

PAUL SCHERRER INSTITUT



Fenster zur Forschung



Inhalt

5	Die Qualität der Mitarbeitenden zählt
6 / 7	In Kürze: Modell Förderungswürdig Fukushima Berufsweltmeister
8 / 9	Wolken in der Tonne
10 – 12	Die natürliche Neugierde wecken
13 – 15	Natrium in Bewegung
16 / 17	Forschen gegen die Nachtblindheit
18 / 19	Ingenieurskunst nach Mass
20 / 21	Die Grossforschungsanlagen des PSI
22 / 23	Das PSI ist ein Nutzerlabor
24 / 25	Die Forschungsschwerpunkte des PSI
26	Das PSI im Überblick
27	Impressum



Die Qualität der Mitarbeitenden zählt

Sehr geehrte Leserin
Sehr geehrter Leser

Bei Reisen nach Asien sind wir stets beeindruckt, wenn wir sehen, wie schnell sich manche Länder entwickeln. Täglich sind Veränderungen sichtbar: Neue Unternehmen entstehen, neue Hochschulen werden gegründet, Infrastrukturen ausgebaut – was für ein Kontrast zum scheinbar verkrusteten Europa. Wir fragen uns dann: Wie können wir – die westliche Gesellschaft im Allgemeinen und die Schweiz im Besonderen – in diesem Umfeld unsere Wettbewerbsfähigkeit erhalten? Die Antwort ist gleichzeitig einfach und kompliziert. Ein-

fach, weil sie sich kurz und bündig formulieren lässt: *Innovation durch Bildung*. Kompliziert hingegen ist die Umsetzung. Ich bin jedoch überzeugt, dass die Schweiz aufgrund ihrer Stärken für diese Herausforderungen gewappnet ist.

Auf eben diese Stärken baut auch das Paul Scherrer Institut: auf innovative, ehrgeizige Projekte an den Grenzen des heutigen Wissens, von denen einige in dieser Ausgabe des Fensters zur Forschung vorgestellt werden. Die Verwirklichung des SwissFEL ebnet den Weg für neue Technologien in der Schweiz und vielleicht in ganz Europa. Untersuchungen zur Atmosphärenchemie liefern hochwertige Daten,

von denen unsere Gesellschaft direkt und nachhaltig profitieren wird. Fortschritte im Bereich der Biologie schaffen die Grundlage dafür, dass unsere pharmazeutische Industrie ihre Spitzenposition verteidigen kann.

Bildung wird auch in Zukunft eine zentrale Rolle für eine erfolgreiche Innovationskette spielen. Deren Qualität ist für die Forschenden, die sich in unbekannte Gebiete vortasten, genauso wichtig wie für das technische Personal, das neue Konzepte umsetzt. Das PSI bietet deshalb Ausbildungsmöglichkeiten, die sich an höchsten Standards orientieren, sowohl für Doktorierende und Post-Doktorierende als auch für Berufslernende. Ein Beweis dafür sind die in den Schweizer Medien gewürdigten internationalen Auszeichnungen, die jüngst an Mitarbeitende des PSI gegangen sind.

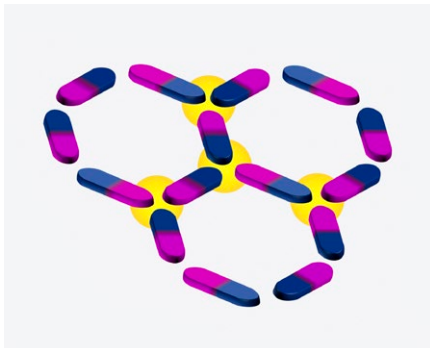
Das Hauptziel der Ausbildung am PSI besteht darin, künftige Generationen so auszustatten, dass sie in der Lage sind, die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Schweiz zu erhalten oder sogar noch zu erhöhen. Mit dem Schülerlabor iLab will das PSI Schülerinnen und Schüler sowie Eltern und Lehrpersonen für den Reiz einer naturwissenschaftlichen oder technischen Ausbildung sensibilisieren.

Denn die Qualität der Mitarbeitenden wird auch künftig über Erfolg und Misserfolg entscheiden.

Professor Dr. Joël Mesot
Direktor Paul Scherrer Institut

Modell

In der Welt der Atome und Moleküle ist alles in Bewegung – und wenn man die Eigenschaften der Dinge verstehen will, muss man oftmals untersuchen, wie sich die winzigen Bausteine in ihrem Inneren bewegen. Forschende des PSI haben nun gezeigt, wie man wichtige Prozesse in Materialien anhand eines vergrösserten Modells untersuchen kann. Dazu haben sie kleine Stabmagnete hergestellt, die Bruchteile eines Tausendstels eines Millimeters gross sind. Das ist klein, aber doch viel grösser als einzelne Atome und gross genug, dass man die einzelnen Magnete mit dem Magnetmikroskop an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS beobachten kann. Die Magnete selbst sind unbeweglich, aber Nord- und Südpol jedes Magneten können spontan ihre Plätze tauschen. Mini-Magnete herzustellen, bei denen das tatsächlich



An Sechsecken aus nanometergrossen Magneten kann man Fluktuationen untersuchen, wie sie in verschiedenen Materialien vorkommen.

funktioniert, war eine der grossen Herausforderungen des Projekts. Die Forschenden haben ihre Magnete in Sechseck-Strukturen angeordnet – zum Beispiel als zwei Sechsecke mit einem Magneten als gemeinsame Seite. Im Experiment haben sie beobachtet, wie sich die Magnete mit der Zeit verändern. Denn zum einen gibt es bevorzugte Ordnungen, bei denen an möglichst vielen Stellen Nord- und Südpol benachbarter Magnete zusammentreffen. Zum anderen klappen die Magnete spontan um, sodass das System nicht auf Dauer in einem Zustand verharrt. Diese Veränderungen helfen, Fluktuationen zu verstehen, wie sie in verschiedenen Materialien vorkommen.

