-jährigen ETH-Physikers ist aber eine andere: Er plant die langfristige Zukunft des PSI, bestimmt die strategische Entwicklung des Instituts mit und kümmert sich an vorderster Front um die Problemlösung von Forschungsprojekten. «Ich frage mich immer von neuem, welche Projekte künftig tragend sein könnten und wie das Institut in 10 bis 20 Jahren aussieht.» Die Zukunft aber, das hat Martin Jermann in seinen über 30 Jahren am PSI und dessen Vorläufer EIR erkannt, liegt nicht unbedingt in Bereichen, die heute gross und wichtig erscheinen. Deshalb muss der Vordenker eines Forschungsinstituts in erster Linie innovative Ideen fördern – nicht zuletzt gegen

Widerstände in der eigenen Institution. «Hätte es Anfang der 1990er-Jahre unter den Forschern eine Abstimmung gegeben, ob wir für 150 Millionen Franken eine neue Synchrotronlichtquelle bauen sollten oder nicht, wären die meisten dagegen gewesen. Heute profitieren viele Forschende von dieser einzigartigen Anlage, und ohne die SLS wären gewisse Bereiche unseres Instituts in Frage gestellt.»

Martin Jermann steht mittlerweile dem fünften PSI-Direktor zur Seite. Als Mann, der zusammen mit dem obersten Chef des Instituts Weichen stellt, braucht er eine gute Portion Risikobereitschaft – und er muss integrationsfähig sein. Nicht ohne Stolz erzählt der Stabschef, dass seine Budgetvorschläge, die er jeweils unter Einbezug der unterschiedlichsten Ansprüche und strategischen Prioritäten entwirft, noch nie zu Streit führten. «Die Leute haben das Gefühl, meine Vorschläge seien fair und begründet, und sie seien für die Zukunft des gesamten Instituts richtig.»

Zurzeit sieht der Forschungsmanager für das PSI ein neues, möglicherweise zukunftsträchtiges Projekt am Horizont auftauchen: Den so genannten Röntgen Free Electron Laser, eine Lichtquelle, 10 000-mal intensiver als jene der heutigen Vorzeiganlage SLS. Ein visionäres Vorhaben einiger Physiker, dessen Zustandekommen Martin Jermann nach Kräften unterstützt. Doch bei aller Begeisterung bleibt er auf dem Boden. «Liesse sich diese Idee realisieren», meint er bloss, «wäre dies ein absoluter Hit.» Er spricht wie er denkt, der rührige Berner und ambitionierte Geburtshelfer von PSI-Innovationen.

«Ich frage mich immer von neuem, wie das Institut in 10 bis 20 Jahren aussieht.»



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

## Das Benutzerlabor

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



### Myonen-Weltneuheit

Mit der 2005 aufgebauten Niederenergie-Myonen-Anlage LEM verfügt das PSI über die weltweit einzigartige Möglichkeit, einen intensiven Myonenstrahl mit niedrigsten, einstellbaren Energien zu erzeugen. Die selbst entwickelte Anlage ermöglicht die gezielte Einpflanzung polarisierter Myonen in Tiefen von wenigen bis einigen hundert Nanometern (1 Nanometer = 1 milliardstel Meter). Damit wird der Forschung ein völlig neues Feld eröffnet, nämlich die tiefenabhängige Messung von magnetischen Materialeigenschaften in dünnen Filmen, Schichtstrukturen und Grenzflächen auf Nanometerskala.

# Ein Forschungszentrum mit weltweiter Strahlkraft

**Das PSI will auch in Zukunft Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler anziehen, die international zu den Besten in ihrem Bereich gehören. Das stellt hohe Anforderungen an das Personal, an das Forschungsangebot und die Infrastruktur sowie an die gelebte Forschungskultur.**

National wie international hat sich das PSI als eines der führenden Benutzerlabors profiliert. 2005 zählte man am Institut rund 3000 Besuche (Vorjahr: 2500) von über 1400 Wissenschaftlern aus rund 50 Nationen. Das bedeutet ein Fünftel mehr Experimente als im Vorjahr. Rund 40 % der Nutzer stammen aus dem PSI und den Schweizer Hochschulen, gut die Hälfte kommt aus dem EU-Raum. Aus den Versuchen an den drei grossen Anlagen SLS, SINQ und  $\mu\text{S}$  resultierten 280 wissenschaftliche Publikationen. Deutlich zugenommen haben Veröffentlichungen in den Top-Journals «Science», «Nature», «Cell», «Langmuir» und «Physical Review Letters».

Mit der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS erhielt das PSI 2001 sein letztes riesiges Mikroskop. Im Berichtsjahr haben hier 830 Forschende 677 Experimente durchgeführt und von den im internationalen Vergleich hervorragenden Eigenschaften der SLS profitiert. Die an den Strahllinien laufenden Forschungsprojekte sind sehr breit gefächert. Sie dienen beispielsweise der Bestimmung der Struktur von Proteinen, was für die Entwicklung von Arzneimitteln und zur Erforschung der Funktionen des menschlichen Genoms besonders wichtig ist. Auch wird das Synchrotronlicht zur Untersuchung der Struktur und Eigenschaften

neuartiger Materialien und Materialoberflächen eingesetzt. Die Nachfrage nach der äusserst stabilen Synchrotronstrahlung an der SLS ist enorm gross, deshalb wird das Angebot auf Hochtouren ausgebaut: 2005 waren an der SLS acht Strahllinien im Nutzerbetrieb und weitere acht in Planung, Aufbau oder kurz vor Inbetriebnahme.

### Vielseitig genutzter Protonenbeschleuniger

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 zehn Forschungsinstrumente für Neutronenstreuexperimente zur Verfügung, die 2005 von über 350 Experimentatoren aus dem In- und Ausland für ihre Arbeiten genutzt wurden.

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 125 Grad Celsius. Um weitere Fortschritte zu erzielen, muss der Mechanismus der Hochtemperatur-Supraleitung aber zuerst richtig verstanden werden – eine herausfordernde Aufgabe der SINQ-Forscher. Eine Spezialität der SINQ sind im Weiteren Untersuchungen von Materialien, bei denen sich elektrische und magnetische Eigenschaften kombinieren lassen, was u.a. der Erforschung von Werkstoffen für Sen-



**Spallations-Neutronenquelle SINQ:** An 10 Instrumenten forschten 2005 über 350 Experimentatoren.

soren, 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  $\mu\text{S}$  stehen sechs Instrumente zur Verfügung, die 2005 von 148 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in ca. 100 Projekten genutzt wurden. Myonen verwendet man als empfindliche magnetische Sonden vorwiegend in Festkörperforschung, Materialwissenschaften und Chemie.

#### Einmaliges Angebot an Forschungsanlagen

Mit den drei grossen experimentellen Forschungsanlagen SLS, SINQ und  $\mu\text{S}$  bietet das PSI für Forschende eine international einmalige Kombination komplementärer Methoden für Strukturforschung, Spektroskopie und für die Strukturierung von Materialien. Das PSI erhält durch das «Large Scale Facility Access»-Programm der EU eine finanzielle Unterstützung von ca. 1 Mio. Franken pro Jahr. Die Mittel werden für den Betrieb der Strahllinien, die Weiterentwicklung der Instrumentierung sowie für die Betreuung und Unter-

stützung der Forschenden aus EU-Staaten an den genannten Grossanlagen eingesetzt.

Da die Nachfrage nach Instrumenten und Experimentierplätzen bis fünfmal höher ist als das Angebot, kann nur den besten Forschungsvorhaben Strahlzeit zugeteilt werden. Die Zuteilung erfolgt auf Grund von Forschungsanträgen, die von international besetzten Expertenkommissionen wissenschaftlich begutachtet werden.

#### 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 von Fragen der Langzeitlagerung radioaktiver Abfälle dienen. Die Protonenbeschleuniger ermöglichen die Produktion kurzlebiger Radionuklide, die für Experimente in der Atmosphärenchemie verwendet werden.

Das Benutzerlabor 2005	SLS	SINQ	$\mu\text{S}$	Teilchenphysik	PSI Total 2005	(2004)
Anzahl Strahllinien/Instrumente	8	10	6	11	35	(31)
Anzahl Experimente	677	351	100	13	1141	(930)
Anzahl Nutzerbesuche	1805	557	433	230	3025	(2516)
Anzahl Nutzer/innen	830	352	148	102	1432	(1399)

#### Wussten Sie, dass...

... das PSI mit den Teilchenstrahlen aus Protonen, Myonen, Neutronen sowie der Synchrotronlichtquelle eine weltweit einzigartige Kombination von Grossforschungsanlagen hat, um damit Experimente in unzähligen Wissenschaftsbereichen durchführen zu können?



In der Smogkammer lassen sich chemische Untersuchungen der (simulierten) Atmosphäre durchführen.



## 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 hoch intensive Synchrotronlicht entsteht. Diese elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von Infrarot bis zu hartem Röntgenlicht eignet sich hervorragend für die Strukturaufklärung von Materie, für Spektrometrie und für feinste Strukturierung von Materialoberflächen im Nanometerbereich.

Die Neutronenradiografie an der SINQ zeigt, wie sich Flüssigkeiten und Gase in Brennstoffzellen verteilen und lotet so grundlegende Prozesse dieser effizienten Energieumwandlung aus. Verfahren zur Herstellung von solarem Wasserstoff, der als umweltfreundliche Alternative zu fossilen Energieträgern gilt, werden am Solarofen des PSI weiterentwickelt.

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.

