

PAUL SCHERRER INSTITUT



# Jahresbericht 2007



PAUL SCHERRER INSTITUT



# Jahresbericht 2007

---



## IMPRESSUM

PSI-Jahresbericht 2007

Herausgeber Paul Scherrer Institut

Konzeption Beat Gerber

Redaktion Beat Gerber, PSI; Adrian Heuss, advocacy;  
Esther Schmid, Büro für Kommunikation, Zürich

Fotoporträts Béatrice Devènes

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 2007 (Deutsch)  
ist für die Fachwelt der PSI Scientific Report  
(Englisch) erhältlich. Weitere Informationen zu  
Forschungsprojekten auf [www.psi.ch](http://www.psi.ch).

Öffentlichkeitsarbeit [pubrel@psi.ch](mailto:pubrel@psi.ch)

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)

Schülerlabor iLab  
Fritz Gassmann, Telefon 056 310 26 47  
[ilab@psi.ch](mailto:ilab@psi.ch), [www.ilab-psi.ch](http://www.ilab-psi.ch)

Paul Scherrer Institut, April 2008  
ISSN 1423-7261

### ◀ Umschlagbild

**ANUSCHKA PAULUHN** ist fasziniert von der Schönheit der winzigen Kristalle, deren dreidimensionale Struktur sie an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS bestimmt. «Es ist immer spannend, etwas Neues zu lernen», sagt die diplomierte Mathematikerin mit einem Dokortitel in Physik. «Die Architektur von Proteinen oder des Erbinformationsträgers DNA sind wichtig für das Verständnis von biochemischen Prozessen und genetischen Zusammenhängen, ebenso für die Entwicklung neuer Medikamente», sagt die 43-jährige Wissenschaftlerin aus Deutschland.

**ELVEZIO MORENZONI** ist stolz auf seine weltweit einzigartige Untersuchungsmethode, die Myonen einsetzt. Diese kurzlebigen Teilchen dringen in spezielle Materialien ein und spüren dort Phänomene wie Supraleitung und Magnetismus auf. «Die Werkstoffe bestehen aus mehreren hauchdünnen Schichten», sagt der promovierte Physiker Morenzoni, der als Privatdozent auch an der ETH Zürich wirkt. «Neuartige Eigenschaften versprechen wichtige technologische Anwendungen», ergänzt der PSI-Forschungsgruppenleiter (\*1961) aus Lugano.

# Inhalt

---

**4 Die Zukunft kann kommen**

Vorwort des Direktors

---

**6 20 Jahre PSI – das Jubiläum**

Wir schaffen Wissen – heute für morgen

---

**14 Highlights aus der Forschung**

Wissenschaftliche und technologische Glanzpunkte

---

**26 Verwertung von Wissen**

Das PSI im Kontakt zur Industrie

---

**32 Das internationale Labor**

Im Fokus der Statistik: Zahlen, Fakten und Finanzen

---

**40 Aus- und Weiterbildung**

Vielfältiges Angebot für Forschende, Berufsleute und neu auch für Schülerinnen und Schüler

---

**48 Ereignisse 2007**

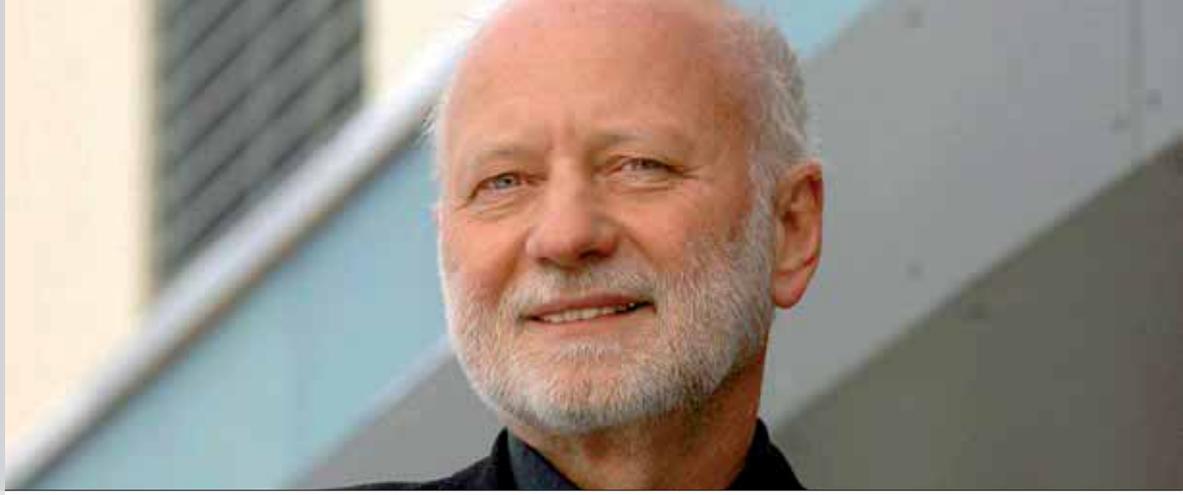
Der Tag der Neutronen und andere Events

---

**54 Anhang:  
Organisation und Namen**

Organigramm, Forschungskommission und -komitees

---



«Flexibilität auf allen Stufen und eine positive Einstellung zu Veränderungen sind notwendig», sagt Interimsdirektor Martin Jermann.

## Vorwort des Direktors

Kontakt: martin.jermann@psi.ch

# Die Zukunft kann kommen

Das PSI feiert 2008 sein 20-jähriges Bestehen. Seit seiner Gründung am 1. Januar 1988 hat es sich zu einem der international erfolgreichsten Forschungszentren für Natur- und Ingenieurwissenschaften entwickelt. Diese Erfolgsgeschichte basiert vor allem auf der Kreativität, der Fachkompetenz und dem Engagement seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Mitgeholfen hat aber auch die Unterstützung, die das Institut von ETH-Rat, Bundesrat und Parlament erhalten hat.

### Einzigartige Forschungsanlagen

Die Forschungsschwerpunkte des PSI haben sich in den vergangenen 20 Jahren deutlich verlagert: Aus den zwei Vorgängerinstituten, die primär auf Kernenergie- und Nuklearforschung ausgerichtet waren, ist ein Forschungszentrum entstanden, das sich mit wissenschaftlichen Fragestellungen der Physik, der Materialwissenschaften, der Chemie, Biologie und Medizin sowie der Energietechnik und ihren Umweltauswirkungen beschäftigt. Der Grossteil der PSI-Forschungsthemen ist langfristig, grundlagenorientiert und von hoher gesellschaftlicher Relevanz.

Das PSI ist einzigartig in der Schweizer Forschungslandschaft. Einerseits aufgrund seiner stark multidisziplinären Forschung, die Natur- und Ingenieurwissenschaften in den Projekten vereinigt. Andererseits aufgrund der komplexen Grossanlagen, die das PSI entwickelt, baut und betreibt. Diese Anlagen stehen der Wissenschaftsgemeinde aus Hochschulen und Industrie für deren eigene Projekte zur Verfügung.

Einige dieser Anlagen wie die Synchrotron Lichtquelle SLS, die Spallations-Neutronenquelle SINQ und die Myonenquelle  $\mu$ SR gehören zum Feinsten, was die Wissenschaft derzeit zu bieten hat. Rund 20000 externe Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben seit der Gründung des PSI von der einmaligen Forschungsinfrastruktur profitiert und ihre wissenschaftlichen Arbeiten an unserem Institut durchgeführt.

### Eröffnung des Schülerlabors

Forschung und Innovation werden getragen von unseren Jungforscherinnen und -forschern. Über 1500 Dissertationen wurden seit 1988 am PSI erfolgreich abgeschlossen. Die besondere Infrastruktur und der interdisziplinäre Charakter der Projekte des PSI haben dabei eine wesentliche Rolle gespielt.

Aus- und Weiterbildung bleibt eine zentrale Aufgabe des PSI für die Zukunft. Mehr denn je mangelt es an gut ausgebildeten Ingenieuren und Naturwissenschaftlern. Die Schweizer Wirtschaft hat grossen Bedarf. Aber zu wenig Jugendliche entscheiden sich für eine solche Laufbahn. Das PSI will zu einer Veränderung beitragen und setzt deshalb hier einen besonderen Akzent: Im Jubiläumsjahr 2008 eröffnen wir das PSI-Schülerlabor. Damit wollen wir Jugendliche für eine Karriere als Ingenieur oder Naturwissenschaftlerin begeistern. Schüler und Schülerinnen im Alter von 14 und 15 Jahren können hier Forschungsluft schnuppern und unter Anleitung von erfahrenen Berufsleuten naturwissenschaftliche Experimente durchfüh-



ren. Wir hoffen, dass den Jugendlichen der Besuch im PSI-Schülerlabor so nachhaltig in Erinnerung bleibt, dass sie später eine Laufbahn als Naturwissenschaftlerin oder als Ingenieur einschlagen.

In vielen Forschungsgebieten ist das PSI im In- und Ausland bestens bekannt. Zum Beispiel in der Brennstoffzellenforschung, die das Ziel hat, schadstofffreie Antriebssysteme für Fahrzeuge zu entwickeln. Oder in Physik und Chemie: bei der Strukturaufklärung von Materialien, Stoffen oder biologischen Molekülen wie Eiweissen. Hier wurden Erkenntnisse gewonnen, die als Basis für neue Werkstoffe und die Entwicklung wirksamerer Medikamente dienen können. Oder in der Protonenstrahlentherapie, wo das PSI mit einer neuartigen Bestrahlungstechnik weltweit Pionierarbeit geleistet hat: Die Strahlendosis wird auf den zu behandelnden Tumor konzentriert und das gesunde Gewebe optimal geschont. Die hier erwähnten Projekte sind nur ein kleiner Ausschnitt aus der vielfältigen Forschungsarbeit des PSI.

#### **Vorreiterstellung dank neuem Grossprojekt**

Grossprojekte wie die SLS brauchen von der Planung bis zur Inbetriebnahme mindestens 10 Jahre. Wenn das PSI auch in 10, 15 Jahren noch zur Weltspitze gehören will, so muss es heute seine Zukunft planen. Dazu gehört insbesondere die Realisierung eines neuen, wiederum einzigartigen Grossprojekts: Seit 2003 verfolgt das PSI die Idee einer neuartigen Forschungsanlage, die kohärentes Röntgenlicht mit einer Intensität erzeugen kann, das rund 1000 000 000-mal intensiver ist als an der SLS. Sollte sich diese Idee als realisierbar herausstellen und lässt sich das Projekt beim Bau eines kompakten X-Ray Free

Electron Laser (PSI-XFEL) umsetzen, wird das PSI eine Maschine in Betrieb nehmen können, an der zeitaufgelöste Strukturen in Biologie, Chemie und Physik in bisher ungeahnter Auflösung untersucht werden können. Damit entstehen neue Forschungsmöglichkeiten, die erfahrungsgemäss wiederum zu unerwarteten Erkenntnissen führen. In den kommenden drei Jahren wollen wir im Rahmen eines Vorprojekts verifizieren, ob eine solche Anlage machbar ist. Wenn ja, könnte die Maschine etwa im Jahre 2016 in Betrieb gehen, und das PSI würde erneut zum internationalen Vorreiter einer neuen Generation von Forschungsanlagen.

Das PSI hat eine spannende Zukunft vor sich. Neue Initiativen wie das erwähnte PSI-XFEL-Projekt erfordern Veränderungen und teilweise Neuausrichtungen der Forschung. Da nicht wesentlich mehr Gelder zur Verfügung stehen, müssen Prioritäten gesetzt werden. Flexibilität auf allen Stufen und eine positive Einstellung zu Veränderungen sind notwendig, was in einem Forschungsinstitut wie dem PSI an sich zur Normalität gehört. Aufgrund meiner Erfahrungen bin ich deshalb überzeugt, dass wir diese Herausforderungen meistern.

Ich danke allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die mit grossem Engagement zu den vielen Erfolgen im vergangenen Jahr beigetragen haben. Besonders danken möchte ich dem ETH-Rat, den beiden technischen Hochschulen und den andern Forschungsanstalten sowie den vielen Forschenden aus Universitäten und aus der Wirtschaft, die mit ihrer Begeisterung dem PSI nachhaltig Unterstützung gewähren.

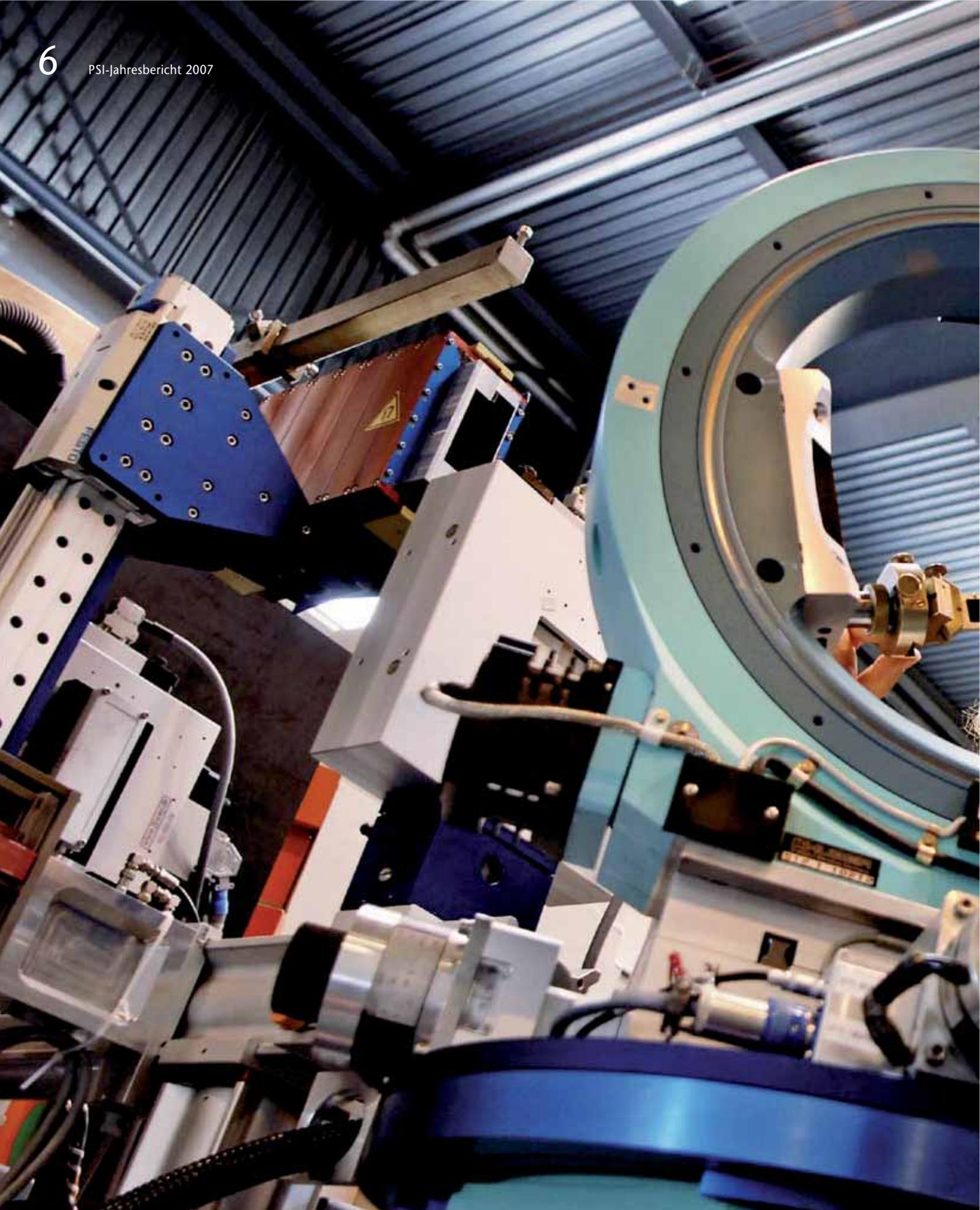
Martin Jermann, Direktor a.i.

## **Das PSI in Kürze**

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

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

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



**JOCHEN STAHN** liebt überraschende Effekte, vor allem an Grenzflächen von Materialien. Da schaut der 38-jährige Doktor in Chemie genaustens hin – mit dem Einsatz von Neutronen. Diese Bausteine der Atome werden freigesetzt und durchdringen die Untersuchungsobjekte. Als Mikrosonden liefern sie dabei wertvolle Erkenntnisse über Eigenschaften und Erscheinungsformen wie Magnetismus. Stahn betreut verschiedene Instrumente an der Spallations-Neutronenquelle SINQ des PSI und ist überzeugt: «Nur im Team gelangen wir zu einem guten Ergebnis.»



# 20 Jahre PSI – das Jubiläum

Wir schaffen Wissen – heute für morgen



Das PSI in den Gründerjahren: im Westareal links das ehemalige SIN, über der Aare das frühere EIR.

## 20 Jahre PSI

### Vorgeschichte

#### 1955

Gründung der Reaktor AG zum Studium von Bau und Betrieb von Kernspaltungsanlagen.

#### 1960

Übernahme der Reaktor AG durch den Bund und Umbenennung in EIR (Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung) mit Schwerpunkt Kernenergie.

#### 1968

Gründung des SIN (Schweizerisches Institut für Nuklearforschung) als Annexanstalt der ETH Zürich. Zweck: Studium der Atomkerne und ihrer Bausteine (Kern- und Teilchenphysik), Herzstück war der Protonenbeschleuniger (Ringzyklotron).

#### 1988

Zusammenschluss der beiden Institute und Gründung des Paul Scherrer Instituts (PSI).

# Wegmarken der Wissenschaft

**Das PSI ging 1988 aus der Zusammenlegung des Eidgenössischen Instituts für Reaktorforschung EIR und des Schweizerischen Instituts für Nuklearforschung SIN hervor. Seither hat das nationale Forschungszentrum im Unteren Aaretal seine Einsatzgebiete wesentlich erweitert. So zählen heute Material- und Biowissenschaften, Strahlenmedizin wie auch allgemeine Energie- und Umweltforschung zu seinen Kernkompetenzen.**

Nachfolgend sind der chronologische Rückblick mit den historischen Wegmarken sowie eine Auswahl der Highlights der vergangenen 20 Jahre aufgeführt.

#### 1988

- Gründungsakt im Frühling mit Bundesrat Flavio Cotti, ETH-Ratspräsident Heinrich Ursprung, Landammann Kurt Lareida und dem Präsidenten der Beratenden Kommission, Michael Kohn. PSI-Direktor Jean-Pierre Blaser in seiner Festrede: «Mit auf die Zukunft gerichteten Zielen können wir den Interessen unseres Landes mehr dienen als wenn wir zu sehr auf die kurzlebigen Stimmen hören, die uns sagen, was wir tun sollen oder auch nicht tun dürfen.»
- Neustrukturierung der Forschung des Instituts.
- Baubeginn Spallations-Neutronenquelle SINQ.
- Eingliederung RCA-Forschungslabor ins PSI.

#### 1989

- Vorbereitung Ausbau Protonenbeschleuniger auf 1-MW-Betrieb.
- ETH-Rat lehnt B-Mesonenfabrik ab, unterstützt neues Grossprojekt am PSI für die 90er-Jahre.

- Aufbau Allgemeine Energieforschung: Solarchemie, Elektrochemie und Verbrennungsforschung/Laserdiagnostik.

#### 1990

- Anton Menth wird per 1. April 1990 neuer Direktor und löst Jean-Pierre Blaser ab.
- Energiepolitisches Seilziehen betreffend Ausgewogenheit zwischen nuklearer und nicht-nuklearer Forschung.
- Experimentelle Verifikation der Spot-Scan-Technik für die spätere Bestrahlung tiefliegender Tumoren mit Protonenstrahlen.
- Erstmaliger Einsatz der Positronen-Emissions-Tomografie zur bildgebenden Darstellung biochemischer Prozesse im Körper.

#### 1991

- Rücktritt von Direktor Anton Menth, Interimsdirektor wird Wilfred Hirt.
- Am Injektor II werden erstmals 1,5 mA (Protonenstrom) erreicht, im Ringzyklotron 1 mA, eine Voraussetzung für eine international konkurrenzfähige Spallations-Neutronenquelle, die SINQ.
- Gründung eines gemeinsamen Instituts für medizinische Radiobiologie mit der Universität Zürich; daraus resultieren international vielbeachtete Forschungsarbeiten zur Krebsdiagnose und -therapie.
- Inbetriebnahme der Grossanlage PANDA zur Untersuchung passiver Sicherheitssysteme für fortgeschrittene Leichtwasser-Reaktoren.
- 1000. Patient mit Augentumor in der Protonentherapieanlage OPTIS behandelt.



Das Herzstück der Schweizer Nuklearforschung: der grosse Protonenbeschleuniger.

#### 1992

- Meinrad Eberle wird neuer Direktor. Der ETH-Professor und Maschineningenieur will dem PSI eine klare Identität als Forschungszentrum und Benutzerlabor mit weltweiter Ausstrahlung geben. Schwerpunkte sind Teilchenphysik, Strukturforchung von Festkörpern und Biomolekülen sowie Energietechnik.
- Am PSI entwickelte Tracer für medizinische PET-Studien führen zu international beachteten pharmakologischen Ergebnissen für besseres Verständnis der Parkinson'schen Krankheit.
- Erstmals präzise Bestimmung des Alters von Ötzi mit der Radiokarbon-Methode am TANDEM-Beschleuniger.
- Inbetriebnahme Bundeszwischenlager BZL für mittel und schwach aktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung.