Förderungs-würdig

Wird in einer Autofabrik eine Motorhaube gepresst, wird das Blech gleichzeitig in zwei verschiedenen Richtungen gedehnt. Was dabei genau im Metall geschieht, ist bis heute nicht klar. Dieser Frage nimmt sich nun Helena Van Swygenhoven, Forscherin am PSI und Professorin an der ETH Lausanne EPFL, in ihrem neuen Projekt MULTIAX an. «Wir wollen – getrennt auf verschiedenen Grössenskalen – untersuchen, was in dem Material geschieht: von der atomaren Struktur bis zur Mikrostruktur. Nur so bekommen wir ein vollständiges Bild», so die



Das neue Projekt der PSI-Forscherin und EPFL-Professorin Helena Van Swygenhoven wird durch ein ERC Advanced Grant gefördert.

Forscherin. Für ihr Vorhaben erhält sie einen «ERC Advanced Grant» – eine mit 2,5 Millionen Euro ausgestattete Förderung des Europäischen Forschungsrats. Mit den Fördermitteln werden sieben Personen eingestellt. Bei dem Projekt werden die untersuchten Proben mit Neutronen oder Synchrotronlicht aus den Grossanlagen des PSI durchleuchtet, während sie gleichzeitig gedehnt werden, sodass man die Vorgänge gewissermassen live beobachten kann. «Eine besondere Herausforderung wird sein, ein winziges Gerät zu bauen, mit dem man sehr kleine Proben gezielt in zwei Richtungen dehnen kann», betont Van Swygenhoven. Mit den Ergebnissen werden Computerprogramme optimiert, die das Verhalten neuer metallischer Werkstoffe voraussagen können. Die für die Untersuchungen entwickelten Geräte werden später auch anderen Forschenden für ihre Experimente zur Verfügung stehen.

Fukushima

Forscher des Paul Scherrer Instituts beteiligen sich derzeit an einem internationalen Projekt der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung OECD. Ziel ist, die spezifische Ereigniskette des schweren Nuklearunfalls von Fukushima im März 2011 besser zu verstehen. Das PSI arbeitet dabei mit Fachleuten aus Frankreich, Deutschland, Japan, Korea, Russland, Spanien, der Schweiz und den USA zusammen. Bei dem Projekt namens BSAF (Benchmark Study of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station) geht es im Wesentlichen darum, mithilfe der besten heute verfügbaren Computerprogramme die Abfolge der Ereignisse im havarierten Werk nachzuberechnen. Auf Basis dieser Berechnungen wollen die Wissenschaftler den Endzustand der betroffenen Reaktorkerne nach den Notfallmass-



Die PSI-Forschenden Terttaliisa Lind, Leticia Fernandez Moguel und Jonathan Birchley tragen zur Rekonstruktion des Nuklearunfalls von Fukushima bei.

nahmen der ersten sechs Tage abschätzen. Dies soll dem Betreiber des havarierten Werkes, der Tokyo Electricity Company TEPCO, helfen, die Dekontaminierungsarbeiten der Reaktorschutzhülle vorzubereiten.

Die Projektteilnehmer führen ihre Simulationen getrennt und unabhängig voneinander durch. Erst gegen Projektende werden die Ergebnisse der einzelnen Teams miteinander verglichen. Diese Arbeitsweise zielt darauf ab, Übereinstimmungen und Abweichungen auszumachen, und so die Glaubwürdigkeit der Ergebnisse zu stärken.

Berufsweltmeister

Silvan Melchior, Elektronik-Lernender am PSI, hat bei der Weltmeisterschaft der Berufslernenden in Leipzig die Goldmedaille in seinem Fachgebiet gewonnen. Insgesamt traten bei den Elektronikern 16 Lernende aus 16 Ländern an. Mit neun Gold-, drei Silber-, fünf Bronzemedailles sowie 18 Diplomen belegte das Schweizer Team den zweiten Gesamtplatz hinter Korea.

Der erste Platz bei den Berufsweltmeisterschaften ist der Lohn für eine intensive Vorbereitungszeit. Diese begann rund ein Jahr zuvor in den SBB-Werkstätten in Bellinzona, wo sich Silvan Melchior im Wettkampf den Titel des Schweizermeisters bei den Elektronikern holte. Danach gewann er



Freut sich über die Goldmedaille: Silvan Melchior, Berufsweltmeister der Elektroniker.

die nationalen Skills, bei denen die Medailhengewinner der Schweizermeisterschaften anlässlich der Berner Ausbildungsmesse nochmals gegeneinander antraten und ihre Leistungen bestätigen mussten. Damit holte er sich das Ticket für Leipzig.

Von nun an wurde unter der Ägide von Swissem intensiv trainiert. Die Qualifizierten wurden – vergleichbar mit Trainingslagern bei Profisportlern – regelmässig zusammengezogen und in den verschiedensten Bereichen auf den Wettkampf in Leipzig vorbereitet.

Silvan Melchior nimmt von den Berufsweltmeisterschaften in Leipzig nicht nur die Goldmedaille mit, sondern auch ein grosses Stück Lebenserfahrung.

Das PSI bildet in 14 Lehrberufen aus. Die Absolventinnen und Absolventen gehören oft zu den Besten ihres Jahrgangs.