### Topqualität für die Teilchenphysik

Mit dem Protonenstrahl des PSI lassen sich intensive Sekundärstrahlen aus Pionen und Myonen erzeugen, die unter anderem für Experimente in der Teilchenphysik verwendet werden. Da die Strahlen die weltweit beste Qualität aufweisen, sind sie nicht nur bei Wissenschaftsteams aus ganz Europa, sondern auch aus den USA und Japan gefragt. Die Experimente am PSI erforschen fundamentale Eigenschaften von Pionen und Myonen, wobei besonders nach sehr subtilen, für das Verständnis der Teilchenphysik aber äusserst wichtigen Details gesucht wird.

Ein weiterer wichtiger Bereich der Teilchenphysik am PSI ist die Entwicklung extrem empfindlicher Detektoren – beispielsweise für das CMS-Experiment am CERN, das sehr schwere Teilchen nachweisen soll, die das Standardmodell der Physik voraussagt. Grundlagen zur Verletzung von fundamentalen Symmetrien erforscht eine Gruppe von PSI-Physikern, die mit ultrakalten Neutronen (UCN) arbeitet.

Mit dem Protonenstrahl werden zudem Radioisotope für die pharmazeutische Forschung mit neuartigen diagnostischen und therapeutischen

Verfahren hergestellt. Ein geringer Teil der beschleunigten Protonen wurde 2005 letztmals für die Krebstherapie eingesetzt. Künftig wird die Protonentherapie von dem neu entwickelten und für den Spitaleinsatz konzipierten Kompaktzyklotron COMET versorgt.

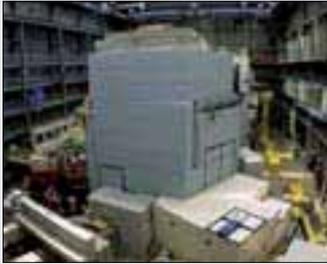
### Besonders schonende Krebstherapie

Von der weltweit einzigartigen Protonentherapie haben 2005 über 300 Patientinnen und Patienten profitiert. In Zusammenarbeit mit dem Kinderspital Zürich wurden 14 krebskranke Kleinkinder (im Alter unter vier Jahren) erfolgreich unter Narkose mit Protonenstrahlen behandelt. Bis Ende 2005 kam diese besonders schonende Methode bei fast 50 Kindern und Jugendlichen zum Einsatz. Ab Ende 2006 ist ein Ganzjahresbetrieb der Protonentherapie vorgesehen. In Zukunft ist so die Behandlung von jährlich 400 bis 500 Patientinnen und Patienten möglich.

Beim Projekt PROSCAN, der Erweiterung der Protonentherapieanlage zur Behandlung tief liegender Krebstumoren, hat man 2005 bedeutende Fortschritte erzielt. Das neue supraleitende Kompaktzyklotron wurde Anfang April erstmals in Betrieb gesetzt. Nach umfangreichen Spezialarbeiten und Tests wird der Patientenbetrieb mit dem neuen Beschleuniger voraussichtlich im Oktober 2006 aufgenommen.

### Schweizer Industrie profitiert

Die PSI-Scanning-Technik zur präzisen Protonenbestrahlung wurde an die Industrie lizenziert. Eine erste kommerzielle Behandlungsanlage, die ausschliesslich aus privaten Mitteln finanziert ist und ebenfalls das Scanning-Verfahren und das am PSI aufgebaute Kompaktzyklotron benutzt, steht in München kurz vor der Inbetriebnahme. Weitere Projekte 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.



## 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. Blei) 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 zu einen 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 S $\mu$ S

Die Schweizer Myonenquelle S $\mu$ S 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 etwas grösseren Masse als die des Protons.

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



## 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 der effizienten 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.



## 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.



## 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.

**Wussten Sie, dass...**  
... am PSI im Jahr 2005 über 600 Tagungen, Workshops, Seminare, Führungen und andere Events stattfanden?



# Aus- und Weiterbildung

Für Forschende und  
Berufsleute





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

Studierende am PSI

# Umsorgter Nachwuchs

**Das PSI engagiert sich in der Lehre mit Doktorandenbetreuung und Unterricht an Hochschulen und Fachhochschulen. Für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind die Grossanlagen und Labors des Instituts begehrte Aus- und Weiterbildungsplätze.**

Gut 270 Studierende sind zurzeit am PSI im Rahmen interner oder externer Forschungsgruppen mit ihrer Doktorarbeit beschäftigt. Davon werden rund 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.

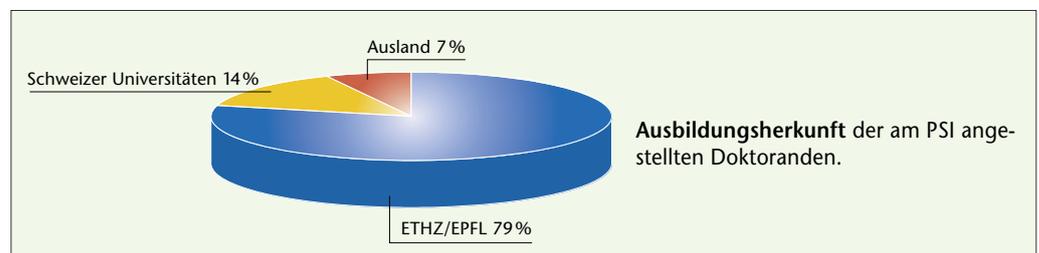
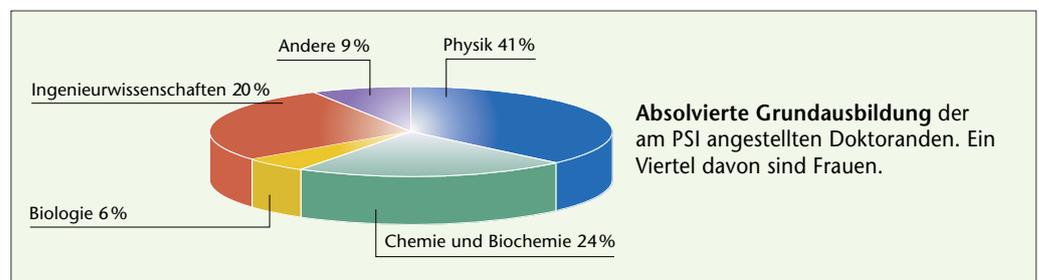
Am meisten Doktorierende forschen im Bereich Allgemeine Energie ENE, nämlich 58. Im Ver-

gleich zum Vorjahr verzeichnen Chemie und Biochemie den grössten relativen Zuwachs an Promotionsarbeiten (+20 %), zurückgegangen ist dagegen die Zahl der Doktoranden mit Abschluss in Biologie (-25 %).

32 Studierende, darunter neun Frauen, schlossen 2005 ihre Doktorarbeit am PSI ab. Die Themen reichen von «Wasserlöslichen Substanzen in der Atmosphäre» über «Experimentelle Untersuchungen mit Luftblasen» bis zu «Speziellen Phasenübergängen in Spinflüssigkeiten».

## Beliebt für Praktika

Zudem haben mehr als 40 Absolventen von Hochschulen oder Fachhochschulen ihre Diplomarbeit am PSI durchgeführt. Auch ist das Institut ein sehr beliebter Ort für Praktika. 2005 nahmen 76 Praktikanten diese Gelegenheit wahr; fast 70 % davon kamen aus dem Ausland, ein Drittel war weiblichen Geschlechts.



◀ Bild Doppelseite 40/41:

**Fachübergreifende Zusammenarbeit:** Forschung erfolgt heute vorwiegend in interdisziplinär zusammengesetzten Teams, die Wissenschaftler müssen deshalb auch entsprechend ausgebildet werden. Im Bild eine Forschungsgruppe an der Smogkammer des PSI, welche die Zusammensetzung von Aerosolen in der (simulierten) Atmosphäre untersucht. (Foto: H.R. Bramaz)



Spitzenforscher nahe den Wolken: Teilnehmer der 4. PSI-Sommerschule für Festkörperforschung in Zuoz.

# Karussell des Know-hows

Wissenschaftliche  
Veranstaltungen

Die Wissenschaftsgemeinschaft versammelt sich an Tagungen und Workshops, Symposien und Seminaren, an Konferenzen und Kongressen, um über Resultate zu berichten und Wissen auszutauschen. Auch das PSI hat zahlreiche solche Veranstaltungen organisiert – eine Auswahl für 2005.

## Meetings der Benutzerlabors

**$\mu$ S-Nutzer-Meeting** am 19. und 20. Januar: über 50 Teilnehmende aus der Myon-Spin-Spektroskopie-Fachwelt; 38 Referate; ein Highlight war der Vortrag «Heisenbergs geometrisch frustrierte Antiferromagnete» von Philippe Mendels, Professor an der Université Paris-Sud.

**SINQ-Nutzer-Meeting** am 27. Januar: 104 Teilnehmende; 49 Talks mit Rednern aus der weltweiten SINQ-Forschungsgemeinschaft; erstmals über 100 Teilnehmer.

**Nutzer-Meeting der Teilchenphysik** am 10. und 11. Februar: 105 Teilnehmende; 27 Präsentationen; im Fokus: Proposal zur Messung des elektrischen Dipolmoments des Neutrons an der künftigen Ultrakalten Neutronenquelle UCN.

**SLS-Nutzer-Meeting** am 17. und 18. Oktober: ca. 130 Teilnehmende; rund 50 Vorträge und Poster-Beiträge aus der internationalen Synchrotronstrahlungs-Gemeinde; an den zwei nachfolgenden Satelliten-Meetings mit 40 Referaten nahmen nochmals 90 Personen teil.