#### 1993

- Leitung der Fusionsforschung am PSI an EPF Lausanne transferiert.
- Transfer der Routineproduktion von Radioisotopen in die Industrie; neues Kompetenzzentrum Radiochemie mit Universität Bern.
- Neue Erkenntnis in der Grundlagenphysik zur Polarisation von niederenergetischen Myonen; damit werden Myonen als Sonden zur Erforschung von Oberflächen und Grenzflächen von Materialien attraktiv.
- Abschluss der Pionentherapie nach über 500 behandelten Tumor-Patienten. Erfahrungen und neue Erkenntnisse haben die Entwicklung der weltweit einzigartigen PSI-Bestrahlungstechnik mit Scanning ermöglicht.

- Neues ETH-Gesetz in Kraft; PSI wird autonome Forschungsinstitution des ETH-Bereichs.
- Erste Erfolge bei der Entwicklung tumorspezifischer Radiotherapeutika zur Bekämpfung von Mikrotumoren.
- Neues Verständnis über die Entstehung der Hochtemperatur-Supraleitung aufgrund der Methode der Neutronenstreuung gewonnen.

#### 1994

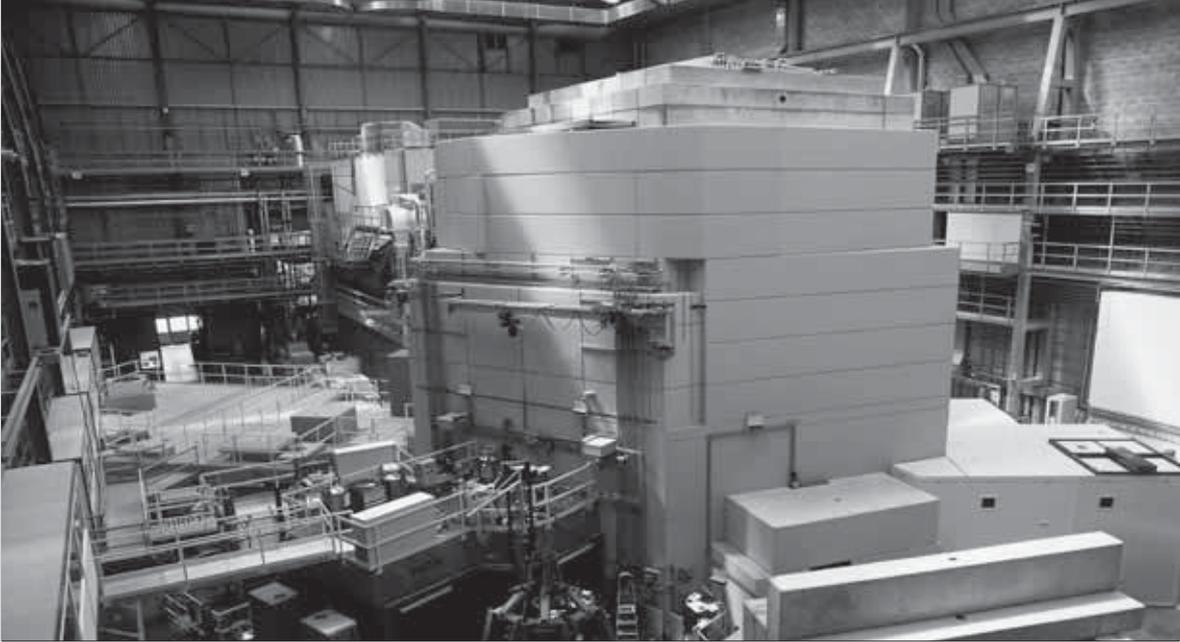
- Bezug des neuen Laborgebäudes und der angegliederten Experimentierhalle für die Allgemeine Energieforschung.
- Ausserbetriebnahme Forschungsreaktor SAPHIR.
- Erste Sommerschule über Neutronenstreuung in Zuoz; wurde inzwischen zu einem international bekannten Treffpunkt von namhaften Experten und jungen Wissenschaftlern.
- PSI-Energietage zum Thema Energie; erstmals wird die «Zwei-Kilowatt-pro-Kopf-Gesellschaft» als langfristig anzustrebende Vision vorgestellt. CO<sub>2</sub>-Emissionen werden aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse als vordringlich zu lösendes Problem kommuniziert.
- Inbetriebnahme des Reinraumlabor-Komplexes im DIORIT-Gebäude; in den Folgejahren werden hier u. a. neuartige hocheffiziente Solarzellen entwickelt.
- PSI-Röntgen- und Protonendetektoren werden auf Satelliten der ESA und der russischen MIR-Station installiert und messen erstmals hochgenau die Veränderungen der Strahlengürtel im Bereich der Erde aufgrund sich verändernden Sonnenaktivitäten.



PANDA zum Studium passiver Sicherheitssysteme (Inbetriebnahme 1994)

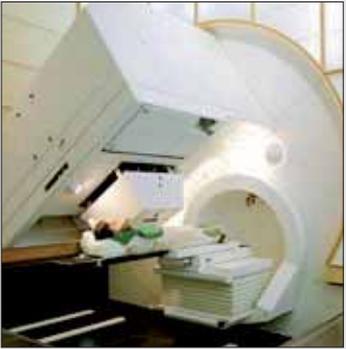


Energieforschungsgebäude (Einweihung 1994)



Ging 1996 in Betrieb: die Spallations-Neutronenquelle SINQ.

## Wegmarken (Fortsetzung)



Protonentherapieanlage Gantry (Einweihung 1996)



Solarofen (Inbetriebnahme 1997)



Hotlabor (Nachrüstung 2001)

- Neue Erkenntnisse über die Langzeitstabilität von Zementstrukturen in Mergelgrundwässern; wichtig für die Beurteilung des Rückhaltepotenzials von Radionukliden in einem Endlager.
- Neue Erkenntnisse über magnetische Flüssigkeiten mit Hilfe der Neutronenstreuung an der SINQ gewonnen.
- Inbetriebnahme eines leistungsstarken Solarofens zum Studium von Hochtemperaturprozessen für die chemische Speicherung von Sonnenenergie.
- Transfer PSI Zürich ans CSEM, Neuenburg.

### 1995

- ETH-Rat stimmt SLS zu und leitet Projektgesuch an Bundesrat weiter; PSI baut Testanlage, um neue Technologien zu erproben.
- Erstmals die chemischen Eigenschaften des Elements 106 (Seaborgium) bestimmt.
- IBM-Preis 1995 geht an den PSI-Physiker Joël Mesot.
- Wichtige Erkenntnisse über CO<sub>2</sub>-Bilanzen von Energiesystemen; PSI profiliert sich damit zu einem Kompetenzzentrum für Energiesystem-Analysen.

### 1996

- Inbetriebnahme SINQ als weltweit stärkste Spallations-Neutronenquelle.
- Nanotechnik-Labor in Betrieb genommen und erste Strukturen für die Entwicklung von Biosensoren hergestellt.
- Hocheffiziente Solarzelle mit Wirkungsgrad von 21,1% entwickelt.
- Bundesrat beschliesst Realisierung der Synchrotronlichtquelle SLS am PSI und leitet die Botschaft ans Parlament weiter.
- Namhafte Schweizer Firmen gründen die SLS-Techno-Trans AG zur Nutzung der Innovationen der SLS.
- Erster Krebs-Patient mit der weltweit einzigartigen Spot-Scanning-Technik (PSI-Gantry) mit Protonenstrahlen behandelt.

### 1997

- Eidgenössische Räte bewilligen den Bau der Synchrotron-Lichtquelle Schweiz SLS.

### 1998

- Start Bau der SLS.
- Inbetriebnahme einzigartiger Instrumente an der SINQ (Kleinwinkelstreuung u.a.).
- Neue Erkenntnisse über magnetische Eigenschaften von Materialien an der SINQ; Resultate finden Eingang in die Entwicklung von Magnetspeichern in der Informationstechnik.
- 1-kW-Brennstoffzellenstapel erreicht 10000 Stunden Lebensdauer; Superkondensatoren erreichen 100 000 Lade- und Entladezyklen; damit werden die Grundvoraussetzungen für den Einbau in ein Strassenfahrzeug geschaffen.
- Neue Erkenntnisse über den vertikalen Ozontransport in Alpentälern; hochalpine Regionen werden durch die Zunahme des transalpinen Verkehrs deutlich stärker belastet als bisher gedacht.
- Besucherzentrum psi forum eröffnet; besondere Attraktion wird der 3-D-Film «Eine Reise ins Innere der Materie».

### 1999

- Strahlstromzunahme am Protonenbeschleuniger macht SINQ zur weltweit einzigen Quelle mit Spallations-Target im MW-Bereich.
- Erstmals das radiochemische Element Bohrium anhand von nur sechs Atomen untersucht.
- «Energie-Spiegel» lanciert; wird in den kommenden Jahren zu einer der meist beachteten Schriften im Bereich Energie in der Schweiz.
- Im psi forum zählt man den 20000. Besucher.



Ende der 90er-Jahre: Die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS nimmt Formen an.

## 2000

- Erstmals Synchrotronlicht an der SLS erzeugt.
- Projekt PROSCAN (Ausbau Protonentherapie) gestartet; Stiftungen und private Donatoren unterstützen das Projekt in den kommenden Jahren mit über 8 Mio. Franken, der Kanton Aargau gibt zudem ein Darlehen von 5 Mio. Franken.
- Start der Entwicklung neuer katalytischer Verfahren zur Umwandlung von Biomasse in synthetisches Erdgas.
- Inbetriebnahme niederenergetische Myonenstrahlen; damit werden erstmals magnetische Domänen in nicht-magnetischen Metallen gesehen.

## 2001

- Einweihung der SLS am 19. Oktober im Beisein von Bundesrätin Ruth Dreifuss.
- Spezifikation und Beschaffung eines kompakten supraleitenden Zyklotrons (COMET) für die Protonentherapie.
- Startschuss für Projekt Megapie (SINQ-Flüssigmetall-Target, Transmutationsforschung).
- Erste Testfahrten mit VW Bora HY.Power, der mit Brennstoffzellen und Superkondensatoren für die Bremsenergie-Rückgewinnung ausgerüstet ist; das Fahrzeug überquert im Januar 2002 den Simplonpass.
- Expedition eines Forschungsteams ins sibirische Altai-Gebirge; Gletschereis-Analysen zeigen markante Temperaturerhöhung in dieser Region in den letzten 150 Jahren.

## 2002

- Ralph Eichler wird neuer Direktor. Die Vision des ETH-Professors und experimentellen Teilchenphysikers ist der Bau eines Freie-Elektronen-Lasers zur Untersuchung winziger Strukturen in extrem kurzer Zeit.

- Start von NASA-Satellit HESSI mit PSI-Röntgenteleskop an Bord zur Beobachtung energiereicher Sonnenaktivitäten.
- Einweihung und Inbetriebnahme der zweiten SLS-Strahllinie für Protein-Kristallografie (mit Novartis, Roche und Max-Planck-Gesellschaft).
- Tag der offenen Tür «Oberflächen – vertraute und fremde Grenzen» mit 5500 Besucherinnen und Besuchern.
- Latsis-Preis der ETH Zürich für den heute designierten PSI-Direktor Joël Mesot.

## 2003

- Beginn Vorarbeiten für PSI-XFEL, den neuen Röntgenlaser mit extrem kurzen Lichtpulsen.
- Megamoleküle durch Sonnenlicht: Aufsehen erregende Resultate in der neuen Smogkammer etablierten diese Versuchseinrichtung als weltweit beachtetes Forschungsgerät; die PSI-Aerosolforschung (u.a. auch auf dem Jungfrauoch) rückt damit ins Rampenlicht.
- Inbetriebnahme der XIL-Strahllinie (Röntgen-Interferenz-Lithografie) an der SLS, mit der sich hochpräzise Nanostrukturen (Weltrekord!) erzeugen lassen.
- Tag der offenen Tür «Blick in reale Zukunftswelten» für 6000 Wissensdurstige.
- Erstmals mehr als 1500 externe Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, welche die Grossforschungsanlagen des PSI übers Jahr nutzen.

## 2004

- Supraleitendes, kompaktes Medizinzyklotron COMET eingetroffen; erstmals in Europa können am PSI krebserkrankte Kleinkinder von der Protonentherapie (unter Anästhesie) profitieren und erhalten eine deutlich grössere Überlebenschance.



Eisbohrung (Bohrzelt im Altai 2001)



Smogkammer (Aerosolforschung 2003)



Ohne Einstein keine SLS: Das Prinzip der Forschungsanlage basiert auf der speziellen Relativitätstheorie.



HY-LIGHT (Praxistest 2004)



COMET (Erster Strahl 2006)

- Brennstoffzellen-Leichtauto HY-LIGHT (2l Benzinäquivalent/100 km) von PSI und Michelin absolviert erfolgreichen Praxistest in Shanghai.
- 30 Jahre Ringzyklotron mit Jubiläumsfeier; die Maschine steht auch heute wieder weltweit an der Spitze der Entwicklung.
- PSI-Preis für Wissenschaftskommunikation an Team des «Energie-Spiegel».
- Zwei Künstler am PSI: Das Projekt Artist in Labs (AIL) der Zürcher Hochschule für Künste will die Synergien zwischen Kunst und Wissenschaft erforschen.
- Inbetriebnahme der Strahllinien TOMCAT (mit EPF Lausanne) und POLLUX (mit Universität Erlangen-Nürnberg) für die Nutzer der SLS.
- Femtosekunden-Undulatorquelle an der SLS in Betrieb genommen; damit können Kurzaufnahmen von Gitterschwingungen in Kristallen in höchster Auflösung gemacht werden.
- Weltweit beachtete neue Ergebnisse in der Supraleiterforschung (erzielt mit niederenergetischen Myonen) und in der Molekularbiologie (Steuerung gefässbildender Zellen).
- Aufbau der Grosskomponenten für die Gantry 2 (Protonentherapiegerät für die Bestrahlung von beweglichen Tumoren, z. B. Lungen- und Brustkarzinome); Kanton Aargau sponsert Protonentherapie mit 1 Mio. Franken.

#### 2005

- Inbetriebnahme von PSI-ETHZ-Pilotanlage im 300-kW-Massstab zur Erzeugung von solarer Hochtemperatur-Prozesswärme in Israel.
- Entscheid zum Bau einer Pilotanlage «Methan aus Holz» im 1-MW-Massstab.
- Entwicklung der vielversprechenden Phasenkontrast-Mikroskopie.
- PSI organisiert Winter-Olympiade der europäischen Forschungseinrichtungen in Disentis-Sedrun.
- Swiss Technology Award für selektive katalytische Abgasreinigung (SCR-System).
- Einstein-Führungen am PSI mit grossem Publikumsinteresse.
- Tag der Physik mit über 9000 Schaulustigen.
- Premiere im psi forum des preisgekrönten 3-D-Films «In 80 Millionen Jahren um die Welt» zum Kreislauf des Kohlenstoffs.

#### 2006

- ETH-Rat überträgt Leitung des Kompetenzzentrums für Energie und Mobilität dem PSI; Kanton Aargau gibt Darlehen von 10 Mio. Franken für das Kompetenzzentrum.

#### 2007

- Wechsel von PSI-Direktor Ralph Eichler als Präsident an die ETH Zürich; ETH-Physiker Martin Jermann wird interimistischer Direktor. Neuer Direktor (ab August 2008) wird Joël Mesot, bisher Leiter des Labors für Neutronenstreuung und ETH-Professor.
- 10 Jahre SINQ mit Jubiläums-Kolloquium und Tag der Neutronen für die Bevölkerung; Steigerung des Protonenstroms auf neue Rekordmarke von 2,16 mA (1,3 MW).
- Start Patientenbestrahlung mit supraleitendem Zyklotron COMET und Übergang zu Ganzjahresbetrieb für Protonentherapie; u.a. erfolgreiche Bestrahlung 15 krebskranker Kleinkinder unter Anästhesie.

#### Zusammenstellung:

Beat Gerber  
Martin Jermann  
Andreas Pritzker  
Forschungs- und Fachbereiche



Regional verankert, mit globaler Ausstrahlung: Das PSI im Unteren Aaretal.

## Weltformat im Zurzibiet

Das PSI aus regionaler Sicht

**Die Bevölkerung des Zurzibiets ist stolz auf das PSI. Verwandte, Freunde und Nachbarn forschen und arbeiten in dem international renommierten Forschungszentrum. Das Institut ist in der wirtschaftlich eher schwachen Region ein wichtiger Ausbildungsplatz und geschätzter Arbeitgeber.**

Am Anfang waren beiden Institute für die Zurzibieter zwei ferne Welten. Man kannte zwar das Eidgenössische Institut für Reaktorforschung (EIR) und das Schweizerische Institut für Nuklearforschung (SIN) dem Namen nach. Man kannte die EIR-Reaktoren «Saphir» und «Diorit». Manche wussten, dass das SIN «Teilchenforschung» betrieb. Mehr war den meisten nicht bekannt. Dann kam der Zusammenschluss. EIR und SIN verschmolzen zum PSI. Offenbar brauchte es diesen Schritt auch für die Region, denn seither nimmt sie das Forschungsinstitut besser wahr. Wenn es seine Türen öffnet, geht man gern und zahlreich zu Besuch. Das Besucherzentrum psi forum ist ein Brunnen für Wissensdurstige.

### **Entspannteres Verhältnis zum «Atom»**

Stark zur Verankerung beigetragen hat die Einbindung verschiedener Gemeinden in die Refuna (Regionale Fernwärme Unteres Aaretal). Die Refuna nutzt einen Teil der Abwärme aus dem Kernkraftwerk Beznau I und II, um Häuser in der näheren Umgebung zu beheizen. Die Idee dazu stammt ursprünglich vom EIR, noch heute ist das PSI Aktionär der Refuna.

Das PSI und seine Vorgänger-Institute haben dazu beigetragen, dass die Zurzibieterinnen und

Zurzibieter ein weniger verkrampftes Verhältnis zum «Atom» haben als andere Zeitgenossen. Verwandte, Freunde und Nachbarn sind es, die am PSI forschen und Verantwortung tragen. Diese Vertrauensbasis dehnte sich auf das Kernkraftwerk Beznau und das Zwischenlager für radioaktive Abfälle (Zwilag) in Würenlingen aus. Zudem wird das PSI im wirtschaftlich eher schwachen Zurzibiet als wichtiger Ausbildungsplatz und Arbeitgeber geschätzt.

Die technische Entwicklung und die Globalisierung beschäftigen auch die Bewohner des Zurzibiets. Das international renommierte PSI und die nahe Fachhochschule Nordwestschweiz in Brugg-Windisch ermöglichen den Technologietransfer, können gemeinsam neue Lösungen für Probleme entwickeln.

### **Breiter gefasste Forschungstätigkeit**

Die einst eng fokussierte Forschungstätigkeit ist heute breiter gefasst. Ob bei der Energiegewinnung aus Wasserstoff oder aus umweltfreundlichen Energiequellen, ob Klimaforschung oder Strahleneinsatz gegen Krebserkrankungen – das Institut in Villigen besitzt auch da eine hohe Kompetenz.

Seit gut drei Jahrzehnten begleite ich die Forschungsstätte journalistisch. Ich durfte viel Neues erfahren und interessanten Menschen begegnen. Ich gratuliere zum Jubiläum und wünsche noch viele Forschungserfolge, die den Menschen echte Fortschritte bringen.

*Eine Würdigung von Hansueli Fischer, Lokaljournalist und ehemaliger Redaktor der Zeitung «Die Botschaft» in Döttingen.*



**LUC PATTHEY** ist ein neugieriger Grenzgänger. Bei seinen Experimenten erforscht der promovierte Physiker den Raum der Elektronen, dessen Eigenschaften er an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS ausmisst. «Solche Ergebnisse sind sehr wichtig, um faszinierende physikalische Effekte wie supraleitende und andere neuartige Materialien besser zu verstehen», sagt der 42-jährige Gruppenleiter aus Lausanne. Seine Leidenschaft gilt der Weiterentwicklung der ARPES-Apparatur an der SLS, um damit weitere Geheimnisse der Physik zu lüften.



# Highlights aus der Forschung

---

Erfolge in Physik, Biologie, Medizin, Energie,  
Umwelt und Hightech



Die SLS bringt Synchrotronlicht in die dunkle Entwicklungsgeschichte der Blütenpflanzen.

## Paläobotanik

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

# Wer ist mit wem verwandt?

**Die Entstehung der Blütenpflanzen ist eines der grossen Mysterien der Botanik. 2007 veröffentlichte Ergebnisse eines internationalen Forschungsteams, an dem auch das PSI beteiligt war, werfen ein neues Licht auf das kontrovers diskutierte Thema.**

Es gleicht der Suche nach dem Heiligen Gral: Seit über hundert Jahren rätseln Botaniker, wie sich Blütenpflanzen, die heute artenreichste Pflanzengruppe, vor rund 130 Millionen Jahren entwickelt haben könnten. Für Diskussionsstoff sorgt vor allem, dass bisherige Untersuchungen widersprüchliche Antworten liefern.