CLOUD-Klimakammer

Wolken in der Tonne

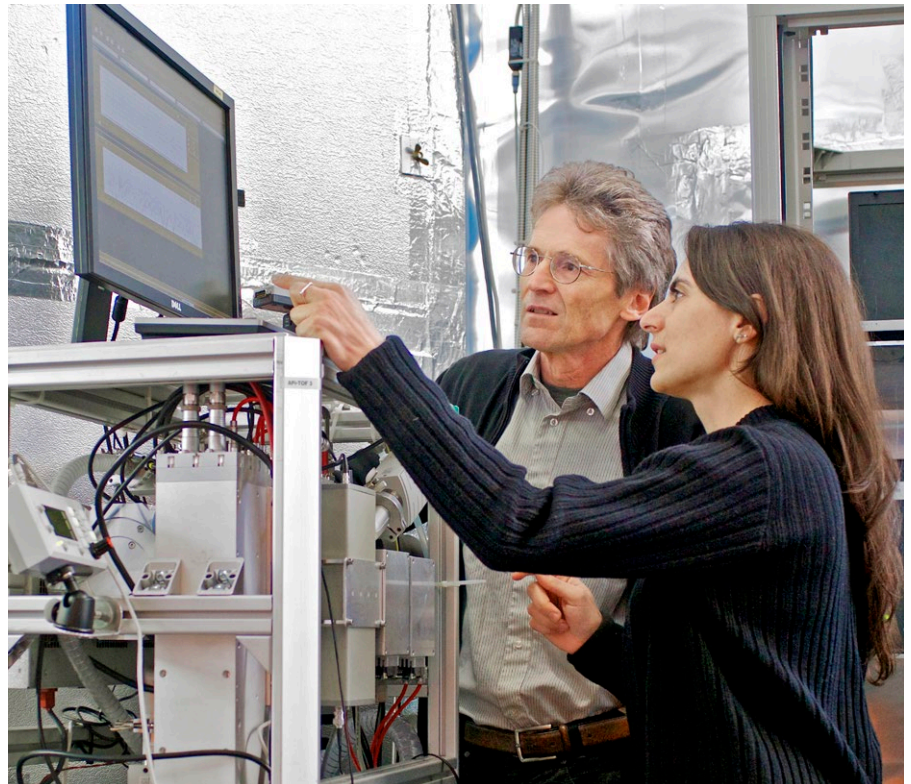
Der sauberste Ort der Schweiz ist eine vier Meter hohe, silbrige Tonne namens CLOUD. Sie soll helfen, einige der Rätsel zu lösen, vor denen Klimaforscher noch immer stehen. So weiss man noch erstaunlich wenig darüber, wie sich Wolken bilden. Dass sie aus Wasserdampf entstehen, weiss jedes Kind.

Der Wasserdampf aber braucht Hilfsmittel, sogenannte Kondensationskeime, um überhaupt zu den Tröpfchen kondensieren zu können, aus denen Wolken bestehen. Er lagert sich daran an wie eine Perle um ein Sandkorn.

Solche Kondensationskeime können in der Atmosphäre schwebende Aerosolteilchen wie Meersalz oder Sandpartikel sein. Die Hälfte aller Wolkentröpfchen aber bildet sich an sekundären, also auf chemischem Weg entstandenen Aerosolteilchen. Noch ist in weiten Teilen nicht verstanden, wie sich diese bilden. Die theoretischen Modelle wollen oft noch nicht so recht zu dem passen, was in der Atmosphäre tatsächlich gemessen wird.

Puzzleteile zusammenfügen

Urs Baltensperger ist Leiter des Labors für Atmosphärenchemie am Paul Scherrer Institut und Mitglied der wissenschaftlichen



Laborleiter Urs Baltensperger und Doktorandin Carla Frege diskutieren ein Experiment an der CLOUD-Kammer.

Leitung von CLOUD. Er sagt: «Das Ganze ist ein gigantisches Puzzlespiel mit unendlich vielen Einflussfaktoren, über die man noch sehr wenig weiss.»

Um diese Puzzleteile Stück für Stück zu einem Ganzen zu fügen, gibt man in die saubere Luft von CLOUD genau dosiert verschiedene Stoffe in winzigen Mengen,

so wie sie in der Atmosphäre natürlicherweise vorhanden sind. So züchten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den «Nährboden» für Wolken.

Sie beobachten, wie sich in chemischen Reaktionen die Aerosole bilden und wie viele der entstehenden winzigen Teilchen wie schnell gross genug werden, um als Kondensationskeime dienen zu können.

Ausreichend feine Messmethoden für die minimalen Stoffmengen mussten Baltenspergers Mitarbeitende erst einmal entwickeln, denn solch empfindliche Messungen hatte bisher noch niemand gemacht. Um zu absolut unverfälschten Resultaten zu kommen, brauchen sie die extrem reine Luft in CLOUD. In allen anderen Klimakammern weltweit hatten stets winzige Verunreinigungen die Messergebnisse verfälscht und so zu falschen Resultaten geführt.

CLOUD erlaubt den Forschern zudem, Bedingungen, wie sie in der Atmosphäre herrschen, präzise nachzubilden. Sie können etwa die Temperatur, die in einer bestimmten Höhe der Atmosphäre vorherrscht, einstellen oder auch die dort vorhandene Feuchtigkeitsmenge nachbilden.

Zudem können sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für ihre Experimente etwas von einem hoch energetischen Teilchenstrahl des Cern abzweigen und damit auf Knopfdruck eine erhöhte kosmische Strahlung simulieren. Diese Strahlung, die wir im Alltag nicht einmal bemerken, besteht aus extrem schnellen Teilchen aus dem All, die ohne Pause auf die Erde prasseln. Manche Forscher vermuten, dass auch sie zur Bildung von Aerosolen beiträgt – an

CLOUD kann man diese Theorie nun überprüfen. Eine abschliessende Beurteilung steht aber auch hier noch aus.

Kuh und Klima?