## Sommerschule in Zuoz

**4. Sommerschule für Festkörperforschung** vom 14. bis 21. August im Lyceum Alpinum: über 100 Teilnehmende, darunter 80 Post-Graduate- oder PostDoc-Studierende; das Thema: Mikroskopie und Spektroskopie mit Synchrotronlicht, Neutronen und Myonen.

## Energie-Veranstaltungen

**ENE-Seminarreihe:** 38 Seminare mit jeweils 30 bis 80 Teilnehmenden; herausragende Themen waren die neuen Trends in der Bildgebung mit Neutronen, die Röntgen-Fotoelektron-Spektroskopie und – zum Ausklang des Jahres der Physik – die aus einer kosmologischen Perspektive betrachtete Energie.

**NES-Kolloquien:** 8 Veranstaltungen mit durchschnittlich 30 Zuhörern; am meisten Publikum hatte das Kolloquium mit Anne Falanga, Direktorin am CEA, über neue Energietechnologien am CEA, einer öffentlichen Forschungsorganisation in Frankreich.

## Weitere Veranstaltungen

**Konferenz ETSF 5 (Energietechnologien für eine nachhaltige Zukunft)** am 9. und 10. Juli: Internationaler Event zum Thema «Die Rolle der Grossforschungsanlagen bei der Entwicklung nachhaltiger Energiesysteme». 80 Teilnehmende; 29 Referate über eine breite Palette von Themen; Highlight: Abschlussreferat von PSI-Bereichsleiter Alexander Wokaun, das die vielseitige Konferenz brillant zusammenfasste.

**Internationaler Workshop über bildgebende Verfahren mit kalten Neutronen** am 13. und 14. Oktober: 70 Teilnehmende aus 20 Ländern; 18 Vorträge zum Stand der Neutronenradiografie und über neue Verfahren, dazu 21 Poster. Highlights: PSI als etablierter Ort für Spitzenforschung mit Neutron Imaging, Diskussion und Präsentation neuer Optionen.

**Internationaler Workshop über Röntgen- und Neutronenreflektometrie** vom 24. bis 27. Oktober: Rund 50 Teilnehmende und 30 Referate; anregendes Treffen für die Fachleute aus der Neutronenstreuungs-Szene.



**Erstmals über 100 Teilnehmer:** Am jährlichen Meeting begrüsst PSI-Bereichsleiter Kurt Clausen die Nutzer der Spallations-Neutronenquelle SINQ.

A portrait of Ursula Schmid, a woman with short, reddish-brown hair, smiling slightly. She is wearing a dark jacket and a black and white checkered scarf. Her hands are crossed in front of her, and she is wearing several gold rings on her fingers. The background is a blurred outdoor setting with a blue sky and a building.

Ursula Schmid

## Die Phil-Einerin

Sie ist eine der wenigen Frauen im höheren Kader, sie interessiert sich für Kunst und bei Problemen redet sie nicht lange um den heißen Brei herum. Anders gesagt: Die Psychologin Ursula Schmid, seit 2003 Personalchefin, hat es in der naturwissenschaftlich geprägten Welt des PSI nicht immer einfach. Doch eben das ist es, was sie an ihrer Aufgabe reizt.

«Ich liebe Herausforderungen», sagt Ursula Schmid und strahlt übers ganze Gesicht: «Ich könnte nie irgendwo arbeiten, wo es nur darum geht, das Personal zu verwalten.» Am PSI besteht in dieser Hinsicht keine Gefahr. Kaum ein Arbeitsplatz in der Schweiz bietet solche Internationalität auf kleinstem Raum. 1500 Beschäftigte aus 47 Ländern, Gastwissenschaftler aus aller Welt und derzeit 77 Lehrlinge bilden ein breites Spektrum von Funktionen und Persönlichkeiten: vom Doktoranden aus China bis zum polnischen Ingenieur, vom Kochlehrling bis zum Nuklearphysiker; am PSI gibt es Teamplayer und Individualisten, Erbsenzähler und Freigeister.

Dieses Spannungsfeld habe sie am Anfang überrascht, bekennt Ursula Schmid. Von der Privatwirtschaft – sie arbeitete vor ihrem Stellenantritt 2003 in der Maschinenindustrie und in der Energiewirtschaft – war sie ein homogeneres Angestelltenprofil gewohnt. Doch gerade die Heterogenität der Mitarbeiter und die daraus erwachsenden Aufgaben machen für sie die Arbeit am PSI so interessant: Das gehe von den Sicherheitsinstruktionen für das Reinigungsteam, über Aufenthaltsbewilligungen für Ausländer bis zur komplexen Ausschreibung einer Laborleiterstelle.

«Im Personalbereich gibts keine Copy-paste-Methoden.» So sind zum Beispiel die Kriterien für die Besetzung einer Kaderstelle in der Privatindustrie anders als an einem Forschungsinstitut wie dem PSI. Während dort Führungsqualitäten eine hohe Priorität haben, steht hier Wissen im Vordergrund: wissenschaftliche Leistungen, internationales Renommee und Publikationen. Als Personalverantwortliche kennt Ursula Schmid auch mögliche Schattenseiten, denn nicht

immer gehen wissenschaftliche Qualifikation und Führungseigenschaften Hand in Hand. Sie bedauert, dass sie oft erst spät von schwelenden Konflikten erfährt: «Verhockte Probleme lassen vielfach keine Win-win-Lösungen mehr zu.»

Transparenz und Offenheit sind der Personalchefin, die auf dem zweiten Bildungsweg Psychologie studierte, sehr wichtig: «Nur wenn ich offen kommuniziere, bin ich in meinen Entscheidungen glaubwürdig.» Sie ist sich bewusst, dass in dem technisch-naturwissenschaftlich geprägten Umfeld des PSI die Arbeit einer «Phil-Einerin» mit einer gewissen Skepsis beobachtet wird. Es freut sie deshalb umso mehr, als sich in jüngster Zeit vermehrt Mitarbeiter mit ihren Anliegen an die Personalabteilung wenden.

Offen informieren, sich kritischen Fragen stellen und nicht schönreden – das ist auch ihre Strategie bei der Einführung des leistungsbezogenen Lohnsystems, des grössten und wichtigsten Projekts ihrer Abteilung. Dieses wird sie über 2005 hinaus beschäftigen und sorgt bei den Mitarbeitenden für eine gewisse Unruhe. Dass sie bei solchen Prozessen auf Widerstand stösst, macht Ursula Schmid nichts aus, im Gegenteil: «Ich mag starke Persönlichkeiten, die nicht einfach zu allem Ja und Amen sagen.» Vorausgesetzt, es geht bei der Kritik um die Sache. Es sind ebendiese Diskussionen, die sie an «Männerdomänen» wie dem PSI schätzt: «Ich arbeite gerne mit Leuten, die sachbezogen argumentieren. Die Fühlen-und-Spüren-Ebene ist nicht mein Weg, ich brauche Faktenbezug.» Hier am PSI sei sie umgeben von Menschen, die etwas vorantreiben wollen und nach konkreten Lösungen suchen. «Nicht zuletzt deshalb habe ich mich für diese Stelle entschieden.»

«Ich mag starke Persönlichkeiten, die nicht einfach zu allem Ja und Amen sagen.»



Früher Kontakt mit der Forschung ist wichtig, um Nachwuchskräfte zu gewinnen.

## Nachwuchsförderung

Kontakt: [fritz.gassmann@psi.ch](mailto:fritz.gassmann@psi.ch)

# Bis die Köpfe rauchen

**Mit verschiedenen Veranstaltungen möchte das PSI Jugendliche zu einem naturwissenschaftlichen Studium motivieren.**

### Schweizer Jugend Forscht (SJF)

Acht Maturanden aus den Kantonen Aargau, Solothurn, Schaffhausen, Schwyz, Waadt und Zürich sowie ein Auslandschweizer aus Mexiko haben sich am PSI im Oktober eine Woche lang intensiv mit der Projektierung einer Weltraummission zum Jupitermond Europa befasst. Weitere Gruppen beschäftigten sich an der ETH Zürich, am CERN und an den Universitäten Fribourg und Bern mit einer gestellten Aufgabe. Die gesamte Aktion wurde von der Stiftung SJF koordiniert.

In zwei Viererteams untersuchten die Jugendlichen am PSI die Energieversorgung der Weltraumsonde und des Landegeräts. Sie forschten nach Möglichkeiten, ein Loch durch den rund

10 km dicken Eispanzer des Jupitermondes zu bohren. Alle Teilnehmenden zeigten riesigen Einsatz und liessen nicht locker, bis die Köpfe rauchten, um die für sie eigentlich überdimensionierte Aufgabe zu lösen. Mit erstaunlich wenig Unterstützung ergaben sich nach intensiven Diskussionen und Internet-Recherchen Vorschläge, die es verdienen, von der Europäischen Weltraumorganisation Esa analysiert und in ihre Planung aufgenommen zu werden.

### Summer Lecture Series

Die sommerliche Vorlesungsreihe für den wissenschaftlichen Nachwuchs stiess 2005 erneut auf reges Interesse. 30 Studierende aus aller Welt benutzten die Gelegenheit, einen fundierten Einblick in die Tätigkeiten des PSI auf den verschiedensten Gebieten zu gewinnen. Die Studentinnen und Studenten, die ihre Semesterferien in eine erste Forschungserfahrung investieren, bilden ein wertvolles Potenzial, dessen Pflege sich für das PSI als international renommierte Forschungsstätte zweifellos auszahlt.