Eine zentrale Rolle in dieser Diskussion spielen die zapfentragenden Samenpflanzen, die sogenannten Gnetophyten, von denen es inzwischen nur noch wenige exotische Arten gibt. Studiert man die Morphologie (Gestaltlehre) der heute lebenden Arten und die Überreste von fossilen Pflanzen aus erdgeschichtlicher Zeit, dann deutet vieles darauf hin, dass die Gnetophyten sowohl mit den Blütenpflanzen als auch mit der Pflanzengruppe der Bennettitales eng verwandt sind. Diese drei Gruppen würden demnach die Übergruppe der

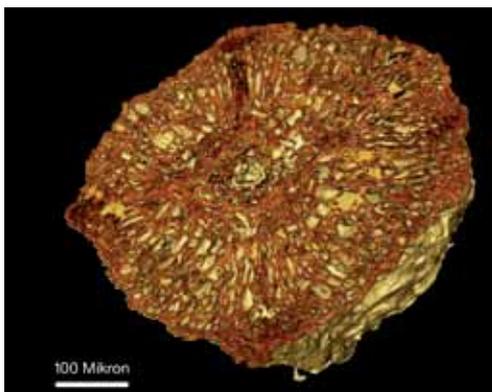
sogenannten Antophyten bilden. Genetische Untersuchungen hingegen liessen den Schluss zu, dass die Gnetophyten mit den Nadelhölzern verwandt sind. Die korrekte Einordnung der verschiedenen Gruppen ist entscheidend, weil sich daraus die Entwicklungsgeschichte der Blütenpflanzen ableiten lässt.

### Markant verbesserte Bildgebung

Die Resultate, zu denen das internationale Forschungsteam mit Beteiligung des PSI kam, stützen die angezweifelnte Antophyten-Hypothese. Untersucht wurden gut erhaltene Überreste fossiler Pflanzensamen aus Portugal und Nordamerika, die zwischen 70 und 120 Millionen Jahre alt sind.

Für ihre Studie haben die Wissenschaftler am PSI die fossilen Samen an der TOMCAT-Strahllinie der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS analysiert. Mit Hilfe der neuen Phasenkontrast-Methode MBA konnten sie die innere Struktur der Samen zerstörungsfrei abbilden. Den Forschern kam dabei zugute, dass die an sich seit längerem bekannte Methode am PSI markant weiterentwickelt wurde: MBA liefert selbst bei geringen Kontrastunterschieden klare und präzise Bilder der Untersuchungsobjekte. Und für eine einzelne Messung benötigt man nicht mehr wie früher einige Stunden, sondern nur noch wenige Minuten.

Die Bildaufnahmen der fossilen Samen bestätigen, dass Gnetophyten, Bennettitales und Blütenpflanzen viele ähnliche Eigenschaften haben und demnach eng verwandt sein müssen. Das heisst: Diese drei Pflanzengruppen haben gemeinsame Vorfahren, die sich bereits vor der Entstehung der eigentlichen Blütenpflanzen von den Nadelhölzern abspalteten.



Schnitt durch einen fossilen Samen aus der frühen Kreidezeit. Die sehr komplexe innere Struktur des 120 Millionen Jahre alten Samenkorns wurde zerstörungsfrei mit der Phasenkontrast-Röntgenmikrotomografie an der TOMCAT-Strahllinie der SLS entschlüsselt (im Mikrometerbereich).

Quelle: *Nature*, Band 450, Nummer 7169, 22. November 2007.



Zukunftsvision mit Supraleitung (kleines Bild): Ein Zug könnte reibungslos am Fujiyama vorbeirasen.

# Ohne jeglichen Verlust

**Supraleitung öffnet das Tor zu einer Fülle von technologischen Anwendungen, denn sie leitet Strom verlustfrei. Noch geschieht dies nur bei sehr tiefen Temperaturen. Am PSI wird erforscht, wie dies auch bei «normalen» Temperaturen funktionieren könnte.**

Supraleitung und Magnetismus sind faszinierende Phänomene der Materie. Sie basieren auf dem kollektiven Verhalten der Elektronen. Beide Phänomene sind Beispiele dafür, dass die Gesetze des Allerkleinsten auch im Grossen gelten. Oder anders gesagt: Dass die Gesetze der Quantenmechanik – die Welt der Elektronen, Protonen und andern Teilchen – sichtbare Auswirkungen auf die makroskopische Welt haben.

Supraleitung bietet eine Fülle von technologischen Anwendungen. Das verlustfreie Leiten von elektrischem Strom könnte insbesondere für die Stromindustrie, aber auch für elektronische Geräte aller Art von immensem Nutzen sein. Noch wird eine Anwendung im Alltag dadurch erschwert, dass die Supraleitung nur bei sehr tiefen Temperaturen überhaupt funktioniert. Seit Jahren wird daher intensiv geforscht, wie Supraleitung auch bei höheren Temperaturen möglich ist. Dabei stiess man auf Kupferoxide und andere sogenannte stark korrelierte Elektron-Systeme.

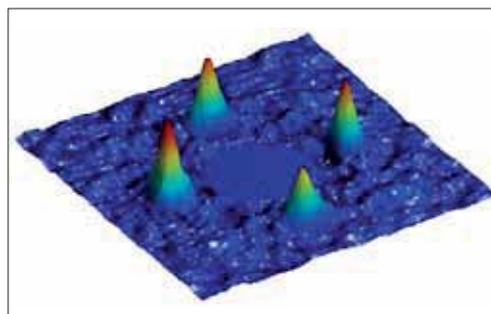
## Welche Rolle spielt der Magnetismus?

In konventionellen Materialien «mögen» Magnetismus und Supraleitung einander nicht; einerseits sind magnetische Materialien nicht supraleitend und andererseits zerstören magnetische Unreinheiten in Supraleitern deren Supraleitfähigkeit. In den neu entwickelten Systemen auf Kupferoxidbasis hingegen ist dies nicht mehr der Fall: Dort scheinen gerade magnetische Fluktuationen eine

wichtige Rolle bei der Entstehung der Supraleitung zu spielen.

Supraleitung auf Kupferoxidbasis und ähnliche Systeme werden am PSI intensiv erforscht. Das Institut bietet dazu schweizweit einzigartige Forschungsanlagen, zum Beispiel die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS. Dieses riesige Mikroskop erlaubt komplexe Einsichten in die elektronische Struktur dieser Materialien. Daneben können weitere Methoden bei der Untersuchung helfen, etwa die Neutronenstreuung an der SINQ oder die Myonen-Spinrotation an der  $\mu\text{SR}$ .

Ein Forschungsbeispiel, bei dem Neutronen und Myonen als Mikrosonden eingesetzt werden: Ein Supraleiter wird einem magnetischen Feld ausgesetzt. Hohe Magnetfelder können in den Supraleiter eindringen und sich dort in einem regulären Gitter, einem sogenannten Flussliniengitter, anordnen. Die Stabilisierung dieser Gitter hat entscheidenden Einfluss auf die Möglichkeit, Strom verlustfrei zu leiten: Ein besseres Verständnis dieses Effektes ist im Hinblick auf die Erforschung der Supraleitung deshalb von grosser Bedeutung.



Resultat eines Neutronen-Beugungsexperiments an einem Flussliniengitter in einem Supraleiter ( $\text{La}_{1.78}\text{Sr}_{0.22}\text{CuO}_4$ ) unter Einfluss eines Magnetfelds ( $H=0,7$  Tesla).

## Supraleitung

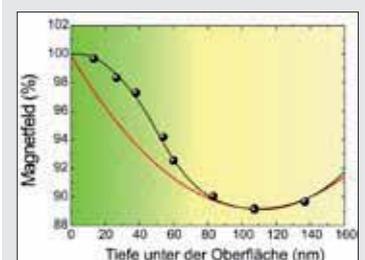
<http://num.web.psi.ch>

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

**Neutron:** Teilchen des Atomkerns ohne elektrische Ladung, mit einer minim grössern Masse als die des Protons.

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

**Synchrotronlicht:** Scharf gebündeltes Licht, das von hoch beschleunigten Elektronen bei Ablenkung durch Spezialmagnete ausgesendet wird.



Versuchsergebnisse mit Myonen: Das Magnetfeld in einem supraleitenden Film ist an der Oberfläche weitaus am stärksten.



«Protonenbestrahlung verbessert die Heilungsaussichten bei verschiedensten Krebsarten deutlich», sagt PSI-Chefarzt Eugen Hug.

## Protonenstrahlentherapie

<http://p-therapie.web.psi.ch>

# Das PSI setzt Massstäbe

**Das PSI ist Pionier auf dem Gebiet der Krebsbehandlung mit Protonen. Seit kurzem wird dafür ein neuer leistungsfähigerer Protonen-Beschleuniger eingesetzt, der zudem einen Ganzjahres-Betrieb gewährleistet.**

Krebs kann auf verschiedene Arten behandelt werden: mit Medikamenten, mit dem Skalpell oder mit Strahlen. Wer von Strahlentherapie spricht, meint meist die Bestrahlung eines Tumors mit Photonen. Es gibt aber noch eine andere Möglichkeit: die Protonenstrahlentherapie. Diese hat viele Vorteile, aber auch einen grossen Nachteil, denn man benötigt dazu eine Grossanlage.

### Kompakter Protonenbeschleuniger

Die einzige Anlage für Protonenstrahlentherapie in der Schweiz steht am PSI. Allerdings hatte die Anlage aus Patientensicht einen Haken: Der Protonenbeschleuniger musste jedes Jahr für einige Monate abgestellt und gewartet werden. In den vergangenen Jahren nun wurde die Anlage komplett erneuert und ein neuer Protonenbeschleuniger namens COMET in Betrieb genommen.

COMET ist ein kompaktes, supraleitendes Zyklotron-Gerät mit einer Leistung von 250 Mega-elektronen-Volt. Konzipiert wurde es am National Superconducting Cyclotron Laboratory an der Michigan State University und danach an die spezifischen Anforderungen des PSI angepasst. Dazu gehört, dass Strahlen für klinische Operationen erzeugt werden können, und zwar ohne Wartungspause, sowie eine Vorrichtung für die Behandlung von Tumoren im Augenbereich. Darüber hinaus muss die Anlage technisch so flexibel sein, dass künftige Erweiterungen (Gantry 2) integriert werden können. Gantry 2 ist momentan im Bau. Sie wird eine verbesserte Strahlenabastung erlauben und gewährleistet, dass diese weiterhin eines der

medizinischen Haupteinsatzgebiete von Protonen bleibt.

Das Zyklotron-Gerät wurde von der Firma ACCEL Instruments GmbH (Varian) gebaut und zwischen 2004 und 2006 erfolgreich installiert, in Betrieb genommen und angeschlossen. In Zusammenarbeit von ACCEL und PSI entstand ein System, das sicherer ist im Betrieb und leichter zu warten. In technischer Hinsicht hat das Zyklotron-Gerät alle Erwartungen erfüllt. Im Februar 2007 wurde der erste Patient behandelt. Nach einer planmässigen Stilllegung von Juni bis August zur Feinjustierung wurde die Patientenbehandlung im August 2007 wieder aufgenommen. Bis Ende 2007 wurden unter anderem 15 krebskranke Kleinkinder mit der PSI-Protonentherapie behandelt. Für sie ist diese neuartige Therapie ganz besonders vorteilhaft, denn sie schont das gesunde Gewebe, welches bei Kindern sehr empfindlich auf Strahlung reagiert. Der medizinische Betrieb läuft nun ganzjährig.

### Bald auch in Kliniken?

Die Gantry 2, mit der sich auch bewegliche Tumoren behandeln lassen, zum Beispiel solche im Bereich der Lunge, wird im Jahr 2008 getestet und anschliessend für den Patientenbetrieb freigegeben. Mit dieser ausgefeilten Technologie von COMET und Gantry 2 wird das PSI wiederum neue Massstäbe in der Protonenstrahlentherapie setzen. Es ist davon auszugehen, dass ein Transfer dieser Technologie stattfindet, der ihren Einsatz in Kliniken möglich macht.



Foto: Lungenliga Zürich

Die resistente Tb ist weltweit im Vormarsch (im Bild ein Tuberkulin-Test): Dringend gefragt sind neuartige Medikamente.

# Kampf gegen Tuberkulose

**Seit 40 Jahren sind keine neuen Tuberkulose-Medikamente auf den Markt gekommen. Einem Forscher-Team der Universität Basel und des PSI ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu wirksameren Medikamenten gegen die weit verbreitete, oft tödliche Infektionskrankheit gelungen.**

Mehr als 40 Millionen Menschen stecken sich weltweit jährlich mit Tuberkulose an, fast 10 Millionen erkranken und 2 Millionen sterben pro Jahr an den Folgen der Infektion. Das Mycobacterium tuberculosis als Erreger der Krankheit ist immer noch einer der gefährlichsten Keime der Erde. Sind die Lungen eines Menschen von den Bakterien infiziert, bilden sich Knötchen und das Lungengewebe wird zerstört. Schliesslich breiten sich die tuberkulösen Herde im ganzen Körper aus. Eine Übertragung erfolgt in der Regel durch Tröpfcheninfektion von erkrankten Menschen. Besonders anfällig sind unterernährte und geschwächte Menschen.

Ein grosses Problem stellt die zunehmende Verbreitung von resistenten Mycobakterien-Stämmen dar, die beim Menschen eine Sterblichkeitsrate von über 98 Prozent aufweisen. Seit über 40 Jahren sind keine neuen Medikamente zur Bekämpfung von Tuberkulose auf den Markt gekommen.

## Hemmstoff entdeckt

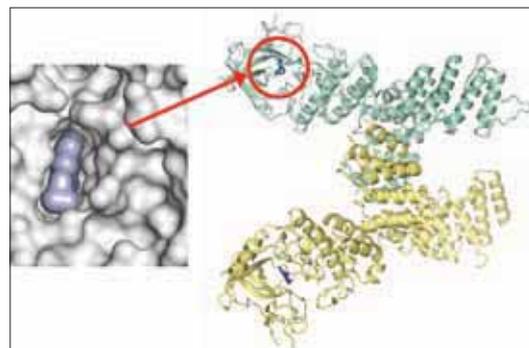
2004 haben Wissenschaftler am Biozentrum der Universität Basel das Protein PknG entdeckt – ein Schlüsselenzym für das Überleben von Mycobakterien im menschlichen Körper. Wird die Aktivität dieses speziellen Enzyms mit dem ebenfalls am Biozentrum entdeckten Hemmstoff AX20017 blockiert, werden die Mycobakterien vom menschlichen Immunsystem abgetötet. Um dem Mechanismus des hochspezifischen Wirkstoffes auf die

Spur zu kommen, suchten die Basler Forscher die Zusammenarbeit mit dem PSI. Gemeinsam gelang es ihnen, die atomare Struktur von PknG-Enzym und Hemmstoff AX20017 zu bestimmen. Die dazu notwendigen Daten hat das PSI-Team an der Protein-Kristallografie-Strahllinie der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS gesammelt.

## Keine unerwünschten Nebeneffekte

Die räumliche Architektur des PknG-AX20017-Komplexes zeigt detailliert, wie der Hemmstoff sich an das Enzym bindet. Dabei fanden die Forscher heraus, dass der AX20017 nur Oberflächenregionen von PknG erkennt. Das bedeutet, dass der Hemmstoff menschliche Enzyme in ihren lebenswichtigen Funktionen nicht beeinträchtigt und keine unerwünschten Nebeneffekte verursacht. Diese Erkenntnisse dienen der Entwicklung neuartiger Medikamente, die auch gegen resistente Tuberkulose-Erreger wirken.

Quelle: *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) of the USA, Band 104, Nr. 29, 17. Juli 2007.*



Atomare Struktur des Enzyms PknG mit zwei Molekülen (gelb und grün; rechts) zusammen mit dem spezifischen Hemmstoff AX20017 (blau; links). (Bild: PSI/Uni Basel)

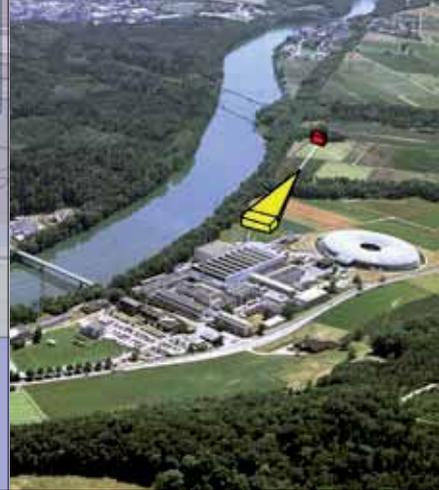
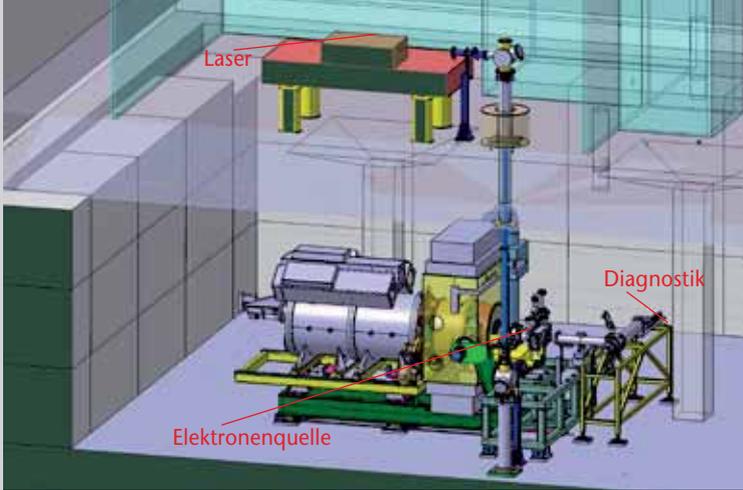
## Strukturbestimmung

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



## Auszeichnung

Mit dem links vorgestellten Projekt haben nun zwei Forschende den Schweizerischen Tuberkulosepreis 2008 gewonnen: Postdoc Srinivas Honnappa vom PSI (oben im Bild) und Doktorandin Nicole Scherr vom Biozentrum der Universität Basel. Der Swiss TB Award wird jährlich für die beste Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Tuberkulose durch die Schweizerische Stiftung für Tuberkuloseforschung verliehen.



Testanlage für die erste Beschleunigungsstufe des geplanten PSI-XFEL (rechts im Bild).

## Röntgenlaser PSI-XFEL

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

### 20 JAHRE PSI

#### Gratulation aus Mailand

«Das besonders breite Spektrum an Kompetenzen, nicht zuletzt das Produkt aus der Fusion zweier originärer Institute, hat in vielen Forschungsgebieten – nicht in allen – wirkungsvolle Synergien geschaffen. Ich war Mitglied in etlichen wissenschaftlichen Komitees, aber am PSI war es schwierig, aus all den Trouvaillen mein Lieblingsprojekt auszuwählen. Doch ich entschied mich für ein Experiment in der Grundlagenphysik: die Messung des elektrischen Dipolmoments mit ultrakalten Neutronen. Als Zweites stand für mich die Spot-Scanning-Technik im Vordergrund, die therapeutische Dosen mit Protonenstrahlen abzugeben vermag. Diese Entwicklung beurteilte ich kürzlich in einer Vorlesungsreihe am CERN als «europäische Erfolgsgeschichte». Am meisten beeindruckt mich am PSI die Sorgfalt fürs Detail ohne unnötiges «Vergolden». Diese Philosophie wird bei allen Instrumenten ersichtlich.»

Prof. Dr. Ugo Amaldi, Universität Mailand und CERN, Genf

# Revolutionäres Grossprojekt

**Das PSI verdankt seine internationale Vorreiterstellung den einzigartigen Forschungsanlagen. Das Grossprojekt PSI-XFEL, ein sogenannter Freie-Elektronen-Laser für Wellenlängen im Röntgenbereich, soll dafür sorgen, dass dies auch in Zukunft so bleibt.**

Der XFEL-Laser ist die Weiterentwicklung der bereits sehr erfolgreichen Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS: Ziel ist ein Licht, das eine Milliarde Mal brillanter ist als das der SLS. Mit der revolutionären Anlage könnten nicht nur winzigste Strukturen abgebildet, sondern auch zeitliche Veränderungen auf atomarer Ebene gefilmt werden. Denn die Zeitauflösung solcher Anlagen liegt im Bereich von weniger als Billionstelsekunden, der Zeit also, in der zum Beispiel chemische Bindungen entstehen. Der Laser wird damit zur Filmkamera: Die sich bewegenden Moleküle erscheinen wie unter einem Stroboskop in einem Tanzlokal. Aufschlussreich ist das für Physiker, Biologen, Chemiker und Mediziner. Ihnen ermöglicht die Anlage neuartige Einblicke in die Welt des Allerkleinsten. PSI-XFEL wäre ein Meilenstein der Schweizer Forschung.