Erste Ergebnisse liegen nun vor. Es zeigte sich, dass die Menge der sich bildenden Aerosole sofort enorm nach oben schnell, wenn die Konzentration gewisser Spurenstoffe nur ein wenig zunimmt. Bisher war man von einem viel geringeren Anstieg ausgegangen. Eine wichtige Stoffgruppe für die Aerosolbildung sind die Amine. Amine werden in der Viehhaltung freigesetzt, entstehen aber auch, wenn Holz verrottet oder sie entweichen aus den Ozeanen. Man weiss, dass sie gern mit Schwefelsäure-Molekülen Bindungen eingehen, aus denen Aerosole entstehen.

Gerade in tiefen Konzentrationen bilden sich daraus gemäss den Messungen deutlich mehr Aerosole als erwartet. Baltensperger liefert dafür eine einleuchtende Erklärung: «Der Anstieg bei höheren Konzentrationen ist weniger stark, weil in der Atmosphäre häufig zu wenig Schwefelsäure-Moleküle vorhanden sind, an die sich die Amine binden könnten.»

Je mehr man über die Aerosolbildung weiss, desto exakter können die Klimamodelle werden. Baltensperger betont: «Bisher haben wir nur wenige Spurenstoffe in wenigen Temperaturbereichen angesehen. Es liegt noch ein weiter Weg vor uns.»

Originalveröffentlichung:
Molecular understanding of sulphuric acid – amine particle nucleation in the atmosphere
 Almeida et al. (CLOUD collaboration)
Nature 502, 359–363 (2013)

CLOUD

«CLOUD» steht für Cosmics Leaving Outdoor Droplets. Die CLOUD-Klimakammer steht am Cern in Genf und entstand massgeblich unter der Mithilfe des Paul Scherrer Instituts, das für den Bau ein Jahr lang einen Ingenieur zur Verfügung stellte. Dort wollen Forschende den vielen noch unbekanntem Effekten bei der Bildung von Wolken auf die Spur kommen und herausfinden, wie gross der Einfluss des Menschen auf das Klima ist und wie gross derjenige natürlicher Phänomene.

In dem 26 Kubikmeter Luft fassenden Edelstahltank können Wissenschaftler die Bedingungen in verschiedenen Regionen der Atmosphäre exakt herstellen. Forscherinnen und Forscher können dort erstmals auch den Einfluss extrem niedriger Konzentrationen chemischer Stoffe bei der Bildung von Feinstaubpartikeln oder von Wolkentröpfchen messen.

Dass die Kammer am Teilchenforschungszentrum Cern steht, liegt daran, dass man auch den Einfluss der kosmischen Strahlung auf die Wolkentröpfchenbildung untersuchen will. Und dazu muss man einen energiereichen Teilchenstrahl in die Kammer schicken können, der die Rolle der kosmischen Strahlung spielt. Den hat man am Cern zur Verfügung. Auch Ultraviolettstrahlung können die Wissenschaftler bei Bedarf zuschalten.

Da es aufwendig ist, eine solche Kammer zu bauen und zu betreiben, haben sich dazu Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von 18 Instituten aus 9 Ländern zusammengeschlossen.



Interview mit Beat Henrich

Die natürliche Neugierde wecken

Herr Henrich, wie haben Sie Ihr Interesse für die Physik entdeckt?

Ich hatte als Kind furchtbare Angst im Dunkeln. Meine Mutter hat mir deshalb erklärt, woher die Geräusche kommen, die mir Angst machen, etwa das Knacken im Schrank: Das Holz bewegt sich, je nach Temperatur, wegen der darin enthaltenen Feuchtigkeit – und knackt. Ab diesem Zeitpunkt habe ich immer versucht, mir die Dinge zu erklären, indem ich sie erforschte. Dieser Forscherinstinkt hat mich zur Physik gebracht.

Sie haben also kein Schülerlabor besucht und sind trotzdem Physiker geworden.

Wozu braucht es dann ein iLab?

Mir fällt auf, dass die Menschen heute fast zu viele Informationen zur Verfügung haben. Wir wissen, dass wir jederzeit alles googeln können. Da wir die Informationen theoretisch bereits haben, verlieren wir den Drang, etwas zu verstehen. Im Schülerlabor wollen wir diese natürliche Neugierde wieder wecken.

Wie bringen Sie abstrakte Dinge wie Schallwellen, Vakuum oder Licht ins Schulzimmer?

Entscheidend ist, dass wir nicht mit der Formel beginnen, sondern mit einem Beispiel aus dem Alltag. Die Kinder sollen Physik über die logischen Zusammenhänge verstehen lernen. In unserem Labor zum Thema Licht etwa starten wir beim Laubblatt. Wieso erscheint ein Blatt grün? Um das herauszufinden, messen wir, welche Lichtanteile ein Blatt abstrahlt. Es sind jene im grünen Farbbereich, und zwar deshalb, weil das Blatt die anderen im Sonnenlicht enthaltenen Farben wie rot oder blau absorbiert.

Was ist Ihnen bei der Arbeit mit einer Schulklasse wichtig?

Wir wollen keine Schulsituation aufkommen lassen. Deshalb sind schon die Räume anders eingerichtet. Die Kinder arbeiten in Zweiergruppen, damit sie eigene Ideen entwickeln und Erklärungen suchen können. Wie in der Wissenschaft entstehen dabei manchmal auch falsche Annahmen, zum Beispiel, dass das Blatt grün ist, weil seine grünen Pigmente den grünen Anteil des Sonnenlichts absorbieren. Die Kinder können dies später im Experiment jedoch widerlegen. Solche Parallelen zur Forschungswelt zu zeigen, ist mir wichtig, denn ich

möchte im Schülerlabor auch die Berührungängste mit der Wissenschaft abbauen.

Woran messen Sie den Erfolg?