### Praktika und Sabbaticals

Vier Schülerinnen und Schüler der Kantonschule Wettingen absolvierten im Herbst am PSI ein dreiwöchiges Praktikum und kamen dabei zum ersten Mal mit der Wissenschaft und dem Berufsleben in direkten Kontakt. Um das Thema «Energie» auf der Bezirksschulstufe (untere Gymnasialstufe) im Unterricht zu vermitteln, sind spezifische Unterlagen notwendig, die den Lehrpersonen einen raschen Einstieg in das vielfach fremde Gebiet erlauben. Ein Bezirksschullehrer investierte einen Teil seines Sabbaticals, um am PSI einen ersten Entwurf für einen Energiekurs an der Bezirksschule zu erarbeiten.



**Ins Problem vertieft:** Die Eisbohrloch-Gruppe schätzt ab, ob 4 kg Plutonium ausreichen würden, um mit einem Kleinreaktor ein 10 km langes Loch in zwei Wochen ins Eis des Jupitermondes Europa zu schmelzen.



Zur Belohnung ein Schnupperflug! 14 Berufsleute schlossen ihre Lehre am PSI mit «Ausgezeichnet» ab.

# Ein Grund zum Abheben

Mit einem Notendurchschnitt von 5,1 schlossen vergangenen Sommer 25 Lehrlinge ihre Lehre am PSI ab. Über die Hälfte der jungen Berufsleute erreichte Noten zwischen 5,0 und 5,6. Für diese Leistung wurden sie mit einem Schnupperflug belohnt.

Bestes Flugwetter erwartete die angehenden Pilotinnen und Piloten im aargauischen Birrhed. Geschult in einer Theoriestunde, schritten die PSI-Lehrabgänger, die eine Abschlussnote von 5 oder mehr erreicht hatten, aufs Rollfeld zur «ihren» Flugzeugen. Die sehen ja aus wie Spielzeugflieger! Und damit soll ich fliegen? So richtig wohl wars wahrscheinlich den Wenigsten, aber keiner und keine liess sich die Gelegenheit entgehen, eine Maschine selbst zu steuern.

In der Luft eröffneten sich neue Perspektiven auf Altbekanntes: Das PSI aus der Vogelschau, der eigene Wohnort, das ganze untere Aaretal. Völlig losgelöst von der Erde – ich fliege!

Nach dem selbst gesteuerten Flug setzten die frischgebackenen Flugkapitäne mit Unterstützung des Fluglehrers nach einer halben Stunde wieder zur sicheren Landung an.

## 77 Lehrlinge in zwölf Berufen

Derzeit bildet das PSI 77 Lehrlinge in zwölf Berufen aus – von Physiklaborantinnen über Polymechaniker und Automatiker bis hin zu Köchinnen. Piloten sind vorläufig nicht vorgesehen.



**Erfolgreicher Jahrgang:** Die 25 Lehrlinge (im Bild mit den Lehrmeistern) erreichten 2005 bei ihrem Lehrabschluss einen Notendurchschnitt von 5,1. Im Vorjahr lag er bei 4,8.

## Berufsbildung

Kontakt: [oswald.brechbuehler@psi.ch](mailto:oswald.brechbuehler@psi.ch)



Foto: AZ

## Nachwuchstalente

Das Personalrestaurant OASE fördert immer wieder Talente zu Tage – kein Wunder, stehen doch dort grosse Vorbilder am Herd. Eine erfolgreiche Absolventin der Kochlehre am PSI ist Nadja Schuler (Bild). Die begabte Jungköchin schaffte 2005 den Sprung in die Jugendnationalmannschaft des Schweizerischen Kochverbands. Gastronomie hat in ihrer Familie Tradition – wie auch am PSI, das in der OASE das Personal, die Gastwissenschaftler aus aller Welt, aber auch viele Gäste aus der Region kulinarisch verwöhnt.

Weitere PSI-Talente hat der Gewerbeverein Aaretal-Kirchspiel ausgezeichnet. An seinem Lehrlings-event Ende Juni auf Schloss Böttstein belegten Kauffrau Melanie Hugi (Note 5,5) und Chemielaborantin Andrea Jenny (5,3) die Plätze eins und zwei.



Mit modernsten Röntgenanlagen: Das grösste Röntgenlabor für Ausbildungszwecke der Schweiz ist am PSI.

## Strahlenschutz

Kontakt: ernst.walder@psi.ch



**Ausrangiert:** die 25-jährigen Röntgeneratoren von Siemens.

# Auf dem neusten Stand

**Das neue Röntgenlabor macht die Schule für Strahlenschutz zur modernsten Ausbildungsstätte für den strahlensicheren Umgang mit Röntgenanlagen in der Schweiz.**

Vor zwanzig Jahren wurde in der dem PSI angegliederten Schule für Strahlenschutz letztmals ein neues Röntgenlabor eingerichtet. Installiert hatte man damals Röntgeneratoren der Firma Siemens mit Baujahr 1980, die zu jenem Zeitpunkt in schweizerischen Arztpraxen und Spitälern weit verbreitet waren.

Heute werden diese Geräte nicht mehr eingesetzt, auch sind keine Ersatzteile mehr erhältlich. Hinzu kommt, dass moderne Geräte sowohl kür-

zere Belichtungszeiten als auch kleinere Patientendosen erlauben. Darüber hinaus ist die Schule verpflichtet, ihrem grossen medizinisch orientierten Kundenkreis eine zeitgemässe Infrastruktur zur Verfügung zu stellen. Ein Ersatz der veralteten Röntengeräte drängte sich also in mehrfacher Hinsicht auf.

Die sechs modernen Geräte, die jetzt im Röntgenlabor zur Verfügung stehen, sind mit so genannten Hochfrequenzgeneratoren ausgerüstet, die eine optimale Dosisausbeute gewährleisten. Mit der neuen Technik verfügt die Schule am PSI nun schweizweit über das modernste und grösste Labor für Ausbildungszwecke im Bereich Strahlenschutz beim Umgang mit Röntgenanlagen.

## Kernkraftwerkstechnik

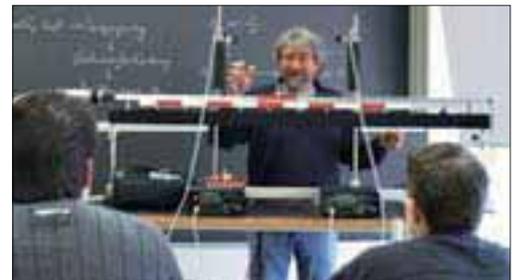
Kontakt: werner.rohrbach@psi.ch

# Im Dienst der Sicherheit

**Die Reaktorschule am PSI ist eine der ältesten Technikerschulen der Schweiz. Mit Technikerlehrgängen und Weiterbildungskursen leistet sie seit 40 Jahren einen bedeutenden Beitrag zum sicheren Betrieb von Schweizer Kernanlagen.**

Die Reaktorschule wurde 1965 im Rahmen der Ausbildung von angehenden Reaktoroperatoren für die Forschungsreaktoren am Eidgenössischen Institut für Reaktorforschung EIR gegründet. Mit dem Bau der Schweizer Kernkraftwerke hat sie sich sukzessive zu einer eidgenössisch anerkannten Höheren Fachschule für Kernkraftwerkstechnik HF entwickelt. Die Schule führt zwei Ausbildungszweige: Technikerlehrgänge und Weiterbildungskurse in Kernkraftwerkstechnik, die 2004 von der Société Générale de Surveillance SGS das ISO-Zertifikat 9001:2000 erhielten.

Im vergangenen Mai konnten zwölf Studenten erfolgreich den Technikerlehrgang T-34 abschliessen. Insgesamt haben bis heute 142 Kernkraftwerkstechniker ihr Diplom in Empfang genommen und über 1100 Kursteilnehmer wurden in diversen standardisierten und kundenspezifischen Weiterbildungskursen geschult.



**Training für sichere Kernanlagen:** physikalische Experimente im Unterricht der Technikerschule.



Das PSI-Personal schätzt das Image des Instituts als gut bis sehr gut ein, als kritisch die Konfliktkultur.

# Barometer auf zufrieden

**Die 2005 am PSI durchgeführte Personalbefragung zielte auf drei Themen: Reflexion der Arbeitssituation, Image des Instituts und Feedback für Vorgesetzte. Das Resultat kann sich sehen lassen: Die Befragten bewerteten alle drei Bereiche tendenziell als gut.**

Der Rücklauf der Fragebogen für die Personalbefragung 2005 war mit 64 % erfreulich hoch, und das Ergebnis ist, übers Ganze gesehen, positiv: Die Mitarbeitenden sind motiviert und engagiert und mit der gegenwärtigen Arbeitssituation zufrieden, das darf aus der Auswertung der Antworten geschlossen werden. Eine Analyse der Resultate nach Geschlecht oder Dienstalter zeigt keine wesentlichen Abweichungen. Die Zufriedenheit mit der Arbeitssituation wird einerseits überdurchschnittlich stark von der Arbeitsqualität beeinflusst, andererseits tragen Vorgesetztenverhalten und Arbeitsklima massgebend zur positiven Stimmung bei. Erfreulicherweise wurden diese beiden Faktoren von den PSI-Mitarbeitenden nicht nur als wichtig beurteilt, sondern erzielten auch die höchsten Bewertungen (siehe Grafik).

## Konfliktlösung verbessern

Das Image des PSI kann man in aussen- und innengerichtete Bereiche unterteilen. Image, Ausrichtung und Anspruch als Forschungsinstitut sowie die Zusammenarbeit mit Industrie, Hochschulen und anderen Forschungsinstituten beurteilten die Befragten als gut bis sehr gut. Tendenziell kritisch standen sie der internen Zusammenarbeit, der Konflikt- sowie der Informationskultur gegenüber.