2007 hat das PSI die Planung für das Grossprojekt vorangetrieben: Pläne wurden zu Papier

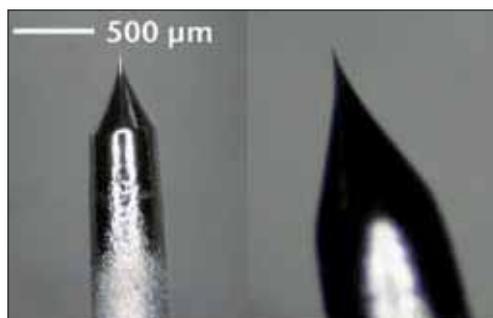
gebracht, Komponenten fabriziert, Testanlagen erbaut. Auch das Gesamtkonzept wurde weiterentwickelt und ein Entwurf der unterirdischen Anlage erstellt. Kurz: Das Projekt nimmt Formen an. Läuft alles nach Plan, könnte die Anlage im Jahre 2016 bereitstehen.

### Innovationen für kompaktere Anlage

Mit herkömmlicher Technologie wäre das Projekt sehr teuer. Deshalb sind zurzeit weltweit lediglich drei solche Anlagen geplant oder im Bau, eine davon in Deutschland. Die Schweizer Forscher hingegen planen eine Anlage, welche die gleiche Brillanz liefert, jedoch kleiner ist und kostengünstiger. Dazu sind einige Innovationen notwendig: Zum Beispiel eine Elektronenquelle, die sehr kompakte Elektronenpakete erzeugt. Mit hohem elektrischem Feld werden die Elektronen effizient aus einem Metall-Atomgitter herausgeschlagen und sehr rasch gebündelt. Für einen wirkungsvollen Lasing-Prozess müssen möglichst viele Elektronen auf kleinstem Raum gebündelt werden. Die PSI-Forscher haben eine Anlage errichtet um zu testen, ob sich ihre Theorien in die Praxis umsetzen lassen. Die Anlage läuft seit Ende 2007 und wird Aufschluss über die Qualität des Elektronenstrahls geben.

### Kompression des Elektronenpakets

Eine weitere Neuerung des PSI-XFEL-Konzepts ist die Kompression des Elektronenpakets zu höheren Dichten. Dieser Baustein soll den Laserstrahl verstärken. Dafür sind spezielle Beschleunigungseinheiten (Zwei-Frequenzen-Kavität) notwendig. Dieses Element wurde bereits entwickelt und wird 2008 in die Testanlage integriert.



Gebündelte Elektronen strömen effizient aus Nanometallspitzen – dank hoher elektrischer Spannung.



Kompakter, effizienter und anwendungsreif: die automatisierte Radiokohlenstoff-Analyse.

## Schneller bessere Arzneien

**BioMICADAS** heisst ein am PSI entwickeltes Gerät, das die Suche nach neuen Medikamenten wesentlich vereinfacht. 2008 kommt das System erstmals in einem bioanalytischen Unternehmen zum Einsatz.

Die Entwicklung eines Medikaments ist ein langjähriger und sehr aufwändiger Prozess. In unzähligen Studien an Tier und Mensch wird getestet, ob der Wirkstoff sicher und effektiv ist. Bevor das Medikament zugelassen wird, müssen die Forscher herausfinden, wie der Wirkstoff im Körper um- und abgebaut wird. Unvollständige Kenntnisse dieser Prozesse führen häufig zu Fehleinschätzungen und im schlimmsten Fall zum Abbruch der Entwicklung. Es gibt viele Gründe, warum ein Wirkstoff in klinischen Studien scheitert: Es können toxische Substanzen entstehen, der Wirkstoff wird im Körper unzureichend aufgenommen oder ausgeschieden etc. Diese Schwierigkeiten werden oft erst spät erkannt – zu einem Zeitpunkt, da schon viel Geld aufgewendet worden ist.



Blick in die Ionenquelle der BioMICADAS-Anlage: Bis 250 Messproben können hier pro Tag untersucht werden.

Ein wichtiges Hilfsmittel bei der Medikamentenentwicklung ist der sogenannte Radiokohlenstoff ( $^{14}\text{C}$ ), eines der bedeutendsten natürlichen Spurenelemente. Radiokohlenstoff wird eingesetzt, um die Wege von Wirkstoffen im Körper zu verfolgen. Daraus können Medikamentenentwickler wichtige Informationen gewinnen. Radiokohlenstoff-Verfahren sind zwar einfach anwendbar, sie haben jedoch den Nachteil, dass relativ grosse Mengen radioaktiver Substanzen nötig sind. Zudem braucht es für den Nachweis von Radiokohlenstoff komplexe Beschleunigeranlagen. Herkömmliche Anlagen, von denen es weltweit weniger als 100 gibt, haben etwa die Grösse eines kleinen Hauses. Entsprechend teuer war bis jetzt diese  $^{14}\text{C}$ -Analyse.

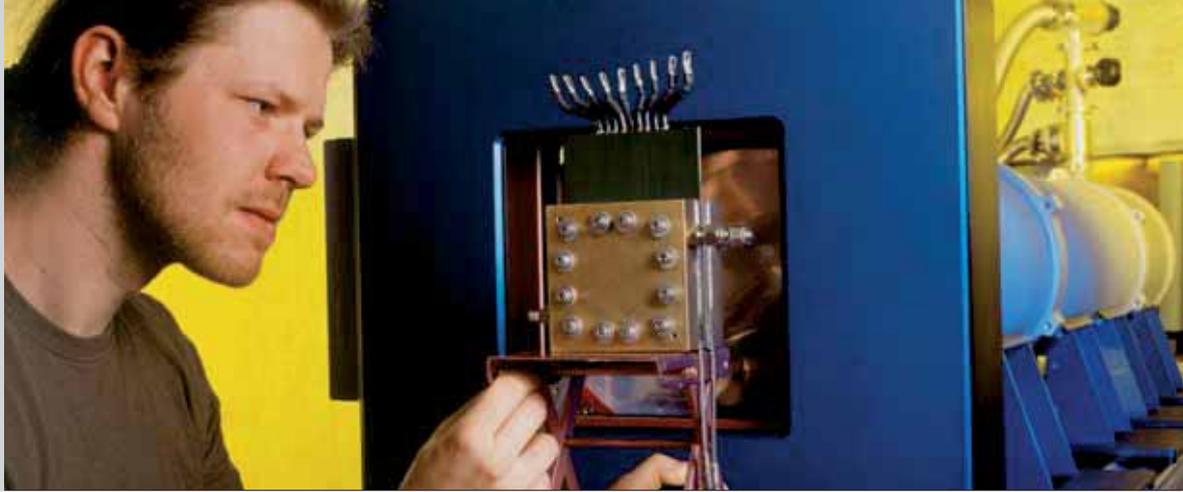
### Beeindruckender Fortschritt

PSI-Forschern ist nun in diesem Bereich ein beeindruckender Fortschritt gelungen: Sie haben ein Gerät entwickelt, das Radiokohlenstoff mit bisher unerreichter Güte nachweist. Ihr BioMICADAS-System hat in jedem Labor Platz, ist einfach in der Anwendung und eignet sich daher ganz speziell für die Spurenanalytik in der biomedizinischen Forschung.

Mit BioMICADAS können 200 bis 250 Messproben pro Tag analysiert werden. Das Gerät mit seinen Möglichkeiten wird die Entwicklung neuer Wirkstoffe signifikant beschleunigen. Im Oktober 2007 wurde das System fertig gestellt und befindet sich derzeit in einer Testphase. Im Laufe des Jahres 2008 wird es an ein bioanalytisches Unternehmen ausgeliefert.

### Bioanalytik

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



Vorbereitung für den Beschuss mit Neutronen: Brennstoffzelle in der Neutronenstrahllinie ICON.

## Brennstoffzellen

www.ecl.web.psi.ch,  
www.neutra.web.psi.ch



2 JAHRE ccem.ch

### Aktives Netzwerk

In seinem zweiten Betriebsjahr hat das Kompetenzzentrum für Energie und Mobilität (CCEM) wiederum neue Projekte lanciert. Insgesamt laufen nun 17 Forschungsprojekte in den Gebieten Verkehr, Elektrizität, Gebäude und erneuerbare Treibstoffe, an denen alle Institutionen des ETH-Bereichs wie auch fünf Fachhochschulen vertreten sind. Das CCEM unter Federführung des PSI konnte auch mehrmals zur Energiediskussion in der Schweiz beitragen. Beachtet wurde sein wissenschaftlicher Input zum «Energie-Trialog Schweiz», einer Initiative des Kantons Aargau für ein Konzept, um den künftigen Schweizer Energiemix aufzuzeigen.

Die Neutronenradiogramme einer Brennstoffzelle unter Strom: Die Wasserverteilung in der Zelle lässt sich genau beobachten.

# Der Mix macht's

Mehrere PSI-Forschungsgruppen arbeiten daran, die Leistung von Brennstoffzellen zu verbessern. Jetzt haben sie eine wichtige Entdeckung gemacht: Die Zellen dürfen nicht zu viel, aber auch nicht zu wenig Wasser enthalten.

Eine Brennstoffzelle ist eine saubere Sache: In der Zelle wird aus Wasserstoff und Sauerstoff Wasser. Der Wasserstoff wird bei dieser chemischen Reaktion oxidiert, es entstehen Elektronen. Diese fließen durch einen externen Stromkreis und können somit elektrische Arbeit leisten, zum Beispiel einen Elektromotor antreiben.

Brennstoffzellen werden heute eher in Grenzbereichen eingesetzt, zum Beispiel in der Raumfahrt oder in U-Booten. Noch nicht durchgesetzt hat sich die Brennstoffzelle als Antrieb für Autos. 2004 hat das PSI hier Pionierarbeit geleistet und das Prototyp-Fahrzeug HY-LIGHT vorgestellt. Weitere Forschung ist jedoch nötig, um Autos mit diesem Antrieb zum Durchbruch zu verhelfen.

Im Fokus stehen dabei insbesondere die Medien, in denen die chemische Reaktion abläuft: der sogenannte Polymerelektrolyt und Wasser.

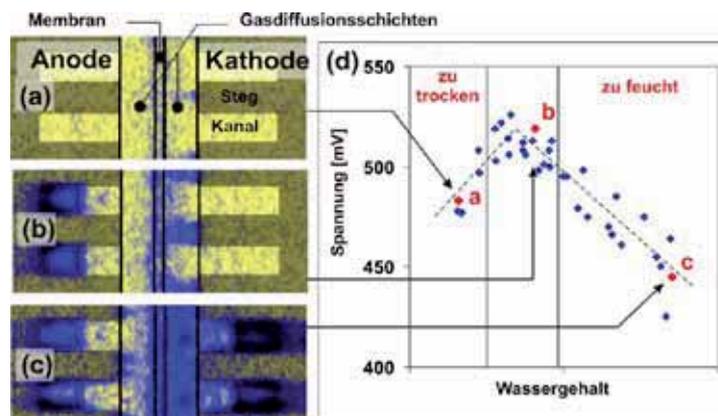
Um seine Funktion erfüllen zu können, muss der Elektrolyt mit Wasser gequollen sein. Ist aber zu viel Wasser in der Zelle vorhanden, wird der Zugang der Gase Wasserstoff und Sauerstoff zu den Reaktionszonen behindert: Die Zelle kann so nicht richtig arbeiten. Es ist daher entscheidend, die Transportprozesse des Wassers in der Brennstoffzelle genau zu erforschen.

### Ein Blick ins Herz der Zelle

Mit Grossanlagen wie der Neutronenstrahllinie ICON an der Spallations-Neutronenquelle SINQ können die PSI-Forscher einen Blick in das Herz der Zelle werfen: Neutronen passieren mit Leichtigkeit die verschiedenen Baustoffe der Brennstoffzelle wie Graphit, Aluminium oder Stahl. Neutronen sind aber sehr empfindlich gegen Wasser. Dank kürzlich erzielter Fortschritte – vor allem durch eine deutlich verbesserte Auflösung – ist es heute möglich, die Wasserverteilung in der Zelle genau zu beobachten.

Am PSI wurde zu diesem Zweck eine Modellzelle konstruiert und innerhalb der Zelle die relative Feuchte von Wasserstoff und Luft verändert. Verschiedene Bedingungen von sehr trocken bis sehr

feucht wurden untersucht. Anschliessend beobachteten die Forscher, wie die Leistung der Zelle auf diese Veränderungen reagierte. Fazit: Sowohl zu feuchte als auch zu trockene Bedingungen verringern die Leistung der Brennstoffzelle. Die Spannung war dann optimal, wenn die Brennstoffzelle über einen ausgewogenen Wassergehalt verfügte.





KKW Leibstadt

Der Betrieb der Schweizer Kernreaktoren wird durch die PSI-Forschung scharf beobachtet.

## Für nukleare Sicherheit

**Mit ihrer Forschung unterstützen die Fachleute des PSI-Bereichs «Nukleare Energie und Sicherheit» die zuständige Schweizer Sicherheitsbehörde HSK. Das gemeinsame Ziel ist, die Sicherheit von alten und neuen Reaktoren zu gewährleisten.**

Die Unterstützung, die das PSI für die HSK, die Hauptabteilung für die Sicherheit von Kernanlagen leistet, ist vielfältig. Ein Beispiel: Die HSK beauftragte im vergangenen Jahr das PSI mit der raschen Beurteilung einer komplexen Fragestellung: Was würde die unbeabsichtigte Öffnung eines bestimmten Sicherheitsventils in den KKW bewirken?

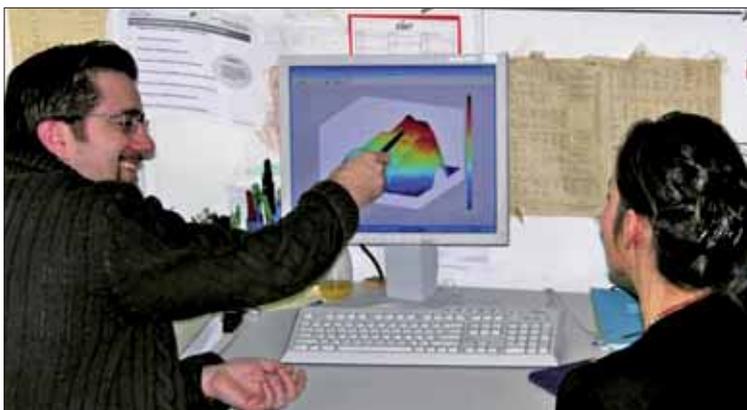
Die Sicherheitsfachleute des PSI können in einem solchen Fall auf selbst entwickelte Computermodelle zurückgreifen, die alle Schweizer KKW datenmässig erfassen. Das heisst, die Fachleute müssen jeweils die richtigen Eckwerte für einen speziellen Vorgang eingeben und der Computer berechnet den Verlauf. Innerhalb von 24 Stunden können die Sicherheitsspezialisten erste Ergebnisse berechnen und sie an die HSK übermitteln. Die Computerkalkulationen beschreiben z.B. Se-

kunde für Sekunde, warum und wie durch die Öffnung des Ventils der Reaktordruck stark abfällt, wie der Wasserpegel im Reaktorkern infolgedessen variiert und wie die Sicherheitssysteme Wasser zuführen. Die Berechnungen zeigen, dass die Sicherheitssysteme greifen und der Reaktor zu keinem Zeitpunkt gefährdet ist. Die Simulationen stimmen gut mit den danach gemessenen, realen Werten überein.

### Alternde Reaktoren

Ein anderes Beispiel für die Sicherheitsforschung am PSI betrifft die Überwachung der Alterung von Reaktoren: Dabei geht es insbesondere darum zu messen, wie sich das Material wichtiger Komponenten als Folge der dauernden Bestrahlung verändert, z.B. spröde wird oder Risse bekommt. Ausgehend von zerstörungsfreien Methoden, die frühzeitig erkennen, ob Werkstoffe altern und ermüden, haben die PSI-Forscher einen neuen Ansatz entwickelt. Sie messen dazu die elektrische Spannung, die entsteht, wenn innerhalb eines Materials unterschiedliche Temperaturen herrschen. Ändert sich diese Spannung über einen bestimmten Zeitraum, so ist das ein Anzeichen

dafür, dass das Material altert und versprödet. Die Spannungen liegen im Bereich von winzigen Nanovolt. Entsprechend hochpräzise Messgeräte sind für eine Überwachung notwendig. Der Ansatz hat sich im Labor bewährt, nun muss sich zeigen, ob er auch in den KKW praktikabel ist.



PSI-Computermodelle simulieren mögliche Ereignisse in KKW sehr genau.

## Kernenergie

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

### 20 JAHRE PSI

#### Gratulation aus Paris

«Die Atmosphäre am PSI ist geprägt vom Geist der Grundlagenforschung und dem Streben nach Qualität und Exzellenz. Spürbar ist auch das Ringen um eine optimale strategische Position, mit der sich die internationalen Forschungsbedürfnisse am besten abdecken lassen. Obwohl die Nuklearenergie nur ein kleiner Teil seines Forschungsportfolios ausmacht, ist das PSI dank seinem einzigartigen Angebot von Instrumenten und Fachwissen seit Jahrzehnten ein sehr verlässlicher Partner des Commissariat à l'Énergie Atomique CEA. Das gilt speziell heute im Hinblick auf die Erforschung und Entwicklung künftiger Kernenergiesysteme in Europa und im Internationalen Forum von Generation IV.»

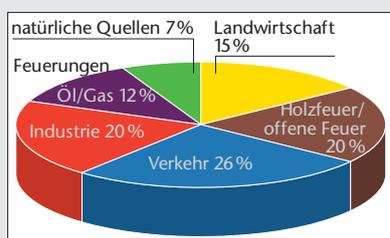
Prof. Dr. Frank Carré,  
Direktor CEA, Gif-sur-Yvette



Sichtbar hohe Feinstaubkonzentrationen im untern Taleingang des Misox.

## Feinstaubbelastung

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



Mittlerer Beitrag von verschiedenen Quellen zum Feinstaub (PM1) in Zürich im Winter; mit berücksichtigt sind Feinstaubbeiträge durch chemische Reaktionen von Gasen in der Atmosphäre.

# Die Quellen des Übels

**Woraus besteht Feinstaub? Welche Quellen sind für seine Entstehung verantwortlich? Aufschlussreiche Antworten auf diese Fragen liefert eine neue Messtechnologie des PSI-Labors für Atmosphärenchemie.**

Die Belastung der Luft mit winzigen Staubteilchen ist eine der aktuellen Herausforderungen für die Luftreinhalte-Politik in der Schweiz. Vor allem in Städten und Agglomerationen wird in den Wintermonaten der Grenzwert für die Feinstaubbelastung immer wieder überschritten. An den meisten Messstationen der Schweiz wird die Feinstaubmasse erfasst, um so die Überschreitung der Grenzwerte und die langfristige Schadstoffbelastung zu dokumentieren. Diese Messungen geben jedoch keine Hinweise auf den Verursacher des Feinstaubes.

Ein Team von PSI-Forschern verwendet und entwickelt neue Messmethoden: Die sogenannte Aerosol-Massenspektrometrie macht es möglich, die flüchtigen Bestandteile des Feinstaubes in sehr guter Zeitauflösung und Detektionslimite zu erfassen. Die neue Methode wird ergänzt durch den

bewährten  $^{14}\text{C}$ -Datierungstest, der vor allem in der Archäologie zur Altersbestimmung verwendet wird. In Zusammenarbeit mit der Universität Bern wurde der  $^{14}\text{C}$ -Test für die Bestimmung fossiler und nicht-fossiler Quellen für Kohlenstoff im Feinstaub weiterentwickelt. Die Kombination dieser neuen Methoden erlaubt eine fast vollständige Charakterisierung des Feinstaubes von Partikeln mit einem Durchmesser kleiner als ein Mikrometer (PM1).

### Die Hauptverursacher

Tests mit der neuen Methode in Zürich haben folgendes Bild ergeben: Die Beiträge der Primäremissionen Verkehr (12%) und Holzfeuerungen (14%) sind ähnlich gross. Zusammen tragen diese beiden Quellen aber nur ein Viertel zum Feinstaubaufkommen bei. Der Rest wird durch chemische Reaktionen von Gasen in der Atmosphäre gebildet. Dabei spielen Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft eine Rolle, aber auch Stickoxid-Emissionen von Verkehr und Industrie, Schwefeldioxid-Emissionen der Industrie und Heizungen, usw.

### Breitgefächerte Massnahmen erforderlich

Die Kombination der PSI-Daten mit den Emissionsabschätzung des Bundesamts für Umwelt erlaubt eine Feinstaub-Gesamtbilanz. Es zeigt sich zum Beispiel, dass der Verkehr durch die Stickoxid-Emissionen und deren Umwandlung mehr zum Feinstaub beiträgt, als durch die direkten Feinstaub-Emissionen entsteht. Daher ist der Anteil des Verkehrs letztlich höher als jener der Holzfeuerungen. Die Messungen des PSI haben grundsätzlich gezeigt, dass verschiedene Quellen signifikant zum Feinstaubproblem beitragen. Das bedeutet: Zur Reduktion der Feinstaubbelastung braucht es breitgefächerte Massnahmen.



Das PSI-Messmobil ist für Feinstaubmessungen mit modernsten Instrumenten ausgerüstet.



Aare-Kraftwerk Wildegg-Brugg (Foto: AXP)

In der Schweiz sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen verhältnismässig tief – dank Wasserkraft und Kernenergie.