Die Schüler und Schülerinnen füllen am Ende des Tages einen Feedbackbogen aus. In den Rückmeldungen übertreffen wir die Resultate der Pisa-Studie bisher deutlich. Über 75 Prozent der Kinder, ob Mädchen oder Junge, gaben nach einem Tag bei uns an, Physik spannend zu finden. In der OECD-Studie sind es normalerweise knapp 50 Prozent.

Ganz direkt erfahre ich aber den Erfolg, wenn ich einen ehemaligen Schüler vom iLab als Lernenden am PSI wieder antreffe. Das ist mir tatsächlich schon passiert. Nun warte ich noch auf den ersten Forscher (lacht).

Sie haben am Jubiläumsevent «5 Jahre iLab» dazu aufgerufen, das iLab zu kopieren. Wieso?

Für das PSI ist das iLab eine Nachwuchsschmiede. Wünschenswert wäre ein Schülerlabor pro Kanton. Dann hätten alle Schüler in der Schweiz ein solches Angebot in erreichbarer Nähe. Und auch die Themenvielfalt nähme zu. Dadurch, so hoffen



Schülerinnen der Kantonsschule Musegg Luzern, berechnen aus Messergebnissen die Schallgeschwindigkeit.

wir, würden die Schulen öfters solche Lernorte besuchen. So könnten wir insgesamt mehr Kinder für Fächer wie Mathematik, Naturwissenschaften und Technik begeistern.

Wieso, glauben Sie, ist die Idee des Schülerlabors in der Schweiz noch nicht so populär wie in Deutschland?

Unser Nachbar war ein Pionier in dieser Art Nachwuchsförderung. Deshalb hat Deutschland auch einen Vorsprung: Dort gibt es bereits 300 solcher Schülerlabore, bei uns lassen sie sich an einer Hand abzählen. Das liegt aber auch daran, dass in Deutschland Grosskonzerne wie etwa Bayer oder Siemens früh gemerkt haben, dass sie Nachwuchsprobleme kriegen. Darauf haben sie selber die Initiative ergriffen. In der Schweiz scheint es für solche Strukturen sowohl in öffentlichen Forschungsinstitutionen als auch in der forschenden Industrie an Geld und Zeit zu mangeln.

Hatten Sie schon Anfragen von Institutionen, die das iLab kopieren wollen?

Kopieren nicht direkt, aber ja, im September hat uns der Leiter des zukünftigen Schullabors der Roche besucht, da die Berufsausbildungsabteilung der Roche eine ähnliche Struktur in ihrem neu entstehenden Ausbildungsgebäude in Kaiseraugst aufbauen möchte. Wir geben unser Know-how gerne weiter, von Informationen zum Management eines Schülerlabors bis zu den Unterlagen und Geräteinformationen zu den einzelnen Themen.

Sind Sie nun mehr Lehrer oder mehr Physiker?

Das kann ich so nicht sagen. Ich bin begeisterter Physiker. Deshalb war die Entscheidung, das Amt als Schulleiter zu übernehmen und als Forscher zurückzutreten, schwierig. Aber ich bin heute sehr zufrieden damit. Denn die leuchtenden Augen der Kinder, ihr Interesse und die nicht enden wollen-

den Fragen geben mir in etwa dasselbe Gefühl, wie die Anerkennung von Fachkollegen in der Wissenschaft. Und schliesslich kann ich den Schülerinnen und Schülern nur durch meine bisherige Arbeit als Physiker am PSI diesen Einblick in die Forschungswelt geben. Mein Traum als Physiker und Schulleiter ist es darum, einen Detektor für ultraschnell ablaufende Prozesse, einen sogenannten Pixel-detektor, im Schülerlabor zu betreiben. Das Anschauungsmaterial ginge dann von der normalen Kamera bis zur am SwissFEL verwendeten Technologie der Hochgeschwindigkeitsdetektoren, mit der wir – einfach gesagt – fotografieren können, wie Moleküle eine Verbindung eingehen.

Über das iLab

Das Schülerlabor am PSI wurde im Jahr 2008 eröffnet. Die Kinder und Jugendlichen sollen hier mit praktischen Experimenten Neugierde für naturwissenschaftliche Themen, wie etwa die Eigenschaften des Lichts, entwickeln. Die Besichtigung von Forschungsanlagen am PSI erlaubt es zudem, ihnen zu zeigen, wozu dieses Wissen dient und in welchen Berufen man sich damit befasst.

Beat Henrich ist in Basel aufgewachsen und hat an der Uni Basel Physik studiert. Danach hat er am PSI doktriert und sich mit den Detektiermethoden von geladenen Teilchen und Röntgenstrahlung beschäftigt. Durch den Umgang mit den eigenen Kindern hat er seine Begeisterung für das Unterrichten entdeckt. Nach einer pädagogischen Grundausbildung hat er deshalb seit der Eröffnung des PSI-Schülerlabors als Lehrer mitgearbeitet. Seit Ende 2012 leitet er das iLab.