Ausgehend von den Ergebnissen hat das Institut Verbesserungen in zwei Bereichen initiiert: in der internen Zusammenarbeit und beim Umgang mit Konflikten. Bei ersterem sind bereits positive Entwicklungen festzustellen: Bereichsübergreifen-

de Zusammenarbeit und Koordination werden vermehrt als Chance erkannt und bei grösseren Projekten in die Entscheidungen miteinbezogen.

Am schwächsten hat das PSI beim Umgang mit Konflikten abgeschnitten. Das hängt damit zusammen, dass viele Mitarbeitende nicht wissen, wie man Probleme konstruktiv ansprechen und lösen kann. Ab 2006 bietet das PSI deshalb u.a. ein Seminar zum Umgang mit Konflikten an.

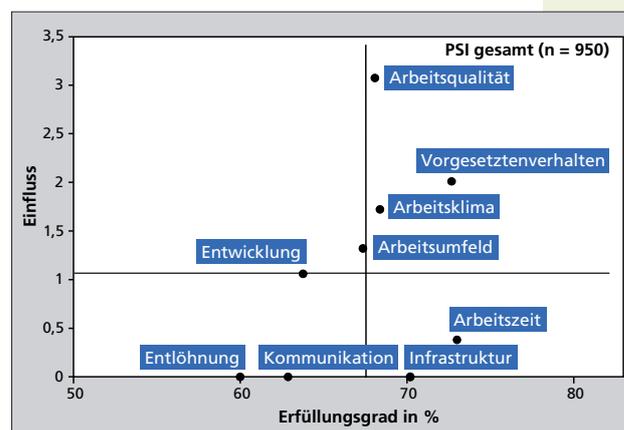
## Führungskompetenz erhöhen

Das offene Feedback und die Vorgesetztenbeurteilung, die sich in einer Personalbefragung zeigt, ist eine hervorragende Chance, Schwächen im zwischenmenschlichen Bereich zu orten und gezielt Verbesserungen herbeizuführen. In diesem Zusammenhang wurde auch am PSI der Wunsch nach einem Weiterbildungsangebot im Bereich «Führungskompetenz» geäussert, dem 2006 nun entsprochen wird.

Die Vorgesetztenbeurteilung wird in zwei Jahren wiederholt, die Personalbefragung in vier bis fünf Jahren.

## Personalbefragung

Kontakt: [pa@psi.ch](mailto:pa@psi.ch)



**Hohe Zufriedenheit mit der Arbeitssituation:** Die als wichtig betrachteten Faktoren erzielten auch einen hohen Erfüllungsgrad.





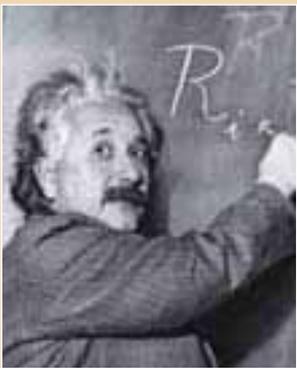
# Einsteins Physik am PSI

Das Wunderjahr 1905  
des genialen Wissenschaftlers  
wirkt bis heute nach



Konzentration im Kontrollraum der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS.

# Am Ort des Geschehens



«Der Fortgang der wissenschaftlichen Entwicklung ist im Endeffekt eine ständige Flucht vor dem Staunen.»

Albert Einstein, 1879–1955

◀ Bild Doppelseite 50/51:

**Flirt mit dem Meister:** Als Albert Einstein sich am Tag der offenen Tür ans Steuer des HY-LIGHT setzte, umringten zahlreiche neugierige Fans das Brennstoffzellen-Auto von Michelin und PSI. (Foto: Béatrice Devènes)

Nirgendwo in der Schweiz werden die Erkenntnisse Albert Einsteins so konzentriert und so häufig für grosse Experimente angewendet wie am PSI. Diese einzigartige Situation illustrierten im Jubeljahr spezielle Führungen, bei denen die Theorien des genialen Physikers und ihre Praxis am PSI anschaulich vermittelt wurden.

2005 feierte die Wissenschaft den 100. Geburtstag von fünf epochalen Physik-Arbeiten. Der Autor dieser Arbeiten heisst Albert Einstein und war Patentprüfer in Bern – ein «ehrwürdiger eidgenössischer Tintenscheisser mit ordentlichem Gehalt», wie er selbst es ausdrückte. In seiner später berühmt gewordenen Speziellen Relativitätstheorie erklärte er 1905 als 26-Jähriger der Fachwelt, dass Raum und Zeit keineswegs absolute Dimensionen sind. Im selben Jahr gelang es ihm zu zeigen, dass Licht aus physikalischer Sicht janusköpfig ist und dass die Atome wirklich existieren. Diese grundlegenden Erkenntnisse des genialen Gelehrten haben Forschende des PSI bei eigens organisierten Führungen jeweils an vier Stationen präsentiert.

## Licht ist Welle und Teilchen

Licht besteht aus Wellen und besitzt gleichzeitig die Eigenschaften von Teilchen. Diese Hypothese Einsteins war revolutionär und räumte mit den Theorien einiger Physikerkollegen auf. Einsteins Erkenntnisse, für die er 1921 den Physik-Nobelpreis erhielt, bilden die Basis für zahlreiche Experimente am PSI. So nutzen Forschungsteams an der SLS gebündeltes Synchrotronlicht, um kleinste Strukturen zu untersuchen und zu prägen. Doch nicht nur die Wissenschaft profitiert von Einsteins Arbeiten zu Licht und Fotoeffekt, auch viele

Geräte des täglichen Lebens beruhen darauf – zum Beispiel Solar- und Fotovoltaikzellen oder Digitalkameras, bei denen Lichtteilchen buchstäblich Bilder schießen.

## Raum und Zeit sind relativ

Zeit lesen wir von der Uhr ab, Raum messen wir mit dem Metermass. Beide Dimensionen galten als absolut und unabhängig von der Bewegung des Betrachters. Seit Einstein wissen wir jedoch, dass Raum und Zeit relative Grössen sind: Für schnell bewegte Objekte verstreicht die Zeit langsamer und der Raum wird kleiner. Messbare Konsequenzen hat dies erst, wenn sich das Tempo der Lichtgeschwindigkeit annähert. Einsteins Spezielle Relativitätstheorie von 1905 kam in der Welt der Physik einem Umsturz gleich und eröffnete eine neue Sicht des Universums.

Auch die Teilchen in den verschiedenen Beschleunigern am PSI gehorchen relativistischen Effekten, was beim Bau der Anlage, wie bei den Experimenten berücksichtigt werden muss. Ohne Einbezug der Zeitdehnung und der schwächeren Schwerkraft auf Satellitenhöhe würde auch das Global Positioning System (GPS) falsche Werte liefern und seine Nutzer in die Irre führen.

## $E = mc^2$

Energie ist Masse mal Lichtgeschwindigkeit im Quadrat. Einsteins wohl berühmteste Formel zeitigt Folgen auf den verschiedensten Gebieten. Die Umwandlung von Materie in Energie ist die Basis für die Kernfusion in der Sonne und für die Kernspaltung – sowohl in der Atombombe als auch, technisch kontrolliert, bei der friedlichen Nutzung der Nuklearenergie. Am PSI nutzt man die Formel in der Sicherheitsforschung für Kernkraftwerke und in der Radiopharmazie. Zudem sind bei den



Entspannung beim Spaziergang vor der grossen Experimentierhalle im PSI-Westareal.

Beschleunigeranlagen Einsteins Gesetze strikte anzuwenden. Die extrem beschleunigten und damit schwereren Teilchen würden sonst nicht auf ihren vorbestimmten Bahnen fliegen. Im Alltag ist die relativistische Massenzunahme in jedem Fernsehgerät wirksam, indem beschleunigte Elektronen das Bild erzeugen. Der Flug der Teilchen auf den Bildschirm wird mit Magnetfeldern justiert.

#### Atome existieren

Einstein war fasziniert vom Phänomen, das der schottische Naturkundler Robert Brown 1827 beobachtet hatte: Blütenpollen, die in einem Wassertropfen schwimmen, bewegen sich im Zickzack. Für diese Zappelbewegung fand Einstein 1905 eine einfache, aber kühne Erklärung: Die unsichtbaren Moleküle der Flüssigkeit stossen die

Pollen an. Seine Arbeit über die Brown'sche Molekularbewegung wies erstmals theoretisch die Existenz von Atomen nach. Heute können diese Bausteine der Materie mit speziellen Mikroskopen abgebildet werden, die am PSI in der Nanotechnologie verwendet werden.



#### Erfolg mit Einstein

Gut 1000 Besucher folgten zwischen Mai und Oktober 2005 einer der 15 Führungen zu «Einsteins Physik am PSI». An den vier Stationen, an denen die bahnbrechenden Erkenntnisse Einsteins im Zentrum stand, wurde jeweils zum Einstieg ein Video gezeigt, danach erläuterte ein Forscher das Thema anhand einer Bildpräsentation.

Die 100-jährigen Theorien Albert Einsteins und deren aktuelle Anwendungen am PSI stiessen auch am «Tag der Physik» auf enormes Interesse. Insgesamt konnten mit diesen Aktionen gegen 4000 Personen erreicht werden, die sich am PSI über die Arbeiten des genialen Schweizer Gelehrten informierten.

Bild: Einstein als eidgenössischer Patentprüfer in Bern, 1905.



Wo Teilchen beschleunigt werden: In der Experimentierhalle des PSI spielt sich ab, was der Forscher Fritz Gassmann an einer der 15 Einstein-Führungen erklärte.