# Die Schweizer Klimaziele

**Klimaschutz ist in den nächsten Jahren einer der wichtigsten Bereiche der nationalen Energiepolitik. Bis ins Jahr 2050 sollten die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schweiz um mindestens 50 Prozent gesenkt werden. Eine bessere Energieeffizienz ist dabei wichtig – aber nicht allein entscheidend.**

Als langfristige Energievision wird die 2000-Watt-Gesellschaft diskutiert. Damit soll eine nachhaltige Energieversorgung bei stabilem Wohlstand geschaffen werden. Gemessen am heutigen Schweizer Durchschnittsverbrauch von 5000 Watt pro Kopf (mittlere Dauerleistung) wäre eine Reduktion um 60 Prozent notwendig.

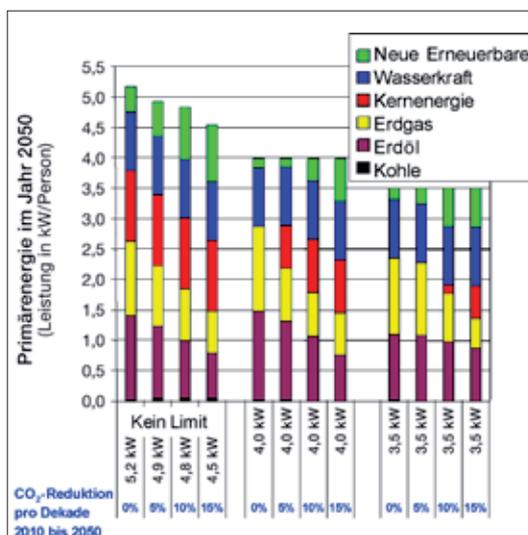
## PSI-Studie mit Empfehlungen

Eine Studie des PSI zeigt, auf welchen Fakten das Schweizer Energiesystem basiert und wie die Ziele erreicht werden können:

- Die Schweiz verfügt über einen im internationalen Vergleich relativ niedrigen Primärenergieverbrauch und über eher tiefe CO<sub>2</sub>-Emissionen. Der Grund dafür liegt in den speziellen Schweizer Verhältnissen: Zum einen stammt ein grosser Teil des hier hergestellten Stroms aus den Primärquellen Wasserkraft und Kernkraft, die beide praktisch kein CO<sub>2</sub> produzieren. Zum anderen ist die Schweizer Wirtschaft durch den Dienstleistungssektor geprägt, der nicht besonders energieintensiv ist.
- Am meisten Energie wird heute in Gebäuden und im Verkehr verbraucht. Der Energiebedarf kann hier stark reduziert werden.
- Die bisherigen Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz müssen in Zukunft noch verstärkt werden. Dies wird aber nicht ausreichen, um die Ziele einer nachhaltigen Energiepolitik zu erfüllen. Bis 2050 ist die 2000-Watt-Gesellschaft

in der Schweiz ausser Reichweite. Berechnungen des PSI zeigen: Sozial verträglich kann der Energieverbrauch um höchstens 30 Prozent gesenkt werden. Aber, und wichtiger: Die Halbierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist davon unabhängig möglich (siehe Abbildung).

- Strom wird immer wichtiger werden – das gilt insbesondere für eine Dienstleistungsgesellschaft wie die Schweiz. Strom, produziert aus erneuerbaren Energien oder Kernenergie, kann fossile Energien mit hohem CO<sub>2</sub>-Ausstoss ersetzen. Ein Schlüssel zu weniger Kohlendioxid ist deshalb die CO<sub>2</sub>-freie Erzeugung von Strom.
- Ein Energiesystem mit halbierten CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht bis ins Jahr 2050 Mehrkosten von rund 70 Milliarden Franken. Aus volkswirtschaftlicher Sicht (unter Berücksichtigung der externen Kosten) sind die Kosten aber eher gering. Sie liegen in der Grössenordnung von einem Prozent des Bruttoinlandprodukts.



## CO<sub>2</sub>-Emissionen

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

Szenarien für das Schweizer Energiesystem im Jahr 2050 als Ergebnis eines energieökonomischen Optimierungsmodells. Primärenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen werden jeweils vorgegeben. Fazit: Die CO<sub>2</sub>-Emissionen können realistisch nur halbiert werden, wenn drastisch weniger fossile Energie verbraucht wird, gleichzeitig neue erneuerbare Energien ausgebaut und Kernenergie im Energiemix beibehalten werden.



**SALVATORE DANIELE** forscht an zukunftsächtigen Treibstoffen wie Wasserstoff und andere künstlich erzeugte Gase. «Wir möchten eine saubere Energieversorgung erreichen, die Umweltbelastung reduzieren und gleichzeitig die Effizienz steigern», sagt der 1978 geborene Doktorand aus Neapel. In seiner Dissertation am PSI beschäftigt sich der diplomierte Luft- und Raumfahrt-Ingenieur mit Verbrennungsprozessen. Dabei fesselt ihn die Entwicklung neuer Technologien, kombiniert mit der Erforschung damit verbundener Phänomene. «Das macht die Arbeit jeden Tag spannender.»

# Verwertung von Wissen

Das PSI im Kontakt zur Industrie





Erfolgreiche Brennstoffzellenforschung: Aus der Zusammenarbeit mit Michelin resultierten 10 Patente.

## Technologietransfer

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

# Erfindungen mit Potenzial

**Fast täglich werden am PSI neue Erkenntnisse gewonnen. Doch wie wird aus Wissen ein Produkt? Die Technologietransferstelle des PSI lotet das Potenzial aus und sucht den Kontakt zur Industrie. Mit Erfolg, wie nicht zuletzt die diesjährige Rekordzahl an Verträgen zeigt.**

Die Mitarbeiter der Transferstelle wirken wie eine Art Scharnier: Sie vermitteln zwischen PSI-Wissenschaftlern und Interessenten aus der Industrie. Insgesamt konnten im Jahre 2007 über hundert Verträge mit Industriefirmen unterzeichnet werden. Darunter fallen zum Beispiel Abkommen, die eine umfangreiche Forschungszusammenarbeit mit internationalen Unternehmen vorsehen. Andere Verträge definieren die Lieferung von spezialisierten Komponenten, die am PSI produziert werden oder den Austausch von Wissen (Know-how-Transfer). Es gibt also verschiedene Wege, auf denen die Forschungsergebnisse aus dem PSI in der Industrie fruchtbar gemacht werden können.

Besonders interessiert ist die Industrie auch an den PSI-Grossanlagen, zum Beispiel der SLS. Mit Förderung der Industrie wurde vor wenigen Jahren bereits eine Strahllinie (Experimentierstation) zur Untersuchung der Struktur von Proteinen gebaut. Nun entsteht eine dritte Strahllinie, erneut mit namhafter Beteiligung und Unterstützung von Pharmaunternehmen.

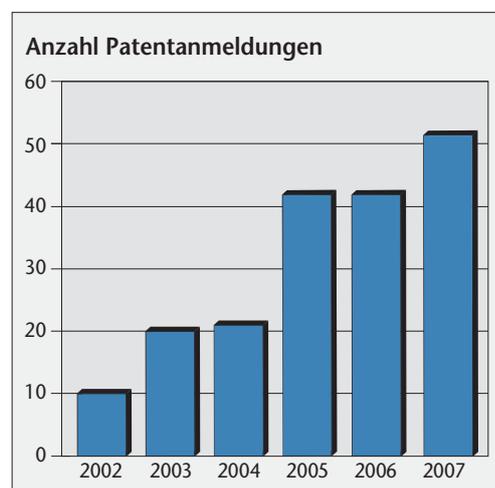
### Kooperationen im In- und Ausland

Eine andere interessante Kooperation ergab sich mit einem weltweit tätigen Spezialitätenchemie-Unternehmen. Hier geht es um die Entwicklung von Katalysator-Materialien für die Abgasnachbehandlung. Vielversprechend ist auch die Zusammenarbeit mit der Firma RC Tritec im appenzelischen Teufen: Gemeinsam wurde ein neues

Herstellungsverfahren für Szintillatoren entwickelt. Diese wandeln Strahlung in sichtbares Licht um, das mit Kamerasystemen aufgenommen werden kann. Mit den neuen Szintillatoren können Bilder mit höherer Auflösung und kürzerer Belichtungszeit aufgenommen werden. Die Nachfrage nach solchen Instrumenten hat dazu geführt, dass RC Tritec nun Kleinserien fertigt, die nach der Qualitätskontrolle am PSI in Villigen weltweit vertrieben werden.

### Schulterchluss mit der Industrie

Bei der Erforschung von Brennstoffzellen hat das PSI in den letzten Jahren eng mit der Firma Michelin zusammengearbeitet. Der Schulterchluss führte u. a. zur Entwicklung des HY-LIGHT-Konzeptautos, das mit Brennstoffzellen angetrieben wird. Insgesamt wurden zehn gemeinsame Erfindungen zum Patent angemeldet. Mittlerweile



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



Start in die Selbständigkeit: PSI-Mitarbeiter im Gespräch mit dem Aargauer Unternehmer Rudolf Hug (2. v. r.).

hat Michelin genügend Wissen erworben, um weitere Brennstoffsysteme in Eigenregie zu realisieren. 2007 wurden fünf Lizenzverträge unterzeichnet. Ein grosser Erfolg ist dabei der Vertrag mit der Schweizer Firma Azsol, die Module einer am Paul Scherrer Institut entwickelten Schrittmotoren-Steuerung fertigt und weltweit an Synchronanlagen liefert.

#### Spin-off mit Auszeichnung

Die beiden jüngsten Firmengründungen aus dem PSI haben weitere Schritte in eine erfolgreiche Zukunft unternommen. DECTRIS AG, die Preisträgerin des Swiss Technology Award 2007, präsentierte sich an einer Fachmesse in Hannover einem grossen Publikum. Die Anzahl Angestellte hat sich 2007 fast verdoppelt. EULITHA AG hat ihr Team mit einem erfahrenen Unternehmer verstärkt und sich mit der Umwandlung in eine Aktiengesellschaft für die Zukunft gerüstet.

Neben diesen Aktivitäten hat sich die Transferstelle auch um die interne Weiterbildung der PSI-Mitarbeiter gekümmert. Gemeinsam mit Venturelab, einer nationalen Initiative der Förderagentur für Innovation KTI, organisierte sie eine Veranstaltung zum Thema «Start in die Selbständigkeit». Der erfolgreiche Unternehmer und ehemalige Aargauer Grossrat Rudolf Hug unterstützte diesen Anlass.

#### 52 Patentanmeldungen

Besonders erfolgreich waren die Patentanmeldungen: Insgesamt 52 Erfindungen wurden 2007 zum Patent angemeldet – ein neuer Rekord. Darunter befinden sich 16 Erstanmeldungen, die zum Teil gemeinsam mit Partnern entstanden sind. Eine attraktive Erfindung mit Zukunftspotenzial stellt der spezielle Drucksensor dar, der sich für Flüssigkeiten in anspruchsvollen Umge-

bungen, etwa in strahlenbelasteten Bereichen, eignet. Diese Erfindung schliesst eine Lücke im bisherigen Angebot.

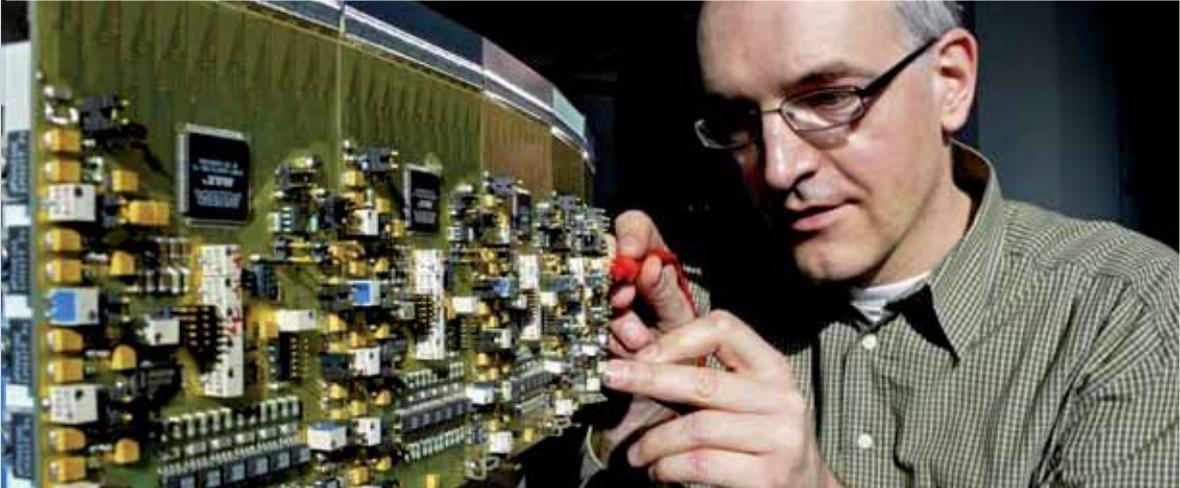
Darüber hinaus hat sich das PSI im vergangenen Jahr wiederum an Veranstaltungen mit Innovationen präsentiert: am 2. Swiss Innovation Forum sowie an Messen in Zürich und Näfels. Das Team hat jeweils auch die Gelegenheit beim Schopf gepackt, sich vorgestellt und Kontakte geknüpft, wenn Branchenverbände oder Wirtschaftsvereinigungen das PSI besucht haben.

#### 20 JAHRE PSI

##### Mekka der Kochkunst

Ein paar initiative Küchenchefs im Kanton Aargau beschlossen 1989, eine eigene Kochgilde zu gründen und als Team an internationalen Wettbewerben teilzunehmen. Besonders aktiv waren dabei die beiden Franz vom PSI, der damalige Küchenchef Franz Jonke und der Leiter der Verpflegungsbetriebe Franz Stalder. Die Gründung der Gilde fand im November 1989 im Personalrestaurant des PSI statt.

In den folgenden Jahren stellte das Institut der Aargauer Kochmannschaft die Infrastruktur zur Verfügung, um die kulinarischen Kreationen für die jeweiligen Wettbewerbe vorzubereiten. Das Team hatte grossen Erfolg und bildete 1994 und 1999 die Schweizer Nationalmannschaft. Seit 1990 gewann es viele Auszeichnungen. Speziell zu erwähnen sind der Weltcupsieg 1994 in Luxemburg, die Weltmeisterschaft 1995 in Chicago sowie der Olympiasieg 1996 in Berlin.



Blitzschnell dank hoch integrierter Halbleiter-Technologie: Der MYTHEN-Detektor eröffnet den Forschern neue Experimentiermöglichkeiten.

## Detektorsystem

<http://pilatus.web.psi.ch/mythen>

# Sekunden statt Stunden

**Der am PSI entwickelte MYTHEN-Detektor beschleunigt Strukturmessungen von Festkörpern mehr als 1000-fach und ermöglicht erstmals zeitaufgelöste Messungen. Das Interesse am Detektorsystem ist entsprechend gross.**

Schon der legendäre Schweizer Physiker Paul Scherrer, nach dem das PSI benannt ist, forschte mit Röntgenstrahlen und benutzte sie zur Strukturbestimmung von Kristallen (Pulverdiffraktion).

Bei der Pulverdiffraktion wird Röntgenstrahlung auf eine kristallisierte Probe gerichtet. Das dabei entstehende charakteristische Muster der Röntgenstrahlen wird hinter der Probe gemessen. Aus diesem sogenannten Diffraktionsmuster können Forscher auf die Anordnung der Atome in der Probe schliessen. Die Pulverdiffraktion gehört seit Jahrzehnten zu den Standardverfahren zur Aufklärung der Struktur von Festkörpern. Sie wurde zum Beispiel Anfang der 50er-Jahre angewandt, um die Struktur der Erbsubstanz DNA aufzuklären.

### Verbesserung dank Halbleitertechnologie

Mit dem MYTHEN-Detektor haben die PSI-Forscher diese Methode weiterentwickelt. Der neu entwickelte Detektor benutzt hoch integrierte Halbleitertechnologie, um die Anzahl der Kanäle dramatisch zu erhöhen. Das reduziert die Messzeit von Stunden und Minuten auf weniger als eine Sekunde und macht es möglich, die Veränderung des Probenmaterials über einen bestimmten Zeitraum hinweg zu verfolgen.

Der MYTHEN-Detektor wurde nach der Entwicklung erfolgreich in Experimentierstationen der SLS eingebaut und so den Forschern neue Türen für Experimente geöffnet. Zwei Beispiele: Bei einem der ersten Versuche, in denen der Detektor eingesetzt wurde, verfolgte man den Aushärtevor-

gang von Zement bei Zugabe von verschiedenen Zusatzstoffen. Ein anderes Experiment untersuchte den Effekt von unterschiedlichen Batteriematerialien während der Lade- und Entladezyklen. Ziel war es, die Leistung von Batterien zu optimieren.

### Interesse an der PSI-Technologie

Solche Versuche mit einer hohen Zeit- und Winkelauflösung über einen grossen Winkelbereich waren zunächst weltweit nur an der SLS möglich. Inzwischen zeigen die Betreiber anderer Beschleunigeranlagen jedoch Interesse an dieser Technologie. Bereits konnte sie nach Australien, Japan und England verkauft werden. Aufgrund des grossen Interesses wurde 2006 ein Spin-off gegründet: Die DECTRIS AG wird das System künftig vertreiben. Das PSI mit seiner höchst innovativen Detekortechnologie arbeitet seit vielen Jahren mit der GE Inspection Technologies GmbH zusammen, einem namhaften Hersteller von industriellen Analytik-Röntgensystemen. Eine Erweiterung der Kooperation mit der DECTRIS AG ermöglicht die produktreife Vermarktung von Röntgendetektoren.



Fünf Milliarden Messungen pro Sekunde: Der DRS-Chip hat auf einer Fläche von fünf mal fünf Millimeter mehr als 300 000 Transistoren.

## Erstaunlicher Winzling

**Er kann elektronische Signale genauso exakt aufnehmen wie ein Oszilloskop, ist aber viel kleiner und kostet gerade mal einen Zehntel davon: Domino Ring Sampler, der spezielle Halbleiter-Chip, den das PSI entwickelt hat.**

Seit einigen Jahren beteiligen sich PSI-Forscher am sogenannten MEG-Experiment, dessen Ziel es ist, den Zerfall des Elementarteilchens Myon zu verfolgen. Elementarteilchen sind so winzig, dass selbst die besten Mikroskope sie nicht entdecken können. Möchte man mit ihnen experimentieren, benutzen Forscher deshalb Detektoren: Passiert ein Elementarteilchen einen Detektor, liefert dieser ein elektrisches Signal. Die Signale erfolgen jedoch in der unvorstellbar kurzen Zeit von weniger als einer Millionstelsekunde. Ein Oszilloskop kann die Signale sichtbar machen, indem es sie als Zeitkurve darstellt. So können Forscher die Energie und den genauen Zeitpunkt eines Elementarteilchen-Ereignisses messen.

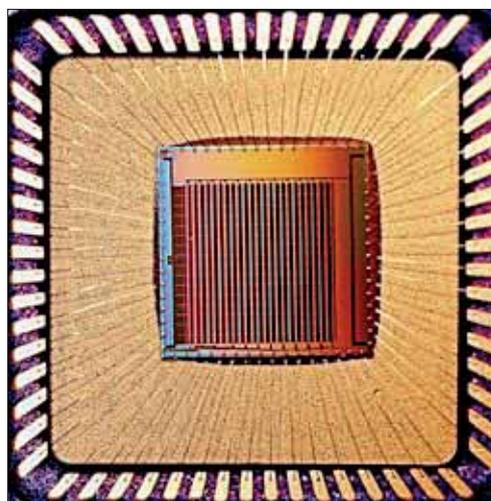
### 1 Oszilloskop schrumpft auf 1 Chip

Das MEG-Experiment umfasst insgesamt fast 3000 Detektoren. Um alle Signale genau zu messen, bräuchte man fast tausend Oszilloskope – ein immenser Aufwand an Raum und Geld. PSI-Spezialisten haben nun einen Chip entwickelt, der die gleichen Aufgaben meistert wie ein Oszilloskop, jedoch zu einem Bruchteil an Platz und Kosten. Der Chip trägt den Namen DRS (Domino Ring Sampler) und steht kurz vor der Massenfertigung. «Erst durch den Chip wird das MEG-Experiment überhaupt möglich. Er wird aber auch wichtige Impulse liefern für die Weiterentwicklung von andern Experimenten in der Teilchenphysik und im industriellen Bereich», sagt PSI-Forscher Stefan Ritt, der den Chip entwickelt hat.

Der DRS-Chip kann gleichzeitig acht Signale und fünf Milliarden Messungen pro Sekunde (!) aufnehmen und an einen Computer zur Auswertung weiterleiten. Ein Prototyp wurde im MEG-Experiment erfolgreich für alle 3000 Detektoren eingesetzt.

### Interessierte Fachwelt

Die Entwicklung des DRS-Chips blieb in der Fachwelt nicht unbemerkt. Bereits interessieren sich Forschungsgruppen der Astrophysik und der Medizinphysik für den Winzling. Aber auch die Industrie bekundet Interesse. Die Verantwortlichen am PSI machen die neue Technologie nun für andere Anwendungen zugänglich.



Layout des DRS-Chips, der kurz vor der Massenfertigung steht (Seitenlänge 5 mm).