Auf dem Weg zu den Batterien von übermorgen

Natrium in Bewegung

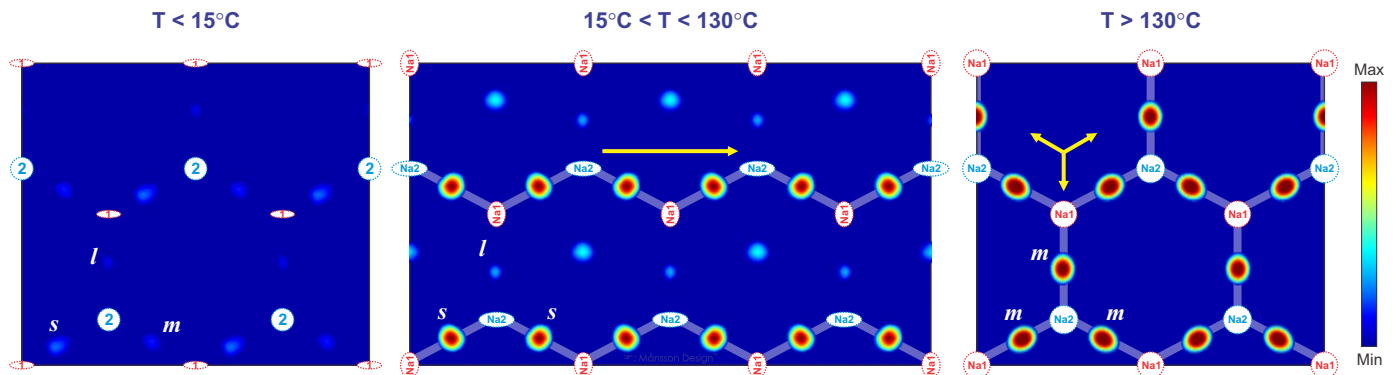
Lithium ist einer der Stoffe, die die moderne Welt in Betrieb halten. Ob man mit einem Handy telefoniert, Nachrichten auf dem Tablet-Computer liest oder mit einem Elektroauto unterwegs ist, die Energie liefert mit ziemlicher Sicherheit eine Lithium-Ionen-Batterie – und das tut sie meist zuverlässig und platzsparend. Und es kommen immer mehr Anwendungen für Batterien hinzu. Etwa als Antwort auf die Frage «Wie liefert die Windkraftanlage Strom, wenn der Wind nicht weht?» Denn in Zukunft könnten Batterien direkt am Windrad überschüssige Energie speichern und sie später, wenn

der Wind nicht weht, an das Netz abgeben, sodass vom Windrad rund um die Uhr Strom kommt.

Dieser Trend zu immer mehr Batterien, die heute meist Lithium-Ionen-Batterien sind, hat aber auch eine Kehrseite: Lithium ist teuer und seine Gewinnung schadet der Umwelt. Doch vielleicht lässt sich Lithium auch ersetzen. Ein natürlicher Kandidat wäre Natrium, das ähnliche chemische Eigenschaften hat und auf der Erde in grossen Mengen und leicht zugänglich verfügbar ist – zum Beispiel im gelösten Salz (Natrium ist das Na im NaCl) in den Weltmeeren.

Jetzt für übermorgen forschen

Bis es tatsächlich Natrium-Ionen-Batterien zu kaufen gibt, wird es aber noch dauern. Sie könnten die «Batterien von übermorgen» sein. Doch damit es «übermorgen» tatsächlich solche Batterien gibt, muss man jetzt anfangen, in diese Richtung zu forschen – ein Unterfangen, an dem sich auch Forschende des PSI in einem gemeinsamen Forschungsprojekt mit der ETH Zürich und dem Toyota-Forschungslabor in Japan beteiligen. Dafür haben sie am PSI ein Material hergestellt und untersucht, wie es ähnlich in Lithium-Ionen-Batterien verwendet wird –



Neutronenexperimente zeigen, wie sich je nach Temperatur die Pfade (durchgezogene Linien) ändern, auf denen sich Natriumionen in dem Material $\text{Na}_{0,7}\text{CoO}_2$ bewegen. Unter 15°C ist keine Bewegung möglich, zwischen 15°C und 130°C bewegen sich die Ionen nur in einer Dimension, oberhalb von 130°C in alle Richtungen.



nur dass das Lithium durch Natrium ersetzt war. «Auch wenn man dieses Material so voraussichtlich nicht in Batterien einsetzen kann, können wir daran grundsätzlich verstehen, wie sich Natrium-Ionen in solchen Materialien bewegen», erklärt Marisa Medarde, Forscherin am PSI.

Warum das so wichtig ist, zeigt ein Blick in das Innere einer Batterie: In einer Lithium-Ionen-Batterie gibt es zwei Elektroden aus Materialien, in denen sich das Lithium sammeln kann. Die beiden Elektroden sind so getrennt, dass ein ganzes Lithium-Atom mit all seinen Elektronen nicht durch die «Trennwand» passt. Um von der einen Elektrode zur anderen zu kommen, gibt das Atom ein Elektron ab, sodass es zu einem Lithium-Ion wird. Das einzelne Elektron muss einen Umweg nehmen – meist über ein elektrisches Gerät, das durch elektrischen Strom angetrieben werden soll. Strom ist ja nichts anderes als ein Fluss von Elektronen. Am Ende treffen sich Ionen und Elektronen in der anderen Elektrode wieder. Lädt man die Batterie neu auf, läuft das alles in die Gegenrichtung. Damit die Batterie gut funktioniert, müssen sich also die Ionen gut in die Elektrodenmaterialien und aus ihnen hinaus bewegen können.

Das Material mit der chemischen Formel $\text{Na}_{0.7}\text{CoO}_2$, das die Forschenden untersucht haben, ist so aufgebaut, dass es den Ionen die nötige Bewegungsfreiheit bietet: Schichten aus Atomen von Kupfer (Co) und Sauerstoff (O) bilden ein Gerüst. Zwischen jeweils zwei der Schichten ist Platz für eine Schicht

aus Natrium-Ionen (Na). Diese haben dort bevorzugte Plätze, die in einem Dreiecksmuster verteilt sind, und ein Ion braucht immer etwas Energie, um von einem Platz zum nächsten zu kommen. Man kann es sich so vorstellen, als seien die Natrium-Ionen Murmeln, die in einer Ebene mit regelmässigen angeordneten Vertiefungen verteilt sind – etwa einem grossen Eierkarton. Damit eine Murmel aus einer Vertiefung in die nächste kommen kann, muss man ihr einen Schub geben. Wie stark der sein muss, hängt davon ab, wie hoch die Schwelle zwischen den Vertiefungen ist.