A photograph showing a person's hand in a dark blue sweater adjusting a camera mounted on a tripod. The camera is positioned on a metal table. In the background, there are various pieces of laboratory equipment, including a large metal structure and a window. The lighting is bright, suggesting an indoor setting.

# Ereignisse 2005

---

Von Winterspielen und  
Tochertag bis zur Premiere  
des 3-D-Films



Da fliegen die Alu-Späne: Eine CNC-Fräsmaschine im Technischen Labor fasziniert.

## Tag der Physik

Kontakt: [beat.gerber@psi.ch](mailto:beat.gerber@psi.ch)

# Auch Einstein war dabei

**Die Vorbereitungsarbeiten waren beträchtlich und der Einsatz der PSI-Mitarbeitenden enorm, doch der Aufwand hat sich gelohnt. Der grossartige Publikumsaufmarsch am Tag der Physik beweist: Forschung, kompetent und sinnlich präsentiert, interessiert. Darüberhinaus schaffen solche Grossanlässe Wohlwollen in der Bevölkerung und fördern das Verständnis für die Wissenschaft.**

Über 9000 Schaulustige strömten am letzten Sonntag im Oktober ins PSI, um hier hinter die Kulissen der Spitzenforschung zu blicken. Auf grosses Interesse stiessen die Vorführungen, die Einsteins Theorien veranschaulichten und in Verbindung mit den Experimenten an den Grossforschungsanlagen brachten (siehe Seite 52). Manchmal guckte gar der Meister selbst vorbei... Im Weiteren konnte sich das Publikum über die verschiedenen nutzbringenden Anwendungen von Physik in Medizin (Krebstherapie), Energie und Umwelt informieren.

Dichtes Gedränge herrschte bei den Lehrlingsstationen: Auf originelle Art stellten hier die 76 Jugendlichen, die am PSI eine Ausbildung absolvieren, die 13 Berufe vor, die am PSI gelernt werden können. Grossandrang auch im Kinderlabor: Die dort gezeigten anschaulichen Versuche fanden bei Jung und Alt viel Anklang. Als wahrer Publikumsmagnet erwies sich zudem das Brennstoffzellen-Auto HY-LIGHT von PSI und Michelin, an dessen Steuer sich sogar Albert Einstein setzte.

### Wissen mit Show verbinden

Der Besucherrekord am Tag der Physik zeigte deutlich, dass sich die Bevölkerung sehr dafür interessiert, was auf den verschiedenen Gebieten der Wissenschaft läuft. Gefragt sind aber nicht nur

trockene Facts & Figures, sondern vor allem Präsentationen, die Wissen mit Unterhaltung verbinden und die Sinne ansprechen. Die Leute möchten etwas sehen, hören, anfassen oder riechen. Die meisten schätzen zudem die Möglichkeit, sich den seriösen Themen auf spielerische Weise anzunähern – ein Bedürfnis, dem das PSI in den vergangenen Jahren verstärkt entgegenkommt (v.a. mit den Aktivitäten im *psi forum*) und das auch die Forschenden zunehmend erkennen.



Bei PROTEUS standen die Besucher Schlange, um einen Blick in den nuklearen Forschungsreaktor zu werfen.

◀ Bild Doppelseite 54/55:

**Volle Konzentration** eines jungen Besuchers am Tag der offenen Tür, wo auch die Lehrlinge ihre 13 Berufe vorstellten. Im Bild die Vorrichtung der Physiklaboranten, die den freien Fall veranschaulichte. (Foto: Béatrice Devènes)



Ski Arc: Spezial-Langlauf mit Pfeil und Bogen.

## Wissenschaft beim Wintersport

Erstmals hat das PSI die Winterolympiade der europäischen Forschungszentren organisiert. Im bündnerischen Disentis-Sedrun. Am sportlichsten erwiesen sich die beiden Forschungsteams aus Grenoble.

280 Teilnehmende aus sieben Nationen massen sich zwischen 6. und 11. März in den Disziplinen Ski alpin, Langlauf, Snowboard, Curling und Schneeskulptur in insgesamt elf Wettkämpfen. Verschiedene kulturelle Veranstaltungen und Ausflüge ergänzten das umfangreiche Sportprogramm: Nächtlicher Auftakt der Spiele war eine Fackelabfahrt, an der sich alle Institute sowie die lokalen Skischulen beteiligten. Die angebotenen Exkursionen in den Neat-Stollen Porta Alpina, ins

Mineralienmuseum Cristallina und ins Kloster Disentis fanden bei den internationalen Gästen regen Zuspruch. Fünf originelle Schneeskulpturen zeugten über die sechs Tage hinaus von der Kreativität der Teilnehmenden.

Sportlich haben die Teams der Europäischen Synchrotron-Lichtquelle (ESRF) und des Institut Laue-Langevin, beide aus Grenoble, obenaus geschwungen und weitaus die meisten Medaillen erungen. Das PSI erkämpfte sechs Podestplätze (je dreimal Gold und Silber) und landete auf dem fünften Gesamtrang. Der Aufenthalt in Disentis-Sedrun hat den Forscherinnen und Forschern sehr gefallen und auch die örtlichen Touristiker dürften zufrieden sein, generierte der einwöchige Anlass doch an die 2000 Logiernächte.



## Warum nicht Physikerin?

55 Mädchen haben am 10. November ihren Vater oder ihre Mutter zur Arbeit ins PSI begleitet. In den Labors, Werkstätten, Büros und einer Experimentierstunde erhielten sie Einblick in die spannende Berufswelt rund um Physik, Chemie und Technik.

Mit dem Tochtertag, einer nationalen Aktion, sollen vermehrt Mädchen für wissenschaftliche und technische Berufe begeistert werden. Noch immer sitzen die traditionellen Rollenbilder fest in den Köpfen. Chancengleichheit auch in Forschung und Technik setzt einen Mentalitätswechsel und einen Kulturwandel voraus – bei Frauen und bei Männern.

Das PSI stellte den jungen Besucherinnen am Tochtertag eine ganze Reihe attraktiver und spezi-

eller Arbeitsplätze vor. An zwölf Stationen konnten die Schülerinnen Berufsfrauen in ihrem Arbeitsumfeld besuchen: An der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS etwa demonstrierte ihnen eine Physikerin die besonderen Eigenschaften von Licht. Andere konnten bei den Chemikerinnen sowie den Chemie- und Physiklaborantinnen selbst experimentieren oder bei minus 20 Grad den Eisraum erkunden.

Auch im Konstruktionsbüro, in den verschiedenen Werkstätten, der Druck- und Fototechnik sowie bei der Wissenschaftskommunikation haben die Mädchen angeregt gearbeitet.

### 3. Tochtertag am PSI

Kontakt: [sabine.schenker@psi.ch](mailto:sabine.schenker@psi.ch)



Foto: Frank Reiser

Mit der Forscherin das Eis sägen, in dem die Klimageschichte der Erde gespeichert ist.



Der PSI-Direktor im Tagesgespräch: Ralph Eichler mit DRS1-Radioreporter Emil Lehmann auf Sendung.

## Medien

Kontakt: [beat.gerber@psi.ch](mailto:beat.gerber@psi.ch)

# Aufhänger gesucht

**Ob am PSI oder anderswo: Die Forschung kann sich längst nicht mehr in den Labors abschotten, sondern muss sich in zunehmendem Mass der Gesellschaft erklären. Professionelle Medienarbeit ist dabei von zentraler Bedeutung.**

Vier Journalisten starteten Anfang April zu einer Medienreise nach Israel. Eingeladen waren sie vom PSI und der ETH Zürich. Am Weizmann-Institut bei Tel Aviv konnten die Forscher den Medienschaffenden eine neu installierte Pilotanlage für Solarchemie vorstellen. Der dortige Versuchsreaktor, leistungsmässig zwanzigmal grösser als derjenige am PSI, lieferte erfreuliche Ergebnisse. Am Schweizer Besuchstag kam er jedoch nicht auf Touren. Der Himmel war bedeckt und es regnete – die letzten Tropfen bis zum Oktober.

Unabhängig vom Wetter sind jeweils die Medienveranstaltungen in den grossen Forschungsanlagen des PSI. Hier aber sind die engen Platzverhältnisse ein Problem, nutzen die Forscher doch jeden Quadratmeter für ihre Arbeit. So mussten Anfang Jahr die Besucher an der Einweihung der zweiten Strahllinie für Protein-Kristallografie eng zusammenstehen. Finanziert wurde die begehrte SLS-Experimentierstation von der Max-Planck-Gesellschaft und den beiden Pharmakonzernen Novartis und Roche. Auch an der Jahresmedienkonferenz – unter dem mehrdeutigen Motto «Nano in Raum und Zeit» – war Platz notabene ein knappes Gut. Sowohl vor Ort wie in der Forschung. Da demonstrierten PSI-Wissenschaftler vor dicht gedrängtem Publikum, wie mit Synchrotronlicht feinste Strukturen fabriziert und ultrakurze magnetische Schaltvorgänge untersucht werden.

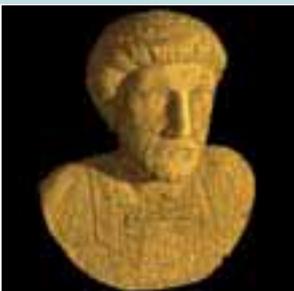
Nicht immer eignen sich Projekte in der Grundlagenforschung zur Veröffentlichung in den Mas-

senmedien. Vielfach sind sie zu fachspezifisch, zu abstrakt. Entscheidend ist deshalb ein aktueller Aufhänger oder eine Geschichte, die den Bezug zum Alltagsleben herstellt. Gelingen ist das mit der Neutronenradiografie, einer Methode zur zerstörungsfreien Untersuchung von Objekten (siehe Seite 26). Anhand eines durchleuchteten Saurierknochens liess sich das Verhalten der Riesenechse und gleichzeitig das Verfahren erklären.