### Detektorchip

<http://midas.psi.ch/drs>



**FANNI JURÁNYI** ist Physikerin mit Dokortitel und mitverantwortlich für das neue Rückstreupektrometer MARS. Sie untersucht mit Neutronenstreuung an der Spallations-Neutronenquelle SINQ zum Beispiel, wie Wasser sich in Tonmineralien bewegt, also in Gesteinsbarrieren, die für radioaktive Endlager vorgesehen sind. Bei ihrer Forschungsarbeit schätzt Fanni Jurányi die multidisziplinäre Teamarbeit, die am PSI bestens gefördert werde. «Diese Kollaboration ist der Schlüssel zu neuen Erkenntnissen», sagt die 33-jährige Ungarin aus Pécs.

# Das internationale Labor

Fakten und Finanzen





Wissenschaft für die Welt: Pixelchips für die grossen LHC-Experimente am CERN.

# Fakten und Finanzen

**Für Forschung und Entwicklung, für Bau und Betrieb von Infrastruktur und Forschungsanlagen sowie für Dienstleistungen hat das PSI im vergangenen Jahr 280 Mio. Franken aufgewendet. Mit 237,5 Mio. Franken hat der Bund 85 % des Gesamtaufwands finanziert.**

Von den Gesamtmitteln des PSI wurden 52,7 Mio. Franken (19 %) für Investitionen eingesetzt. Die Personalkosten betragen 169,7 Mio. Franken (61 %). Der Gesamtaufwand reduzierte sich um 10 Mio. Franken auf rund 280 Mio. Franken.

Die im Jahre 2007 eingenommenen Drittmittel von 55,7 Mio. Franken stammten zu 44 % aus der Privatwirtschaft und zu 27 % aus Forschungsförderungsprogrammen des Bundes (Schweizerischer Nationalfonds, Bundesamt für Energie). 13 % der Drittmittel stammten aus EU-Programmen.

## 70 % fliessen ins Benutzerlabor

Rund 70 % des Gesamtaufwands kamen im Jahre 2007 dem PSI als Benutzerlabor zugute. Die hohen

Anforderungen für den vorwiegend externen Benutzerkreis schränken den Spielraum für die PSI-eigene Forschung ein, was längerfristig problematisch ist. Denn nur wenn kontinuierlich und kompetent eigene Forschung auf höchstem Niveau betrieben wird, können die externen Benutzerinnen und Benutzer der Forschungseinrichtungen optimal betreut und unterstützt werden.

Ende 2007 waren am PSI rund 1280 Personen (Vollzeitstellen) beschäftigt. Davon wohnen 77 % im Kanton Aargau, rund 10 % im Kanton Zürich, die übrigen in andern Kantonen und im nahen Ausland. 22 % der Beschäftigten sind Frauen, 39 % haben einen ausländischen Pass.

## Gefragte Ausbildungsstätte

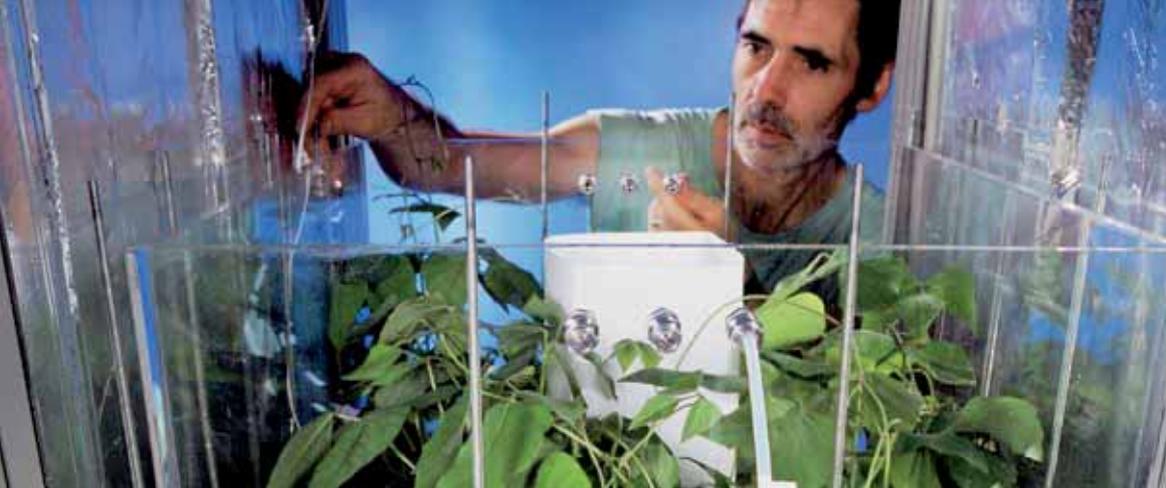
Rund 270 Doktoranden absolvierten im Berichtsjahr ihre Promotionsarbeit ganz oder teilweise am PSI. Sie profitierten von den Forschungseinrichtungen und wurden von PSI-Mitarbeitern unterstützt. Mehr als 170 Dissertationen wurden über das PSI finanziert. Ende 2007 zählte das PSI 76 Lehrlinge in zwölf Berufen.

## Entlastung der Schweizer Hochschulen

Mit seinem Engagement in der Doktorandenausbildung und im Unterricht an den beiden ETH, den Universitäten und Fachhochschulen leistet das PSI einen wesentlichen Beitrag zur Aus- und Weiterbildung. Die weltweit anerkannte Spitzenforschung und der global vernetzte Benutzerlaborbetrieb des PSI bieten Gewähr, dass die Studierenden international wettbewerbsfähig sind. Mehr als 70 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts dozierten im Berichtsjahr an Hochschulen und Fachhochschulen.

Für die Betreuung der Doktorierenden und den damit verbundenen Infrastrukturbetrieb sowie für die Unterstützung der Lehre an den Hochschulen

Die PSI-Finanzen (in Mio. CHF) 2007		
<b>Aufwendungen</b>		
Betrieb	227,3	81 %
Investitionen	52,7	19 %
<b>Gesamt</b>	<b>280,0</b>	<b>100 %</b>
Davon:		
Finanzierungsbeitrag Bund	237,5	85 %
Drittmittel	42,5	15 %
Personal (inkl. Aus- und Weiterbildung sowie Regie)	169,7	61 %
<b>Drittmittel-Einnahmen</b>		
Privatwirtschaft	24,4	44 %
Forschungsförderung Bund	15,0	27 %
EU-Programme	7,3	13 %
Andere Einnahmen	9,0	16 %
<b>Gesamt</b>	<b>55,7</b>	<b>100 %</b>



Forschung für ein besseres Klima: Studien zur Begasung von Pflanzen mit CO<sub>2</sub>.

hat das Institut im Jahre 2007 rund 35 Mio. Franken aufgewendet, davon ca. 75 % für Doktorierende von Universitäten sowie von den beiden ETH Zürich und Lausanne. Dass das PSI Laborplätze für externe Forschungsgruppen und für den Forschungsnachwuchs bereitstellt, entlastet die Schweizer Hochschulen von Infrastrukturaufgaben und -ausgaben.

Neben der akademischen und beruflichen Ausbildung bietet das PSI auch Fachkurse für Strahlenschutz und Reaktortechnik in eigens dafür etablierten Schulen. Es wurden 2007 mehr als 3000 Lektionen erteilt und über 2000 Berufsleute nahmen an diesen Kursen teil.

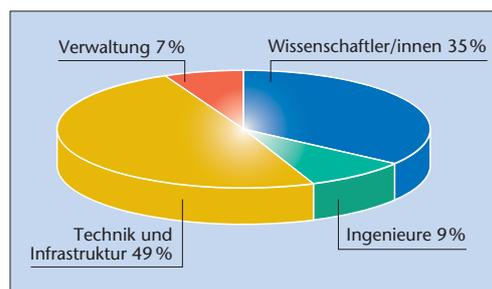
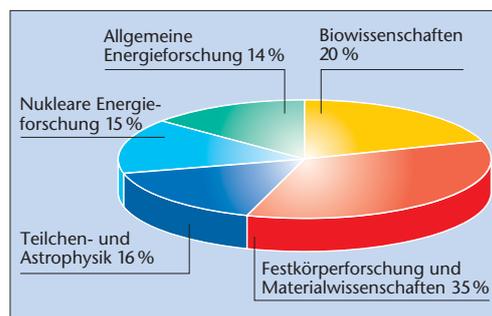
### Hoher Impact Score

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

Gemäss bibliometrischen Auswertungen der Universität Leiden ist der Output wissenschaftlicher Publikationen des PSI in den vergangenen Jahren weit über dem Durchschnitt. Bei einem zehnjährigen Mittel von ca. 500 Publikationen lag die Zahl 2007 bei mehr als 800 pro Jahr. Ebenfalls hoch ist der Impact Score (Anzahl Zitierungen): Er beträgt mehr als 2500 pro Jahr. Mit anderen Worten: Auf jede PSI-Publikation ist durchschnittlich drei- bis fünfmal von andern Wissenschaftlern verwiesen worden.

### Attraktiver Partner

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



Verteilung der Gesamtmittel 2007 (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.



Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS: 13 Strahllinien sind im Nutzerbetrieb, fünf weitere geplant oder im Aufbau.

## Das Benutzerlabor

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

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

**Neutron:** Teilchen des Atomkerns ohne elektrische Ladung, mit einer etwas grösseren Masse als das Proton.

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

**Synchrotronlicht:** Scharf gebündeltes Licht, das von hoch beschleunigten Elektronen bei Ablenkung durch Spezialmagnete ausgesendet wird.

### Über 60 Mio. Franken

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

# Nachfrage übersteigt das Angebot bei Weitem

**SLS, SINQ,  $\mu\text{S}$  – mit seinen grossen Forschungsanlagen bietet das PSI eine weltweit einmalige Kombination von Experimentiermöglichkeiten. Die Nachfrage ist entsprechend hoch und die wissenschaftliche Selektion streng. Insgesamt rund 1900 Benutzer konnten 2007 vom Forschungsangebot Gebrauch machen.**

National wie international hat sich das PSI als eines der führenden Benutzerlabors profiliert. Im Jahre 2007 zählte man am Institut mehr als 3500 Besuche von 1887 Wissenschaftlern, die fast 1400 Experimente durchführten. Etwa die Hälfte der Zeit an den Anlagen wurde von Forschungsgruppen des PSI und der Schweizer Hochschulen genutzt, 50 Prozent von ausländischen Teams, vorwiegend solchen aus der EU. Die Nutzer kamen von Instituten aus 34 Ländern und hatten 61 verschiedene Nationalitäten. Direkt aus Experimenten an den drei Grossforschungsanlagen SLS, SINQ und  $\mu\text{S}$  resultierten im Jahr 2007 total 359 Publikationen. Deutlich zugenommen hat insbesondere die Zahl der Veröffentlichungen in den Top-Journals «Science», «Nature», «Cell» und «Physical Review Letters». Insgesamt entstanden 66 Publikationen dieser Kategorie in Verbindung mit den beiden beteiligten PSI-Forschungsbereichen NUM und SYN, 50 davon auf der Basis von Experimenten an SLS, SINQ und  $\mu\text{S}$ .

### 30 Prozent mehr Experimente an der SLS

Die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS ist seit sechs Jahren in Betrieb und zählt weiterhin zu den besten Anlagen der Welt. Im Jahre 2007 haben hier 1228 Forschende 849 Experimente durchge-

führt und von den hervorragenden Eigenschaften der Strahllinien profitiert. Das sind 30 Prozent mehr als im Vorjahr.

Die laufenden Forschungsprojekte sind sehr breit gefächert und dienen beispielsweise der Bestimmung der Struktur von Proteinen, was insbesondere für die Entwicklung von Arzneimitteln und die Erforschung der Funktionen des menschlichen Genoms sehr wichtig ist. Auch werden mit Synchrotronlicht Struktur und Eigenschaften neuartiger Materialien und Materialoberflächen untersucht, und es wird für attraktive bildgebende Verfahren eingesetzt. Die Nachfrage nach der äusserst stabilen Synchrotronstrahlung der SLS ist enorm: Die Forschungsinstrumente sind alle überbucht, teilweise um den Faktor sechs bis acht! Ende 2007 waren an der SLS 13 Strahllinien im Nutzerbetrieb, weitere fünf sind in Planung oder im Aufbau.

### Zehn Jahre erfolgreicher SINQ-Betrieb

Der Protonenbeschleuniger wurde ursprünglich vor über drei Jahrzehnten für grundlegende Experimente zur Physik der Elementarteilchen entwickelt. Heute verwendet man etwa 70 Prozent des Protonenstroms für die Produktion von Neutronen an der Spallations-Neutronenquelle SINQ, der weltweit leistungsfähigsten Anlage dieses Typs. Zurzeit stehen hier 13 Instrumente für Experimente mit Neutronen zur Verfügung. Diese wurden im vergangenen Jahr von rund 370 Wissenschaftlern aus dem In- und Ausland genutzt. Für die SINQ war 2007 ein besonderes Jahr: Die Konstrukteure und Betreuer der Grossforschungsanlage feierten den zehnjährigen, erfolgreichen Betrieb.



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. Derzeit liegt die Obergrenze bei minus 125 Grad Celsius. Um weitere Fortschritte zu erzielen, muss der Mechanismus der Hochtemperatur-Supraleitung erst richtig verstanden werden – eine Herausforderung für die SINQ-Forscher. Eine weitere Spezialität der SINQ sind Untersuchungen von Materialien, bei denen sich elektrische und magnetische Eigenschaften kombinieren lassen. Dies dient u.a. der Erforschung von Werkstoffen für Sensoren, Signalumwandlern sowie von leistungsfähigeren Speichern in der Computertechnik.

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, an denen 2007 rund 160 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in fast 170 Projekten forschten. Myonen werden eingesetzt als empfindliche ma-

gnetische Sonden – vornehmlich in der Festkörperforschung, in den Materialwissenschaften und in der Chemie.

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

#### Im Einsatz für die Umweltforschung

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

#### 20 JAHRE PSI

#### Gratulation aus Kalifornien

«Obwohl erst seit kurzem Mitglied der Forschungskommission, bin ich stark beeindruckt von der Breite der wissenschaftlichen Anstrengungen am PSI. Die Topresultate im Bereich der Pixel-detektoren und ultraschnellen Röntgenuntersuchungen macht die SLS zur weltweit angesehenen und von Nutzern gesuchten Forschungsanlage.»

Prof. Dr. Roger W. Falcone,  
University of California und  
Advanced Light Source, Berkeley

Das Benutzerlabor 2007	SLS	SINQ	$\mu\text{S}$	Teilchenphysik	PSI Total 2007	(2006)
Anzahl Strahllinien/Instrumente	13	13	6	8	40	(40)
Anzahl Experimente	849	347	168	8	1372	(1058)
Anzahl Nutzerbesuche	2399	614	204	300	3517	(2785)
Anzahl Nutzer/innen	1228	366	163	130	1887	(1421)



Der 2007 eröffnete topmoderne Kontrollraum vereinigt die Steuerung aller Grossforschungsanlagen.



## Die SLS

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

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

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

### Mittel- und Hochenergiephysik

Die ausgezeichneten Experimentierbedingungen an den weltweit intensivsten Teilchenstrahlen aus Pionen und Myonen wurden von mehreren Wissenschaftsteams aus Europa, den USA, Russland und Japan genutzt. Diese Versuche erforschen die fundamentalen Eigenschaften dieser Winzlinge. Das MEG-Experiment, das nach aussergewöhnlichen Zerfällen des Myons sucht, wurde soweit installiert und getestet, dass im Frühjahr 2008 mit der Datenaufnahme begonnen werden kann. Das Projekt einer Quelle ultrakalter Neutronen geht 2008 in die letzte Aufbauphase und wird ab 2009 ein Experiment zur Suche nach dem elektrischen Dipolmoment des Neutrons versorgen. Diese und weitere Vorhaben am PSI suchen nach sehr subtilen, für das Verständnis der Teilchenphysik aber äusserst wichtigen Effekten.

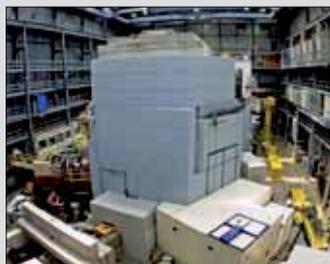
Das PSI nimmt aktiv am Hochenergiephysik-Programm des LHC-Beschleunigers am Partikellabor CERN in Genf teil. Ein wichtiger Beitrag des PSI umfasst Entwicklung, Bau und Betrieb eines neuartigen Pixeldetektors für die präzise Spurenrekonstruktion im innersten Teil des sogenannten CMS-Experiments. Der Bau des technologisch sehr herausfordernden Pixeldetektors wurde im Berichtsjahr stark vorangetrieben, sodass er im Frühjahr 2008 am CERN eingebaut werden kann.

### Ausbau des Krebstherapie-Angebots

Die Erweiterung der Protonentherapieanlage zur Behandlung von Krebstumoren (Projekt Proscan) ist im vergangenen Jahr weiter fortgeschritten. Das neuartige supraleitende Medizinzyklotron COMET nahm mit dem bestehenden Bestrahlungsgerät Gantry 1 im Februar 2007 den Patientenbetrieb auf. Rund 50 Krebskranke haben im Berichtsjahr von der neu installierten Bestrahlungstechnik profitiert. Das PSI ist weltweit nach wie vor das einzige Institut, das die hochpräzise Spot-Scanning-Bestrahlungstechnik anbietet. Verschiedene Projekte im Ausland übernehmen jetzt die innovative Technik.

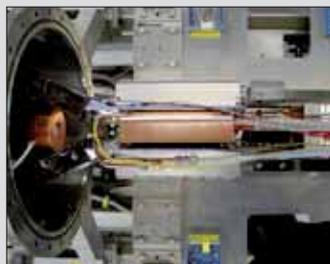
Die PSI-Technik zur präzisen Protonenbestrahlung wurde an die Industrie lizenziert. Kommerzielle Behandlungsanlagen, die ebenfalls das Scanning-Verfahren benutzen, stehen in Deutschland kurz vor Inbetriebnahme oder sind in Planung. Die Schweizer Industrie profitiert von dieser Entwicklung durch Lieferung von Komponenten und Systemen, die vom PSI entwickelt wurden.

Ein neuartiges, zweites Bestrahlungsgerät, die Gantry 2, ist im Endaufbau. Dieses Gerät kann Tumoren behandeln, die sich während der Bestrahlung bewegen (Brust, Lunge). Nach eingehender Testphase können mit der Gantry 2 voraussichtlich ab der ersten Hälfte 2009 Patienten behandelt werden. Dann stehen am PSI zwei hochpräzise Bestrahlungsgeräte zur Verfügung, von denen bei voller Nutzung jährlich 500 bis 600 Krebspatienten profitieren können. Dazu kommt ein neuer Bestrahlungsplatz für Augentumoren (OPTIS 2), der Anfang 2008 einsatzbereit sein soll. 2007 wurden an der bestehenden OPTIS-Anlage wiederum mehr als 220 Patienten erfolgreich behandelt.



## Die SINQ

Die Spallations-Neutronenquelle SINQ (sprich: Sinqiu) 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-Anlagen

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 zum 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 SμS

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



## Das Hotlabor

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



## Der Solarofen

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



## Die Smogkammer

Die Smogkammer macht atmosphärenchemische Untersuchungen unter simulierten Bedingungen möglich. In einem 27 Kubikmeter fassenden 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 Prozesse in der Atmosphäre ablaufen und zu erhöhten Feinstaub-Konzentrationen führen können.



## Neutronen für MARS

MARS heisst das neueste Instrument der SINQ. Dank höherer Energieauflösung erweitert dieses Rückstreuспекrometer wesentlich den experimentellen Bereich der Grossforschungsanlage.

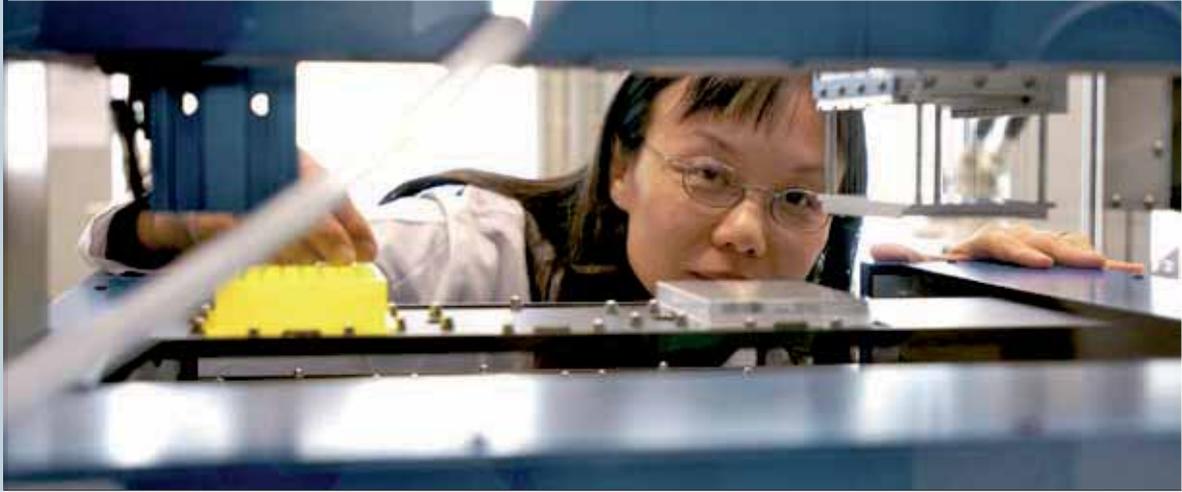


**SERGE BIOLLAZ** ist überzeugt, dass saubere Bioenergie in Zukunft deutlich wichtiger wird. Der promovierte ETH-Maschineningenieur aus Basel will mit seiner Arbeit Wege aufzeigen, wie die Nutzung von Holz oder anderer Biomasse aussehen könnte. «An den Schnittstellen zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung sowie Technologietransfer zu arbeiten und damit die Bioenergie-Anwendung voranzutreiben, ist spannend», sagt der 41-jährige Gruppenleiter für Thermische Verfahrenstechnik. «In der Schweiz ist das PSI der bisher einzige Ort, wo das möglich ist.»