Billiger und umweltfreundlicher

Dem «Schubs», der die Murmel über die Schwelle hievt, entspricht in der Welt der Atome die Energie des Ions, die wiederum mit der Temperatur des Materials zusammenhängt. Neutronenexperimente, die die PSI-Forscher an der Neutronenquelle SINQ des PSI durchgeführt haben, haben nun gezeigt, dass sich die Ionen in dem untersuchten Material je nach Temperatur verschieden bewegen. Für Temperaturen über 130 Grad Celsius können sich die Ionen in alle Richtungen bewegen – ihre Energie reicht, um beliebig zwischen benachbarten Positionen zu hüpfen. «Eigentlich hätten wir erwartet, dass sich die Ionen unterhalb der 130 Grad gar nicht mehr bewegen können», erklärt Medarde. «Aber wunderbarerweise verändert sich beim Abkühlen die Struktur des Materials ein wenig. Die Natrium-Positionen rücken zum Teil etwas zu-

sammen, sodass die Energie jetzt immerhin noch für die Bewegung in eine Richtung reicht und die Ionen bei unerwartet tiefen Temperaturen in Bewegung bleiben. Erst bei 15 Grad Celsius müssen sie ganz auf ihren Plätzen verharren.»

«Diese Ergebnisse zeigen, dass man mit zum Teil kleinen Veränderungen in der Struktur des Materials, deutlich verändern kann, wie sich die Ionen darin bewegen», erklärt Martin Månsson, Batterie- und Materialwissenschaftler am PSI und an der ETH Lausanne EPFL. «Mit diesem Wissen können wir überlegen, wie man gezielt neue Materialien mit optimalem Ionentransport erzeugen könnte.»

Wenn es so weit ist, dass man Natrium-Ionen-Batterien im Laden finden kann, wird es gute Gründe geben, sich für diese zu entscheiden – sie werden billiger sein als Lithium-Ionen-Batterien, umweltfreundlicher und leichter zu recyceln. «Ganz ersetzen werden sie diese aber nicht können, denn es ist klar, dass sie grösser und schwerer sein werden», betont Månsson. «Für stationäre Anwendungen wie etwa an Windrädern ist das aber kein Problem.»

Originalveröffentlichung:
1D to 2D Na⁺ Ion Diffusion Inherently Linked to Structural Transitions in Na_{0.7}CoO₂
 M. Medarde, M. Mena, J. L. Gavilano, E. Pomjakushina, J. Sugiyama, K. Kamazawa, V. Yu. Pomjakushin, D. Sheptyakov, B. Batlogg, H. R. Ott, M. Månsson, and F. Juranyi
Phys. Rev. Lett. **110**, 266401 (2013)

Porträt Ankita Singhal

Forschen gegen die Nachtblindheit

«Es ist eine abenteuerreiche Reise. Kein Tag ist wie der andere», berichtet Ankita Singhal begeistert von ihrer Zeit am Paul Scherrer Institut. Die Strukturbiologin will helfen, die Erbkrankheit «Retinitis Pigmentosa» zu bekämpfen. Weltweit sind etwa drei Millionen Menschen von dieser Augenkrankung betroffen.

Noch gibt es keine Behandlung, die das Fortschreiten der Krankheit aufhält. Wie genau diese entsteht, wollen Singhal und ihre

Kolleginnen und Kollegen herausfinden. Mit dem Wissen können sie mit Partnern aus der Pharmaindustrie darangehen, ein Mittel zu erarbeiten, das den Erblindungsprozess verlangsamt.

«Es gefiel mir, dass mein Projekt helfen könnte, ein Medikament zu entwickeln», sagt Ankita Singhal, «und die Basler Pharmaindustrie ist so nah.» So fiel ihr die Entscheidung fürs PSI nicht schwer. Im Gegenteil, für diese Stelle hat sie zwei Jobangebote

aus den USA sausen lassen. «Hier hatte ich die Gelegenheit, meine Vorgesetzten vorher kennenzulernen. Ich wusste, mit wem ich arbeiten würde.»

Eingewöhnt hat sie sich schnell. In ihrer Gruppe gibt es 17 Nationalitäten. «Wir sind kulturell so verschieden, daher lernen wir viel voneinander.» Sie schätzt es auch, dass die Hierarchie hier weniger wichtig ist als in Indien. «Ich kann einfach so zu meinen Vorgesetzten gehen, um etwas zu besprechen. Und noch besser: Sie legen sogar Wert darauf, dass ich meine Ideen einbringe», freut sich die selbstbewusste Forscherin.

Logik und Struktur

Ihr Forschungsprojekt erfordert ein stark systematisches Vorgehen. Das gefällt ihr. Klassische Biologie wäre ihr zu sehr als eine Art «Herumstochern in Informationen» vorgekommen. «Ich brauche Logik und Struktur», betont sie. So wählte sie Strukturbiologie als Schnittstelle zwischen Biologie, Mathematik und Chemie.

Ihre Forschung am PSI widmet sich an eben dieser Schnittstelle dem Rhodopsin, einem Sehpigment in der Netzhaut. Es ist für das Hell-Dunkel-Sehen und das Sehen bei schlechten Lichtverhältnissen zustän-



Mit dem lichtempfindlichen Protein Rhodopsin kann man zum Teil nur im Dunkellabor arbeiten.

dig. Rhodopsin ist wie ein Schalter – trifft Licht darauf, schaltet es sozusagen auf «an» und nach kurzer Zeit wieder auf «aus», um für neues Licht bereit zu sein. Bei Retinitis Pigmentosa bleibt das Protein auf «an». Irgendwann wird die Sehzelle mit dem defekten Rhodopsin einfach abgeschaltet. Das führt anfangs zu Nachtblindheit, später zu völliger Erblindung.