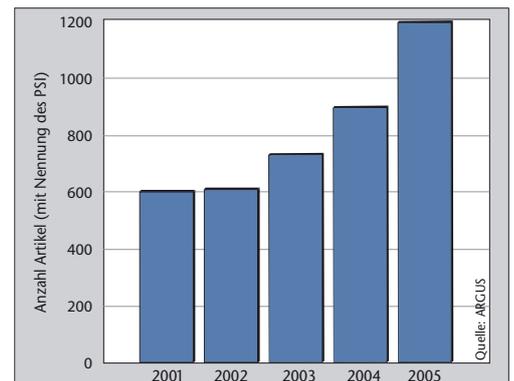
### Medienpräsenz dank Energie und Umwelt

Trotz beschränkter Mittel für die Öffentlichkeitsarbeit ist die Präsenz des PSI in den Schweizer Publikumsmedien in den letzten Jahren heftig gewachsen. Seit 2001 hat sich die Zahl der Artikel mit Nennung des Instituts verdoppelt. Gemäss einer Analyse stammten die weitaus meisten Presseberichte (45 %) aus dem Themenbereich Energie und Umwelt. An zweiter Stelle stehen Physik und Materialwissenschaften (13 %), gefolgt von Life Sciences und Medizin (6 %). Um den Bekanntheitsgrad des PSI auch international zu erhöhen, wurde im Berichtsjahr die Medienarbeit im englischsprachigen Raum (inklusive EU) aufgebaut.

## Wer ist das?



PSI-Neutronentomografie einer Büste des römischen Kaisers Marc Aurel (121–180 n.Chr.) Mit Neutronen konnte man durch das Werk aus purem Gold hindurchschauen und erkennen, dass es als homogenes Gebilde hergestellt worden war. Entdeckt wurde die 34 cm hohe und 1,6 kg schwere Büste 1939 in einem Abwasserkanal bei Aventicum, dem heutigen Avenches VD.



Präsenz des PSI in den Schweizer Publikumsmedien.



Vermittelt ungewöhnliche Perspektiven: die Raum-Installation in der Eingangshalle PSI-Ost.

# Wissen schafft Kunst

**Wissenschaft und Kunst sind ein ungleiches Gespann: Hier rationales Forschen, da intuitives Kreieren. Doch im Aufeinandertreffen dieser Bereiche liegen unausgeschöpfte Potenziale und gegenseitige Inspiration. Mit drei Kunstwerken will das PSI eine Annäherung der beiden Bereiche fördern.**

In der Eingangshalle PSI-Ost rotiert seit April 2005 tagsüber ein Doppel-Drehteller mit Kamera und Figur. Auf der Leinwand dahinter erscheint ein sich ständig veränderndes Bild: «die Realität» aus dem Blickwinkel der Kamera. Mit einem Regler kann der Betrachter die Geschwindigkeit des äusseren Scheibenrings, auf dem sich die Kamera befindet, verändern. Die unabhängig davon mit der innern Scheibe drehende Figur, eine Weltkugel mit Uhr, lässt sich in der Wahrnehmung der rotierenden Kamera nicht vom Hintergrund entkoppeln. Figur und Hintergrund sind in vertrackter Weise miteinander verknüpft und generieren ei-



**Wissenschaftlicher Künstler:** Der Aargauer Jürg Nänni erläutert seine Werke in der Experimentierhalle des PSI.

nen dynamischen und von der beobachtenden Kamera abhängigen Raum. Wer sich auf die Installation «Where in the world am I?» einlässt, dem eröffnen sich ungewöhnliche und immer wieder neue Perspektiven und Räume. In der Eingangshalle sind ab und zu Leute zu beobachten, die das Werk eingehend betrachten. Die meisten jedoch haben keine Mause, sie schauen nur flüchtig und leicht verunsichert hin.

Der Zürcher Künstler und Architekt Dominik Bastianello hat die Installation, die über 2005 hinaus am PSI bleibt, als Beitrag zum Weltjahr der Physik geschaffen. Er spielt damit auf Einsteins Spezielle Relativitätstheorie an und zeigt in einer künstlerischen Umsetzung, dass Raum und Zeit nicht absolute Grössen sind, sondern vom jeweiligen Standpunkt des Beobachters abhängen. Das Konzept entstand 2004 am PSI im Rahmen des Projekts «Artists in Labs» der Hochschule für Gestaltung und Kunst Zürich HGKZ.

## Bilderalgebra auf Beton

Hinter den Betonblöcken in der Experimentierhalle auf dem Westareal verbergen sich komplexe Forschungsinstrumente. Die graue Verkleidung der neuen Neutronenradiografie-Anlage ICON zieren seit Sommer 2005 acht Kunstwerke des Aargauer Physikers und Mathematikers Jürg Nänni. Vier Bilder setzen den Neutronenaufprall in die Bildsprache um und zeigen die Anwendung von Bilderalgebra. Auf den andern vier Werken sind wichtige Naturkonstanten und karikierte Porträts ihrer Entdecker zu erkennen.

## Kunst am PSI

Kontakt:  
[juanita.schlaepfer-miller@psi.ch](mailto:juanita.schlaepfer-miller@psi.ch)



## In der Fremde

Der Prototyp für die Soundskulptur «Theorem», die der australische Künstler Nigel Helyer für das PSI geschaffen hatte, wurde während fünf Tagen vor dem Kultur- und Kongresszentrum Luzern KKL vorgeführt. Trotz grosser Publikumsresonanz hat sich bisher noch kein Sponsor für das originelle Werk gefunden. Im Endausbau sind für das interaktive Audioporträt des PSI 30 bis 40 Einheiten vorgesehen (im Bild der Prototyp vor dem KKL mit zwei Einheiten).



Spiel mit Magneten.



Forschung zum Anfassen.

PSI-Besucherdienst

Kontakt: [sandra.ruchti@psi.ch](mailto:sandra.ruchti@psi.ch)

# Im Kinderlabor muss beginnen...

**Physik war dieses Jahr so populär wie kaum zuvor. Die Vereinten Nationen hatten 2005 zum Weltjahr der Physik erklärt, und mit Albert Einstein war ein idealer Jubilar und Sympathieträger gefunden.**

Für das PSI galt es, diese Welle des Wohlwollens zu nutzen. Die Zahlen belegen, dass es gelungen ist: Rund 1000 Personen bei den Einstein-Führungen, 9000 am Tag der Physik, weitere 11000 Neugierige liessen sich im Laufe des Jahres in die Welt der Wissenschaft entführen.

Das Weltjahr der Physik liest sich als Bekenntnis zur Anerkennung und Förderung der Naturwissenschaften. So hat sich die Europäische Union zum Ziel gesetzt, bis 2010 die Gesamtzahl der Absolventen des tertiären Bereichs in Mathematik, Naturwissenschaften und Technik um mindestens 15% anzuheben, dies bei gleichzeitiger Reduktion des Geschlechterungleichgewichts (Rat der EU,

2003). Auch am PSI wird der Nachwuchs gezielt gefördert. Jede dritte Gruppe, die das PSI 2005 besuchte, war eine Schulklasse (total 120 Klassen). Das Spektrum reichte von Primarschülern, die im Besucherzentrum mit viel Wissbegier die Exponate entdeckten, bis zu Gymnasiastinnen kurz vor der Matura. Die Mittelschülerinnen erlebten am PSI die Naturwissenschaften aus einer neuen Perspektive: Auf einem Rundgang entpuppte sich manch bekanntes Schulfach als Basis für faszinierende interdisziplinäre Forschungsfragen.

## Neugier auf Naturwissenschaften

Die meisten Kinder kommen in der Schule erstmals im Alter zwischen 12 und 14 Jahren mit Physik und Chemie in Berührung – zu einem Zeitpunkt also, wo die persönlichen Neigungen (z.B. für Sprachen) bereits ausgebildet sind. Die Neugier aufs Experimentieren und damit das Interesse an Naturwissenschaften muss viel früher geweckt und gefördert werden. Am Tag der Physik richtete der Besucherdienst des PSI den Fokus deshalb auf die Jüngsten: Ein Labor für Kinder ab fünf Jahren wurde eingerichtet. Spannende Experimente zum Thema «Licht und Magnetismus» sollten die Kleinsten anziehen. Der Ansturm übertraf selbst die kühnsten Erwartungen. Den ganzen Tag wimmelte es in den umfunktionierten Schulzimmern von quirligen, aufgeweckten Mädchen und Buben. Manche glänzende Kinderaugen liessen erkennen: Nachwuchspotenzial ist durchaus vorhanden.



«Es freut mich, wenn sich nicht nur die Wissenschaft, sondern auch das breite Publikum schaulustig und wissbegierig für die Institutionen des ETH-Bereichs interessiert.»

Alexander Zehnder, ETH-Ratspräsident, zum Tag der offenen Tür am PSI.



**Farbiges Phänomen:** Dank Nagellack erscheinen auf dem Karton die Spektralfarben des Lichts.



Auf dem Meeresboden: das CO<sub>2</sub>-Molekül, ursprünglich aus dem Vulkan, inmitten eines Fischschwarms.