# Aus- und Weiterbildung

Vielfältiges Angebot





Mit seinem Engagement in der Lehre investiert das PSI auch in die Zukunft der Wissenschaft.

Studierende am PSI

# Magnet für Doktorierende

## 20 JAHRE PSI

### Gratulation aus Hamburg

«Für mich als Physiker und Beschleuniger-Experte ist das PSI einer der faszinierendsten Orte der Welt. Die breite Auswahl an State-of-the-Art-Beschleunigeranlagen ermöglicht es, zahlreiche wissenschaftliche Fragen mittels Einsatz von konkurrenzlosen Messtechniken anzugehen – und das alles am selben Standort! Jedes Jahr nehme ich meine Beschleunigerphysik-Studenten mit auf eine Exkursion zu verschiedenen Labors in Europa, und regelmässig ist es das PSI, wovon die jungen Leute am meisten beeindruckt sind. Ich wünsche dem Institut und den dortigen Kolleginnen und Kollegen eine gedeihliche Zukunft und viel Vergnügen bei der Zusammenarbeit mit all den vielen Freunden, auf die sie rund um die Welt zählen können.»

Prof. Dr. Jörg Rossbach, Universität Hamburg und Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY

**Das PSI zieht Doktoranden und Praktikanten in grosser Zahl an. Für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind insbesondere die Grossanlagen begehrte Aus- und Weiterbildungsplätze.**

Rund 270 Personen sind zurzeit am PSI als Mitarbeiter von internen oder externen Forschungsgruppen mit ihrer Doktorarbeit beschäftigt, davon werden 170 Doktoranden vom PSI finanziert. Ihre Grundausbildung haben die jungen Forscher vor allem in Physik, Chemie und den Ingenieurwissenschaften absolviert; die meisten davon an der ETH in Zürich und Lausanne, den Universitäten Zürich und Bern sowie im Ausland. Das PSI leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Graduate School des ETH-Bereichs.

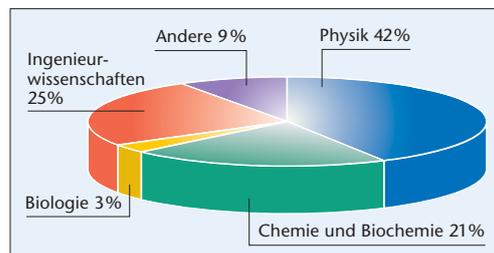
### Am meisten Doktoranden in der Energie

Am weitaus meisten Doktorierende, nämlich 55, forschen im Bereich Allgemeine Energie. Im Vergleich zum Vorjahr verzeichnen die Bereiche Teilchen und Materie (+29%) und Festkörperforschung (+24%) den grössten relativen Zuwachs an Promotionsarbeiten.

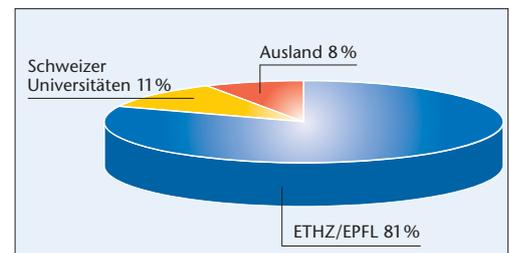
26 Studierende, darunter zwei Frauen, schlossen 2007 ihre Doktorarbeit am PSI ab. Die Dissertations-Themen reichen von der «Zeitlichen Veränderung von Klima-Isotopen in Bäumen» über die «Charakterisierung des Elektronenstrahls» bis zu den «Magnetischen Domänen im Dienste der Digitaltechnik».

### Beliebter Praktikumsort

Rund 60 Absolventen von Hochschulen oder Fachhochschulen haben ihre Diplomarbeit am PSI durchgeführt. Auch als Praktikumsort ist das Institut nach wie vor sehr beliebt. Im Jahre 2007 nahmen 80 Praktikanten diese Gelegenheit wahr; 80 Prozent davon kamen aus dem Ausland, über ein Drittel waren Frauen.



Grundausbildung der am PSI angestellten Doktorierenden. Ein Viertel davon sind Frauen.



Ausbildungsherkunft der Doktorierenden, die am PSI angestellt sind.



6. Sommerschule in Zuoz: Zukünftige Topforscher auf alpinen Höhen.

# Drehscheibe des Wissens

Die internationale Wissensgemeinschaft trifft sich an Konferenzen, Kongressen, Tagungen, Workshops und Symposien zum Austausch akademischer Erkenntnisse. 2007 hat das PSI zahlreiche wissenschaftliche Veranstaltungen organisiert und damit eine Plattform für Begegnung und Gespräche geboten.

## Meetings der Benutzerlabors

*SpS-Nutzer-Meeting* am 24. und 25. Januar: 70 Teilnehmende aus der Myonspin-Spektroskopie-Fachwelt; 33 Referate über Magnetismus, Supraleitung, dünne Filme, Multischichten, Radikalchemie und Soft Matter.

*Nutzer-Meeting der Teilchenphysik* vom 14. bis 16. Februar: 100 Teilnehmende; 9 Talks

*SINQ-Nutzer-Meeting* am 26. Juni in Lund, Schweden. Dedicated Session während der Europäischen Konferenz über Neutronenstreuung ECNS 2007: 70 Teilnehmende; 9 Talks.

*SLS-Nutzer-Meeting* mit zwei Satelliten-Workshops am 11. und 12. September: 161 Teilnehmende; 31 Talks; 37 Poster aus der weltweiten Synchrotronstrahlungs-Gemeinde.

*MPG-PXII-User Meeting* am 13. und 14. März zusammen mit dem Max-Planck-Institut für medizinische Forschung, Heidelberg: 36 Teilnehmende; 9 Referate.

*Swiss Proton Users Group*: 28. November; 40 Teilnehmende; 8 Vorträge: Die Zukunft der Swiss Proton Users Group.

## Sommerschulen und Energie-Seminare

6. Sommerschule für Festkörperforschung vom 18. – 25. August in Zuoz: Thema «Correlated Electron Materials», ein Schwerpunkt der Forschung an den PSI-Grossanlagen; 130 Personen.

*ENE-Seminarreihe*: 34 Seminarien mit jeweils 50 bis 80 Teilnehmenden; herausragendes Thema war die Forschung am neuen Kompetenzzentrum Energie und Mobilität (CEEM). Darüber hinaus wurden die Resultate von 10 abgeschlossenen Dissertationsarbeiten vorgestellt.

*NES-Kolloquia*: 10 Veranstaltungen mit jeweils 15 bis 60 Teilnehmenden; diverse Themen vom nuklearen Kernbrennstoffkreislauf bis zu den Reaktorgenerationen; Höhepunkt: Präsentation der internen Wettbewerbsvorschläge für neue Projekte (Seed Actions).

## Weitere Veranstaltungen

*3<sup>rd</sup> International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements* vom 23. bis 28. September in Davos: 100 Teilnehmende; 48 Talks; 28 Poster.

*X-ray absorption spectroscopy and the theory of XAS*: Internationale Konferenz vom 27. Februar bis 2. März, in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich; 80 Teilnehmende; 17 Referate.

*Informationstag zum Einsatz des PSI-Röntgenlaser (X-FEL)* am 20. April beim Schweizerischen Nationalfonds; 85 Teilnehmende.

*LTP-Colloquia*: 25 Veranstaltungen mit jeweils 20 bis 40 Teilnehmenden; Highlights: Climate past and future: the new UN IPCC report, Thomas Stocker (Uni Bern); 90 ZuhörerInnen und ITER: Physics and Technology, Minh Quang Tran (EPFL-CRPP); 70 ZuhörerInnen.

*3<sup>rd</sup> High Power Targetry Workshop* vom 10. bis 14. September in Bad Zurzach: 77 Teilnehmende.

*Verbrennungsforschung in der Schweiz*: Tagung am 5. November am PSI; 13 Referate.

## Wissenschaftliche Veranstaltungen

### Weiterbildung gefragt

2007 nahmen am PSI im Rahmen der Personalentwicklung über 500 Personen an Weiterbildungskursen teil. Am meisten besucht wurden Informatikkurse (26 Prozent) und Fachausbildungen (18 Prozent), aber auch die Sprach- (17 Prozent) und Führungskurse (11 Prozent) fanden Anklang. Die Kosten für die Weiterbildung betragen 2007 rund 665 000 Franken, also 520 Franken pro Mitarbeiter.



«Schweizer Jugend forscht»: Gymnasiasten der PSI-Studienwoche nach der Schlusspräsentation.

## Nachwuchsförderung

Kontakt: fritz.gassmann@psi.ch

# Anschub für junge Talente

**Mit verschiedenen Veranstaltungen fördert das PSI naturwissenschaftlich interessierte Jugendliche. 2007 geschah dies unter anderem in einer Studienwoche von «Schweizer Jugend forscht», in der sie sich mit der Lärmverschmutzung der Ozeane beschäftigten.**

Vier Gymnasiastinnen und acht Gymnasiasten aus sieben Kantonen haben an einer Studienwoche der Talentförderungsstiftung «Schweizer Jugend forscht» teilgenommen und dabei ein anspruchsvolles, in der Öffentlichkeit wenig bekanntes Thema untersucht: «Ökologie der Ozeane – Bioakustik und Delfine». Die Teilnehmenden sollten der Frage nachgehen, mit welchen Massnahmen die zunehmende Lärmverschmutzung der Ozeane reduziert werden könnte.

Meeressäuger verfügen über ein hoch spezialisiertes Gehör und ein breites Repertoire an akustischen Signalen, mit denen sie mit ihren Artgenossen kommunizieren und sich orientieren. Heute sind sie jedoch mit starken Veränderungen ihres Lebensraumes konfrontiert. Menschliche Lärmquellen wie militärische Ortungssysteme (Sonar), Erdöl- und Erdgasbohrungen, Kriegs- und Handelsschiffe sowie touristische Aktivitäten erzeugen Lärm. Für viele Meerestiere hat das fatale Folgen. Tödliche Massenstrandungen sind nur eine von vielen Auswirkungen.

Die Schallgeschwindigkeit im Meer variiert je nach Wassertemperatur, Salzgehalt und Druck. Es entstehen Schichten, die den Schall über mehr als 1000 Kilometer leiten können. Die Jugendlichen haben sich eingehend mit Schallphysik beschäftigt. Mit Hilfe von sogenannten Hydrophonen haben sie die speziellen Eigenschaften von Lärmquellen im unteren Zürichseebecken quantitativ erfasst und analysiert. Sie haben in Begleitung von Experten gelernt, korrekte Fragestellungen zu for-

mulieren, richtige Lösungswege und Methoden zu wählen, nachweisbare Ergebnisse abzuleiten, kritische Diskussionen zu führen und sinnvolle Schlussfolgerungen zu ziehen. Die Schlusspräsentationen widerspiegelten das hohe Interesse und die Phantasie der angehenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler.

### Summer Lecture Series

Die Vorlesungsreihe Summer Lecture Series stiess auch 2007 wiederum auf grosses Interesse. Rund 30 Studierende aus der ganzen Welt investierten ihre Semesterferien für eine erste Forschungserfahrung und konnten während dieser Zeit einen fundierten Einblick in die vielfältigen Tätigkeiten des PSI gewinnen.

### Praktikum für Schüler

Sieben Kantonsschülerinnen und -schüler haben am PSI ein Praktikum in den Gebieten Biogas, Brennstoffzellen, Biowissenschaften, Radiochemie sowie in der Bibliothek und im Rahmen eines zukünftigen Schülerlabors absolviert. Zum ersten Mal kamen sie dabei in direkten Kontakt mit dem Berufsleben und den Tätigkeitsgebieten eines Wissenschaftlers.



Mehr als nur Wissensvermittlung: Jugendliche testen im iLab den Prototypen eines Ultraschall-Experiments.

## Labor für iPod-Generation

Schülerlabor des PSI

[www.ilab-psi.ch](http://www.ilab-psi.ch)

**Bei der Nachwuchsförderung geht das PSI neue Wege. Zum Auftakt des 20-Jahre-Jubiläums eröffnet das Institut Anfang 2008 ein in der Schweiz einzigartiges Schülerlabor. Damit will es Jugendlichen zeigen, dass Naturwissenschaften attraktiv und spannend sind.**

Der Trend ist besorgniserregend und betrifft alle naturwissenschaftlichen Fächer: Immer weniger Jugendliche interessieren sich für ein Physik-Studium, immer weniger beenden ein Mathematik-Studium. Den Naturwissenschaften fehlt es an Nachwuchs. Deutschland hat reagiert: Dort gibt es rund 200 Lernlabors, welche die Neugierde für Naturwissenschaften wecken sollen.

Psychologische Begleitstudien attestieren diesen Labors gute Wirkung. Vor allem bei den Mädchen wurde nach nur einmaligem Besuch eines Schülerlabors ein nachhaltig stark erhöhtes Interesse an Naturwissenschaften nachgewiesen. Die Begleitstudien zeigen auch, dass Jugendliche umso positiver reagieren, je früher sie «abgeholt» werden. Das iLab, das Schülerlabor des PSI, wird sich deshalb in erster Linie an 14- und 15-Jährige richten. Das iLab ist eine Pionierleistung des PSI, denn Schülerlabors auf dem Gebiet der Physik existieren bisher in der Schweiz nicht.

### Naturwissenschaftliches Feuer entfachen

Die Jugendlichen können in Zweiergruppen nach eigenen Ideen experimentieren und ohne Erfolgsdruck erfahren, ob ihnen die naturwissenschaftliche Denkart und Vorgehensweise liegt. Es geht aber um mehr als blosser Wissensvermittlung, sondern insbesondere darum, in möglichst vielen Jugendlichen ein «naturwissenschaftliches Feuer» zu entfachen.

Die Experimente des iLab sind spannend, ungewohnt, überraschend, ungefährlich und einfach. Sie schaffen sowohl einen Bezug zu den Anlagen des PSI wie zu den Anwendungen im Alltag. Bei den ersten Experimenten geht es um Ultraschall. Schall ist etwas Bekanntes und im Alltag verbreitet: U-Boote, Delfine und Fledermäuse benutzen Ultraschall zur Ortung. In der Medizin wird Ultraschall zur Bildgebung verwendet, so etwa zur Untersuchung des Ungeborenen während der Schwangerschaft oder um zu sehen, ob ein Patient einen Herzfehler hat. Daneben wird Ultraschall auch in Parkierhilfen verwendet, um beim Rückwärts-parkieren den Abstand zum nächsten Fahrzeug anzugeben.



Begeisterung ist ansteckend: Fritz Gassmann leitet das PSI-Schülerlabor iLab.



PSI-Lehrlinge leisten Freiwilligenarbeit auf 1220 Meter Höhe im Walliser Bergdorf Eischoll.

## Berufsbildung

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

# 2500 Stunden im Einsatz

**Ein wichtiger Bestandteil der PSI-Lehrlingsausbildung ist das jährliche Lager, bei dem die Jugendlichen jeweils tatkräftig eine Gemeinde in der Randregion unterstützen. Dieses Jahr profitierte die kleine Walliser Gemeinde Eischoll.**

Vom 14. bis 27. Oktober 2007, verteilt über zwei Wochen, befanden sich die 76 Lehrlinge des PSI mit ihren Leiterinnen und Leitern in Eischoll im Kanton Wallis. Die Berggemeinde liegt auf einer Terrasse am linken Rhoneufer auf 1220 Meter über Meer. Die Jugendlichen leisteten hier wertvolle Arbeit für die Gemeinde und ihre touristische Infrastruktur.

Während die einen die Trassees und Pisten säuberten, revidierte eine andere Gruppe die Bügel der Skiliftanlage und die Schneekanonen. Die Berg- und Talstationsgebäude der Sesselbahn wurden abgeschliffen und gestrichen, die Mastenfundamente gereinigt und ausgebessert. Auch im

Bergrestaurant Egga wurden verschiedene Sanierungsarbeiten durchgeführt. Darüber hinaus säuberten sie Gemeindegewege und stellten einige Kilometer Suonen (Wasserkanäle) instand.

Die Gastgeber waren mit dem Geleisteten sehr zufrieden. Der Walliser Regierungsrat Jean-Michel Cina reiste eigens nach Eischoll, um den Lehrlingen seinen Dank für den grossartigen Einsatz auszusprechen. Der Gemeindepräsident Hermann Brunner und die Verantwortlichen der verschiedenen Organisationen wandten sich bei dieser Gelegenheit ebenfalls an die Jugendlichen und ihre Leiterinnen und Leiter: Der Einsatz sei für die Gemeinde sehr wertvoll und könne in Worten kaum verdankt werden, erklärten sie.

Während der zwei Wochen leisteten die Lehrlinge insgesamt rund 2500 Arbeitsstunden. Bei einem Stundenlohn von 20 Franken (Ansatz Gemeindewerk) ergäbe das eine Summe von 50000 Franken, ein grosser Betrag für eine kleine Gemeinde.

## Glanzvoll bestanden

Mit einer Durchschnittsnote von 5,0 schlossen 23 Lehrlinge Anfang August 2007 ihre Ausbildungszeit am PSI ab. Mit einem gediegenen Essen im Restaurant OASE, zusammen mit ihren Berufsbildnerinnen und Berufsbildnern sowie den Eltern, wurden sie offiziell verabschiedet. Martin Jermann, interimistischer Direktor des PSI, überreichte den erfolgreichen Absolventen ihre Fähigkeitsausweise – zusammen mit den besten Wünschen für die Zukunft. Dabei betonte er die Wichtigkeit einer guten beruflichen Grundbildung für junge Menschen, von denen auch das PSI profitiert.



Durchschnitt Note 5: 23 Lehrlinge schlossen am PSI 2007 ihre Ausbildung ab.



Strahlenschutz-Fachwissen: Das PSI bietet dazu eine mehrstufige Ausbildung an.

## Vorsicht Strahlung!

**Nur wenige Institutionen in der Schweiz bilden Strahlenschutzexperten aus. Das PSI ist eine davon. Ein neuer mehrstufiger Lehrgang wurde bis heute von 52 Berufsleuten absolviert.**

Ionisierende Strahlung – darunter fällt zum Beispiel auch radioaktive Strahlung – kann für den Menschen lebensgefährlich sein. Sie kann das Erbgut schädigen und im schlimmsten Fall Krebs auslösen. Zum Schutz vor solcher Strahlung hat der Bund Grenzwerte festgelegt, die nicht überschritten werden dürfen. Damit wird die breite Bevölkerung, aber auch das Personal von Kernkraftwerken und Forschungsinstituten vor zu hoher Strahlenbelastung geschützt. Die Ausbildung zur Strahlenschutzexpertin, zum Strahlenschutzexperten, er-

streckt sich über mehrere Stufen: Strahlenschutzassistent, -fachkraft, -techniker, -sachverständiger. Voraussetzung ist eine abgeschlossene Lehre in technischer Richtung. Anwärter werden zunächst zum Assistenten angelernt und während mehrerer Monate in der Praxis eingesetzt. Danach folgt eine 14-wöchige Ausbildung an der Schule für Strahlenschutz und eine weitere Praxis-Ausbildung: Handhabung der Messgeräte, Strahlenquellen-suche etc. Nach bestandener Schlussprüfung und mehrwöchigen Praktika in verschiedenen Anlagen ist der Anwärter lizenziert.

Das Einsatzgebiet der Strahlenschutzexperten ist vielfältig. Es umfasst die Überwachung des Personals, der Arbeiten mit möglicher Strahlenbelastung, der Anlagen und der Umgebung.

## Nicht nur das Fachwissen zählt

**Die Reaktorschule am PSI arbeitet mit einem strengen, selbst entwickelten Qualitätsmanagementsystem. Neuste Etappe ist die eduQua-Zertifizierung, bei der Methodik und Didaktik im Zentrum stehen.**

Seit über 40 Jahren hat sich die Reaktorschule am PSI stets dafür eingesetzt, die Qualität der Lehre auf dem neusten Stand zu halten. Mit der Zertifizierung der gesamten Schule nach ISO 9001:2000, einem von der Schule entwickelten Qualitätsmanagementsystem, ist vor vier Jahren eine ständige Weiterentwicklung angestossen worden. Mit der Integration von Kontroll- und Feedbackmechanismen ist ein hohes Mass an Qualitätssicherung gewährleistet.

Jüngster Schritt bei diesem Prozess ist eine Zertifizierung nach eduQua, die spezifisch auf schulische Bedürfnisse zugeschnitten ist. Sie wird in nächster Zeit in die vorhandenen Prozesse integriert werden. Neben der fachlichen Weiterbildung der Lehrkräfte ist bei dieser Zertifizierung die zusätzliche Ausbildung in Methodik und Didaktik ganz zentral. Wer an der Reaktorschule unterrichtet, muss spätestens in zwei Jahren eine solche Ausbildung vorweisen können. Dies beinhaltet eine weitere Qualitätssteigerung der Schule und entspricht damit den Forderungen der Behörden. Letztlich dient dieser Schritt aber vor allem jenen Institutionen und Organisationen, die ihre Mitarbeitenden an der Schule ausbilden lassen, zum Beispiel den Betreibern von Kernanlagen.

### Strahlenschutz

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

### Reaktorschule

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



**PIERRE BOILLAT** blickt ins Herz von Brennstoffzellen – durch mehrere Zentimeter Metall. «Eine faszinierende Beobachtung», sagt der diplomierte EPFL-Mikrotechnik-Ingenieur, der am PSI seine Doktorarbeit macht. Für seine Forschung nutzt er die Neutronenradiografie, ein bildgebendes Verfahren, mit dem sich Objekte zerstörungsfrei untersuchen lassen. Die Versuche mit Brennstoffzellen liefern wertvolle Informationen über den Wassertransport in den Zellen. «Ein motivierender Beitrag zur Lösung der Energieproblematik», sagt der 34-jährige Lausanner.

# Ereignisse 2007

---

Wichtige Events





Reibungslose Beförderung: Das Magnetschienen-Gefährt der Universität Genf fand grosses Interesse.

## Tag der Neutronen

# Scharf beobachtete Spione

**Neutronen waren das Thema, als das PSI vergangenen Oktober zu einem Tag der offenen Tür lud: Das zahlreiche Publikum zeigte sich von den Winzlingen und ihren Missionen beeindruckt.**

Über 3500 Besucherinnen und Besucher strömten am 28. Oktober ins Westareal. Das interessierte Publikum erhielt Einblick in die vielfältige Forschung mit Neutronen. Diese Atom-Bausteine stehen im Dienst der Wissenschaft. Als findige Spione spüren sie die Position und Bewegung von Atomen auf und lüften so viele Geheimnisse der Physik. Erzeugt werden die winzigen Teilchen an der Spaltungs-Neutronenquelle SINQ, einem riesigen Mikroskop, wo sie hauptsächlich für Versuche in den Materialwissenschaften, der Festkörperforschung und der Technik eingesetzt werden.



Neutron Imaging: Präsentation des neuartigen Verfahrens zur zerstörungsfreien Untersuchung von Objekten aller Art.

Um ihre sorgfältig geplanten Missionen erfüllen zu können, müssen Neutronen normalerweise inkognito im Dunkeln wirken. An diesem sonnigen Herbsttag jedoch machte das PSI eine Ausnahme und zeigte die breit gefächerte Arbeit der flinken Detektive der Bevölkerung. Zwar hat niemand einen der unzähligen Mini-Agenten mit eigenen Augen gesehen (dafür sind sie viel zu klein), zu bestaunen waren aber all die Schauplätze, wo Neutronen eingesetzt werden – beispielsweise bei der Erforschung von Werkstoffen, die den elektrischen Strom verlustfrei leiten, sogenannten Supraleitern.

### Dinos beim Durchleuchten

Dichtes Gedränge herrschte im Zelt, wo ein mit Supraleitern ausgerüstetes Gefährt der Universität Genf die Passagiere im wahrsten Sinne reibungslos, da schwebend, über die Magnetschienen transportierte. Hintergrundinformationen über Supraleiter erhielt das Publikum an einer Showstation mit Videos und Experimenten. Neutronen taugen aber nicht nur zur Entdeckung zukünftiger Materialien, sondern auch zum «Durchleuchten» Jahrmillionen alter, versteinerte Dinosaurier und antiker Objekte. Das bewies das Team des Neutron Imaging anschaulich. Ausgebucht war auch das grosse Auditorium: Hier wurden Ergebnisse von Studien mit Neutronen vorgestellt, die den Ursachen des grauen Stars, einer weit verbreiteten Augenkrankheit, auf den Grund gehen.

An der Gastrophysik-Station wurde die Küche zum Labor: Als Renner erwies sich die mit flüchtigem Stickstoff hergestellte Glace. Über 3000 Portionen gingen über den Verkaufstisch. Der Mix aus überraschenden Demonstrationen und informativen Präsentationen gefiel dem Publikum, wie die zahlreichen positiven Rückmeldungen bekunden.



Übersichtlich, ansprechend, gesellschaftsbezogen: das psi forum im neuen Gewand.

# Ausflug in die Forschung

**Ob Physikstudenten oder Turnerinnen – über 380 Gruppen besuchten im vergangenen Jahr das PSI. Motivierte Fachleute sorgten auf den Führungen dafür, dass der Forschungsfunkel auf die Besucher übersprang.**

Wer will, kann das PSI zuhause besichtigen – online auf [www.psi.ch](http://www.psi.ch). Viel eindrücklicher ist aber eine Führung vor Ort. Allerdings besteht bei einem Forschungsinstitut wie dem PSI stets die Gefahr, dass der Besucher ob den komplexen Sachthemen, Fachbegriffen und riesigen Experimentieranlagen am Ende eher verwirrt als begeistert die Stätte verlässt.

Eine gute Betreuung der Besucher ist daher das A und O jeder Führung. Über 100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des PSI sind im Führungsteam engagiert und setzen sich dafür ein, dass der Ausflug in die Welt der Forschung zu einem positiven Erlebnis wird. Mit dem Konzept, Fachleute für die Betreuung der Besucher einzusetzen, geht das PSI einen eigenen, sehr erfolgreichen Weg. Nichts ist so glaubwürdig, wie wenn Mitarbeitende ihren eigenen Arbeitsort präsentieren. Aus erster Hand lässt sich erfahren, was gerade gemacht wird, woran geforscht wird und worin das Ziel der Forschung liegt. Der direkte Dialog ist authentisch und hinterlässt einen bleibenden Eindruck.

Nicht nur die Besucher profitieren von diesem Austausch, auch manchem Mitarbeiter hat er ganz neue Perspektiven auf das eigene Fachgebiet eröffnet. Das Interesse und die Begeisterung der Gruppen wahrzunehmen und zu entfachen ist für viele Motivation genug, diese nebenamtliche Tätigkeit auszuführen.

## Besucherzentrum im Umbau

Eine wichtige Etappe der Führungen ist die Besichtigung des Besucherzentrums psi forum. Zu sei-

nem 10-jährigen Bestehen erhält das Zentrum neue Exponate und ein modernes Erscheinungsbild. Der im Dezember 2007 begonnene Umbau dauerte knapp zwei Monate. Vier Zylinderelemente mit jeweils einer Leitfrage werden die Ausstellung gliedern:

- Wie stillen wir den Energiehunger einer wachsenden Erdbevölkerung?
- Welche Therapien und Medikamente stehen einer immer älter werdenden Bevölkerung zur Verfügung?
- Welchen Beitrag leistet die Grundlagenforschung zur Lösung der Zukunftsprobleme?
- Welche Materialien werden wir in Zukunft nutzen?

## Interaktive Exponate

Anhand interaktiver Exponate wird gezeigt, welche Beiträge die Forschung am PSI zur Lösung dieser aktuellen globalen Probleme leistet.



Rollentausch: PSI-Besuchsführer zu Gast im Hotlabor.

Besucherzentrum

[www.psiforum.ch](http://www.psiforum.ch)



Laborleiter Rafael Abela (links unten am Modell) «verkauft» der Journalistenschar die SLS.

## Medien

www.psi.ch

# Wer sät, der erntet

**Drei Gruppen von Journalisten aus aller Welt besichtigten im Sommer 2007 das PSI. Die Ernte im folgenden Herbst war reich: Das PSI erlebte eine breite Medienpräsenz von Spanien bis Korea.**

«El Sol dentro del laboratorio – die Sonne im Labor» titelte das spanische Fachmagazin «Energias renovables» in seiner September-Ausgabe und widmete sich ausführlich der solarchemischen Forschung am PSI. Zwar scheine in Spanien die Sonne öfter und viel stärker, doch die Schweiz verfüge über die Technologie, die Strahlkraft des Gestirns zu simulieren – so der Tenor des Journalisten. Luis Merino weiss, worüber er schreibt. Er war einer von 30 Medienschaffenden aus aller Welt, die das PSI Anfang Juli besuchten und über die breite Palette der hiesigen Energieforschung

informiert wurden. Attraktiven Anschauungsunterricht erlebten die Teilnehmer der Medientour «Sustainable Energy», organisiert von der Stiftung Greater Zurich Area, nicht nur am imposanten Solarofen, sondern auch bei der Brennstoffzellen-Entwicklung und in der SLS.

### SLS als Besuchermagnet

Bereits zehn Tage vorher war eine andere Journalistengruppe am PSI zu Gast. Die SLS gehört bei diesen Besuchen jeweils zu den stärksten Anziehungspunkten. 40 Journalisten aus 14 europäischen Ländern staunten über Architektur und Einsatzmöglichkeiten der Grossforschungsanlage. Sie machten im Rahmen einer Studienreise über Nanowissenschaften Station beim PSI und waren speziell interessiert an der neuartigen Phasenkontrast-Methode.

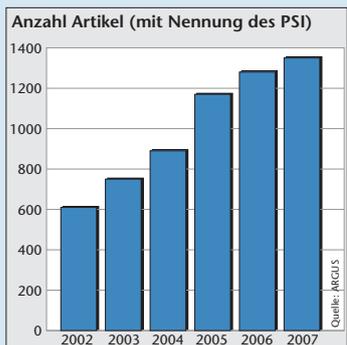
Ein dritter Tross von Medienleuten, diesmal aus Deutschland, zeigte sich ebenfalls verblüfft über das vielfältige Forschungsportfolio des PSI, als er Ende Juni – im Vorfeld der 1. Augustfeier in Berlin – den Aargau bereiste. Die 20 Pressevertreter aus verschiedensten Wirtschaftsredaktionen wollten einen Eindruck jenes Kantons gewinnen, der am Schweizer Nationalfeiertag als Gast an der Spree auftrat.

### Koreanisches Zeichenrätsel

Die Konzentration von Mediengästen am PSI zum Sommeranfang brachte eine ansehnliche Ernte ein. Das PSI und seine Forschung tauchten in vielen ausländischen Zeitungen, Fachblättern und auf dem Internet auf – wenn auch nicht immer leicht entzifferbar. So liess sich ein Beitrag in einem koreanischen Magazin nur als Bericht aus Villigen identifizieren, weil das Foto den unverkennbaren Solarkonzentrator hinter dem Auditorium-West zeigte.



Auffällig: Immer mehr asiatische Medienleute besuchen Europa.



Präsenz des PSI in den Schweizer Publikumsprintmedien.



«Kontrollraum» eines Kunstprojekts: Rechts im Bild die von Roman Keller entwickelte Solarrakete.

## Zehn, neun, acht...

**Am 3. Oktober 2007 hat am PSI die erste solarbetriebene Rakete abgehoben – wenn auch nur mit einer Flughöhe von zehn Metern. Für PSI-Gastkünstler Roman Keller ging dennoch ein Jugendtraum in Erfüllung.**

Die Idee ist simpel: Im Brennpunkt eines Parabolspiegels wird ein Wasserbehälter installiert, der an der Unterseite eine Lavaldüse aufweist. Aus Sicherheitsgründen soll die Düse aus der Ferne geöffnet werden können. Hinzu kommen Seitenflossen zur aerodynamischen Stabilisierung, eine Nase, ein Fallschirm und eine Elektronik zum Auslösen des Landevorgangs. Fertig ist die Solarrakete.

In der Praxis war die Entwicklung einiges komplizierter: Ein erster Flugversuch war zwar erfolgreich, brachte es aber lediglich auf zehn Meter Höhe. Noch steht nicht fest, ob und wann das zweite weiterentwickelte Modell abheben wird. Nach neuesten Berechnungen würde es diesmal zwischen 400 und 600 Meter emporsteigen.

Initiant der Solarrakete ist Roman Keller. Er war während neun Monaten Gastkünstler am PSI (siehe Box). Mit seinem Raketenprojekt verbindet der

studierte Umweltnaturwissenschaftler die Hoffnung, die Forschenden mit ihren eigenen Methoden und Fähigkeiten für einen Jugendtraum zu gewinnen. Seine Arbeit erinnert an den Pioniergeist der Wissenschaften, unterstreicht die Emotionalität von Entdeckungen und will Wissenschaft in ihrem historischen, gesellschaftlichen und symbolischen Zusammenhang thematisieren.



Weltpremiere: Start der Solarrakete zum vorläufigen Höhenrekord von zehn Metern.

### Künstler am PSI

[www.romankeller.info](http://www.romankeller.info)

#### Austausch erwünscht

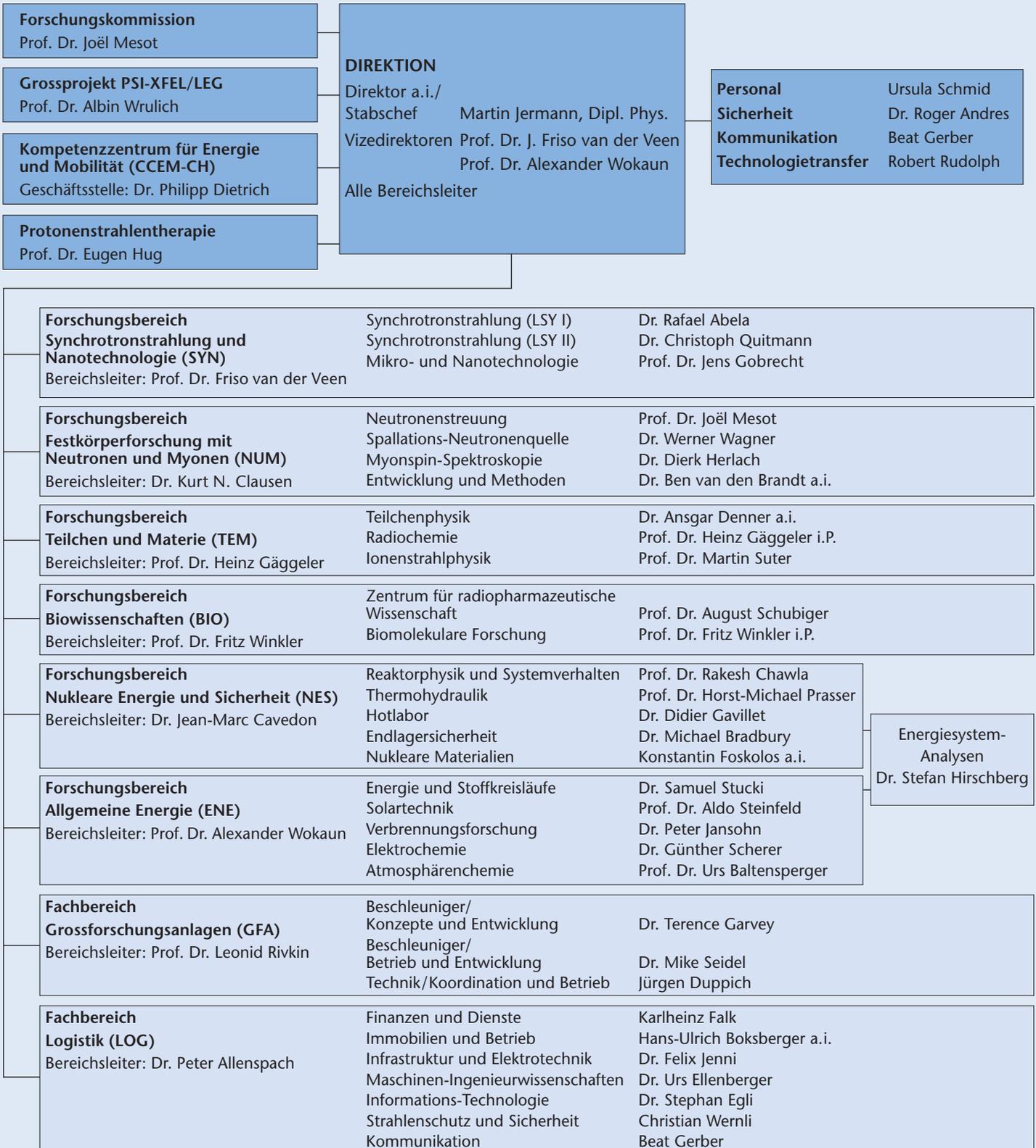
Von März bis November 2007 war Roman Keller Gastkünstler am PSI. Mit einer künstlerischen Installation wollte er zeigen, wie die Energieforschung über die rein technischen Aspekte hinaus Zukunftsbilder und Hoffnungsskulpturen abgibt. Roman Keller arbeitet im Rahmen des Programms «Artists in Labs» AIL der Zürcher Hochschule der Künste ZHdK. AIL wird finanziert vom Bundesamt für Kultur und soll die Zusammenarbeit zwischen Künstlern und Wissenschaftlern fördern. Von dieser Auseinandersetzung zwischen kultu-

rell völlig unterschiedlichen Sphären verspricht man sich eine gegenseitige Bereicherung.

Roman Keller wurde 1969 in Liestal geboren. Nach einem Studium der Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich bildete er sich in Zürich, Karlsruhe und den USA zum Fotografen aus. Seither arbeitet er in der Stadt Zürich als bildender Künstler. Zu seinen Lieblingsthemen zählt die Energie, zu der er zahlreiche Installationen, Inszenierungen und Dokumentationen geschaffen hat (siehe [www.romankeller.info](http://www.romankeller.info)).

# Organigramm PSI

Stand 1. Januar 2008



# Kommission & Komitees

Stand Ende 2007

## 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. W. Baumeister	Max-Planck-Institut für Biochemie, Martinsried b. München, DE
Prof. Dr. F. Carré	CEA, Gif-sur-Yvette, FR
Prof. Dr. H.H. Coenen	Institut für Nuklearchemie, Forschungszentrum Jülich, DE
Prof. Dr. R.W. Falcone	ALS, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, US
Prof. Dr. Ø. Fischer	Département de Physique de la Matière Condensée, Université de Genève, CH
Prof. Dr. R. Klanner	Institut für Experimentalphysik, Universität Hamburg, DE
Prof. Dr. Erkki Leppävuori	VTT Technical Research Centre of Finland, VTT, FI
Prof. Dr. T. Mason	Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, US
Prof. Dr. J. Rossbach	Institut für Experimentalphysik, Universität Hamburg, DE
Prof. Dr. Th. Sattelmayer	Lehrstuhl für Thermodynamik, TU München, Garching, DE

### Interne Mitglieder

Prof. Dr. J. Mesot, Präsident	Festkörperforschung mit Neutronen und Myonen (NUM)
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. Eichler	Teilchen und Materie (TEM)
Dr. P. Hasler, Sekretär	Biowissenschaften (BIO)
Dr. R. Horisberger	Teilchen und Materie (TEM)
Dr. I. Mantzaras	Allgemeine Energieforschung (ENE)
Dr. W. Pfingsten	Nukleare Energie und Sicherheit (NES)
Dr. N. Schlumpf	Teilchen und Materie (TEM)
Dr. U. Staub	Synchrotronstrahlung und Nanotechnologie (SYN)
Prof. Dr. Helena Van Swygenhoven	Festkörperforschung mit Neutronen und Myonen (NUM)
Dr. F. Vogel	Allgemeine Energieforschung (ENE)

### Ständiger Gast

Prof. Dr. N. Spencer	Departement Materialwissenschaft, ETH Zürich, CH
----------------------	--

## Forschungskomitees

### Synchrotronstrahlung SYN

#### Scientific Advisory Committee (SAC)

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

### **Festkörperforschung mit Neutronen und Myonen NUM Wissenschaftlicher Ausschuss SINQ**

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

### **Myonspin-Spektroskopie**

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

### **Teilchen und Materie TEM Teilchenphysik-Experimente**

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

### **Biowissenschaften BIO**

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

### **Nukleare Energie und Sicherheit NES**

Dr. Ch. McCombie, Präsident	Gipf-Oberfrick, CH
P. Hirt	Atel, Olten, CH
Prof. Dr. M. Giot	Université Catholique de Louvain, BE
Dr. P. Miazza	Kernkraftwerk Mühleberg, CH
Dr. U. Schmocker	HSK, Würenlingen, CH
Dr. J.B. Thomas	CEA-Saclay, Gif-sur-Yvette, FR
Prof. Dr. S. Virtanen	Universität Erlangen, DE
Dr. P. Zuidema	Nagra, Wettingen, CH

### **Allgemeine Energie ENE**

Prof. Dr. T. Peter, Präsident	ETH Zürich, CH
Dr. T. Kaiser	ALSTOM (Schweiz), Birr, CH
Prof. Dr. H. Müller-Steinhagen	DLR, Stuttgart, DE
Prof. Dr. Ph. Rudolf von Rohr	ETH Zürich, 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)