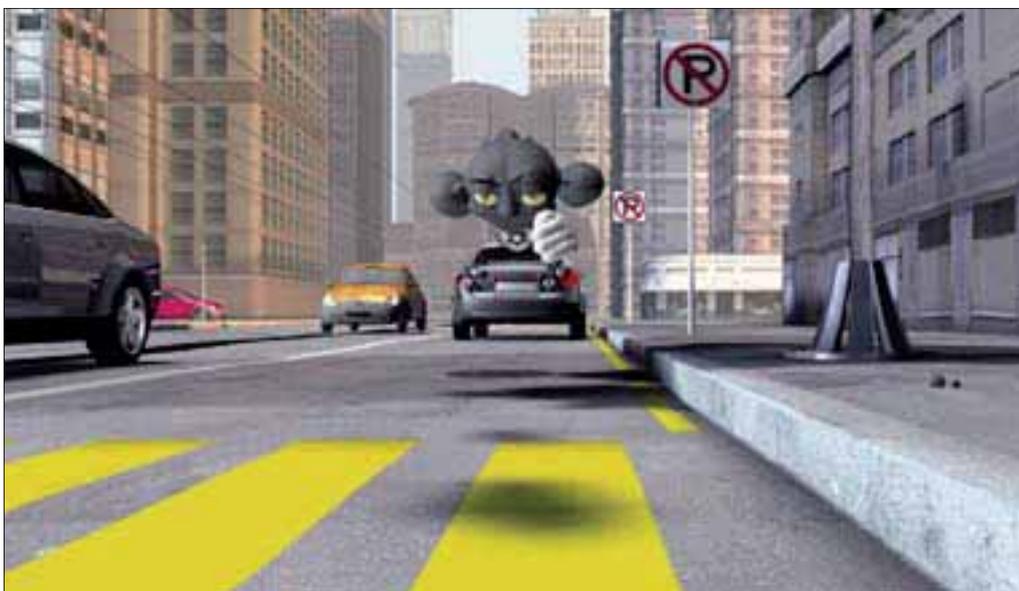
# CO<sub>2</sub>-Moleküle auf Abenteuerreisen

Der neue 3-D-Film im psi forum mit dem Titel «In 80 Millionen Jahren um die Welt» zeigt den Kreislauf des Kohlenstoffs, einen der wichtigsten Naturkreisläufe auf der Erde. Der Mensch greift unter anderem in diesen Zyklus ein, indem er Öl, Gas und Kohle verbrennt und so das Klima aufheizt.

Ein mitreissender Plot und attraktive Schauplätze machen den Film zu einem dreidimensionalen Seherlebnis, das auf ebenso lehrreiche wie unterhaltende Weise die Diskussion über die Problematik des Klimawandels anregt. Der Film wurde 2005 mit einem silbernen Edi, dem Schweizer Auftrags- und Werbefilmpreis, ausgezeichnet. Idee und

Konzept lieferte das PSI, das auch die wissenschaftliche Betreuung sicherstellte. Die Firma PrimeTime in Schlieren schrieb das Drehbuch und übernahm Regie und Produktion.

Die Geschichte beginnt vor etwa 80 Millionen Jahren, als ein Kohlenstoffatom sich in tiefen geologischen Schichten zur Ruhe setzte und kürzlich als CO<sub>2</sub>-Molekül von einem Vulkan in die Luft geschleudert wurde... Ein anderer Handlungsstrang reicht zurück in eine Zeit, als die grossen Erdölreserven auf der Erde entstanden. In einer dieser Erdölschichten bricht ein C-Atom auf zu einer turbulenten Reise, verwandelt sich im Automotor in ein CO<sub>2</sub>-Molekül und... – aber schauen Sie sich den achtminütigen Film doch selbst an!



Bilder: PrimeTime

Endlich in Freiheit: Das CO<sub>2</sub>-Molekül aus dem Verbrennungsmotor flitzt aus dem Auspuff.

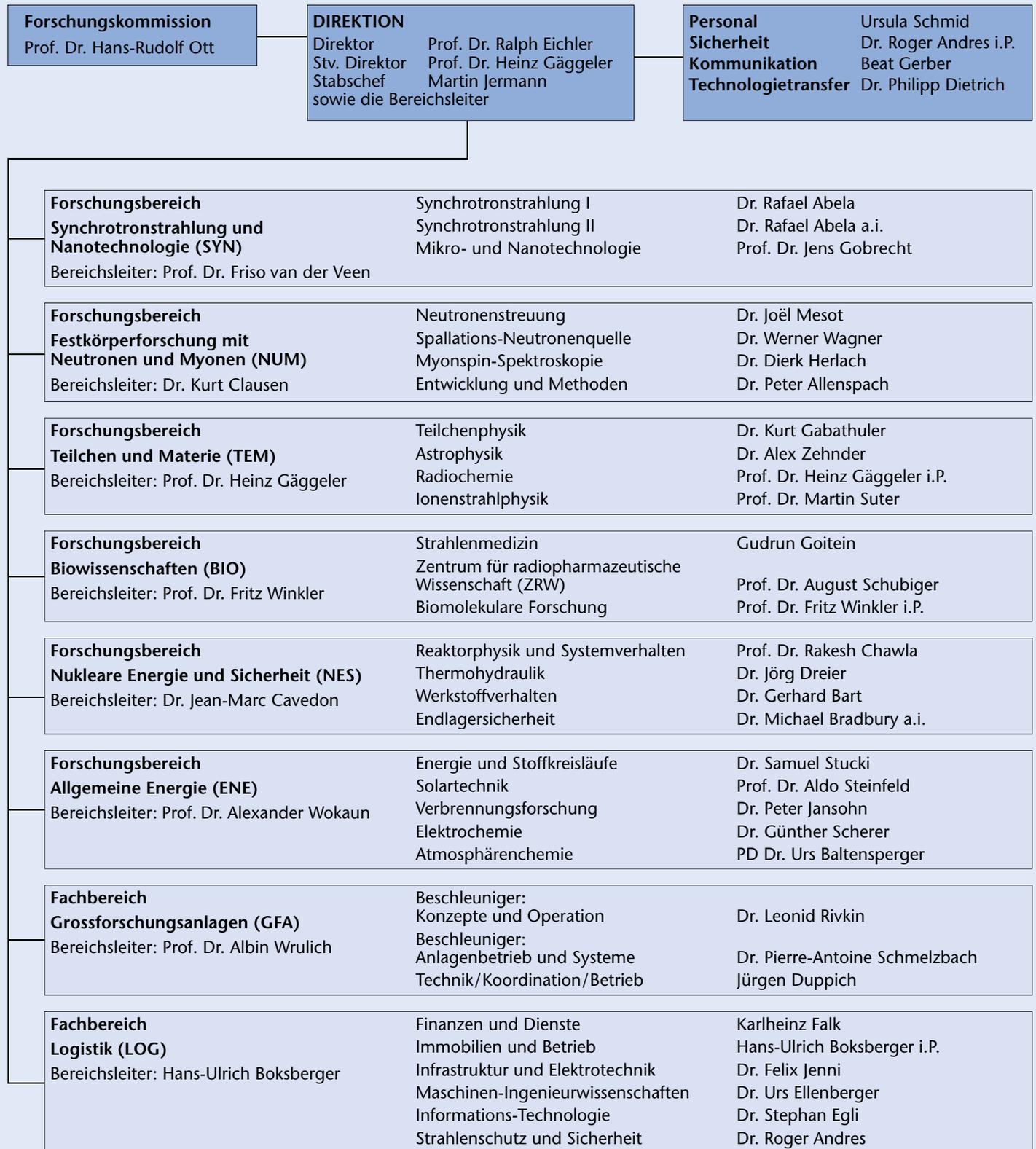
Neuer 3-D-Film

Kontakt: [sandra.ruchti@psi.ch](mailto:sandra.ruchti@psi.ch)

**Öffnungszeiten psi forum**  
Montag – Freitag: 13–16 Uhr  
Sonntag: 13–17 Uhr  
Gruppen nach Absprache mit dem Besucherdienst.

# Organigramm

Paul Scherrer Institut (Stand 31. Dezember 2005)



# Kommission & Komitees

## 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. Ø. Fischer	Département de Physique de la Matière Condensée, Université de Genève, CH
Prof. Dr. B. Johansen	Forschungszentrum Rossendorf, Dresden, DE
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. 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. L. Simons	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. A. Green  
Präsident Forschungskommission ETHZ,  
Institut für Geophysik, ETH Zürich, CH

## Forschungskomitees

### Synchrotronstrahlung SYN

#### Scientific Advisory Committee (SAC)

Prof. Dr. M. Altarelli, Präsident	Sincrotrone Trieste, Triest, IT
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 Project, 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
Dr. A. Arbe	Universität San Sebastian, ES
Prof. Dr. C. Bernhard	Universität Fribourg, CH
Prof. Dr. R. Caciuffo	Forschungszentrum Karlsruhe, DE
Dr. B. Fåk	CEA, Grenoble, FR
Prof. Dr. J. Löffler	ETH Zürich, CH
Prof. Dr. K. Mortensen	Danish Polymer Centre, Risø, DK
Dr. J. Rodriguez-Carvajal	Laboratoire Léon-Brillouin, Gif-sur-Yvette, FR
Dr. A. Wiedenmann	Hahn-Meitner-Institut, Berlin, DE
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
Prof. Dr. D. Wyler	Universität Zürich, 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. Schmocker	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. A. Reller	Universität Augsburg, 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



Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen PSI, Schweiz

Tel. +41 (0)56 310 21 11 ■ Fax +41 (0)56 310 21 99 ■ [www.psi.ch](http://www.psi.ch)