Die PSI-Forscher wollen diesen Prozess besser verstehen. «Es ist uns bereits gelungen, drei Rhodopsin-Strukturen zu bestimmen. Damit können wir die Unterschiede im Sehpigment, die die Krankheit verursachen, identifizieren», erklärt Singhal. «Im Grunde machen wir hier eine Studie der Mechanik dieses Proteins.» Ist klar, wo es dabei «hakt», kann sich das Team an die Entwicklung eines Gegenmittels machen. Wegen der Lichtempfindlichkeit des Rhodopsins verbringt Ankita Singhal einen guten Teil ihrer Arbeitszeit im Dunkellabor. Wie die Dunkelkammer eines Fotografen ist diese nur mit Rotlicht erleuchtet.

Zur Person

Ankita Singhal (26) stammt aus Jaipur (Indien). Sie hat Biotechnologie, Chemie und Zoologie in Rajasthan studiert und ihren Master am Indian Institute of Technology in Rorkee abgelegt. Seit 2010 ist sie als Doktorandin am Labor für Biomolekulare Forschung am Paul Scherrer Institut tätig. Anfang 2014 wird sie ihren Doktor der Naturwissenschaften an der ETH Zürich abschliessen.



Ankita Singhal schätzt, dass ihre Aufgaben am PSI vielfältig und fordernd sind.

Anpacken, wo es Not tut

Neben der intensiven Arbeit nimmt sie alle Möglichkeiten wahr, die sich ihr bieten: Sie reist an Konferenzen und fotografiert für ihren Forschungsbereich. «Ich liebe die Fotografie, weil ich dabei Emotionen der Menschen einfangen kann. Bilder sagen etwas aus.»

Trotz ihrer zahlreichen Aktivitäten fürs PSI findet sie auch Zeit, für ASHA Zürich Geld für die Bildung von Kindern in Indien zu sammeln. «Einmal im Monat verkaufen wir indisches Essen. Wir organisieren auch Konzerte. Fürs Fundraising bin ich sogar bei zwei Marathons mitgelaufen – meine ersten. Ein tolles Erlebnis.» Kein Aufwand ist ihr zu hoch, weiss sie doch, dass zehn Franken pro Monat genügen, einem Kind einen

Monat lang Ausbildung, Essen und Unterkunft zu finanzieren.

Ankita Singhal ist jemand, der anpackt, wo es Not tut und sich engagiert. Privat und im Job. Dort aber wird sie ausnahmsweise ein Ziel nicht ganz erreichen: «Wir haben endlich genug Ergebnisse, um mit der Entwicklung eines Medikaments zu beginnen. Aber mein Vertrag hier neigt sich dem Ende zu und somit wird jemand anderes am PSI diese Forschung weiterführen.»

Originalveröffentlichung:

Insights into congenital stationary night blindness based on the structure of G90D rhodopsin

A. Singhal, M.K. Ostermaier, S.A. Vishnivetskij, V. Panneels, K.T. Homan, J.J. Tesmer, D. Veprintsev, X. Deupi, V.V. Gurevich, G.F. Schertler, J. Standfuss
EMBO Reports 14, 520–526 (2013)

Damit Elektronen nicht auf die schiefe Bahn geraten

Ingenieurskunst nach Mass

Kostengünstig und mit minimaler Fehlerate – die Ziele, die sich die PSI-Ingenieure der Sektion Leistungselektronik für die Entwicklung der Magnet-Speisegeräte für den SwissFEL gesteckt haben, sind ehrgeizig. Ab 2016 wird die neue Grossforschungsanlage des PSI Röntgenlicht von höchster Brillanz erzeugen. Dazu müssen Elektronen auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden. Rund 650 Magnet-Speisegeräte werden entlang des Beschleunigers jene Magnete mit Strom versorgen, die die Elektronen über mehrere hundert Meter exakt auf ihrer Bahn halten sollen. Eine digitale Steuereinheit, ein sogenannter «Controller», soll den Strom in den Magneten bis zu 600'000-mal pro Sekunde mit einer Genauigkeit von 0,001 % messen und bei unerwünschten Abweichungen dem Sollwert angleichen.

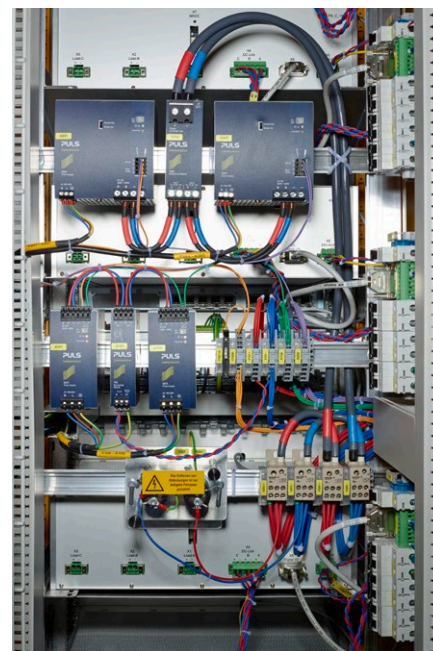
«Kaufen kann man solche Geräte nicht. Man könnte sie höchstens entwickeln lassen», stellt Sektionsleiter René Künzi angesichts der Anforderungen klar. Warum dann nicht gleich selbst machen? Für den SwissFEL bauen die Ingenieure dabei auf Erfahrungen auf, die sie bei Entwicklung und Betrieb der Geräte für die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS gesammelt haben.

Ihr damals entwickelter Controller ist eine Erfolgsgeschichte und in Labors weltweit unter PSI-Lizenz im Einsatz.

Für den SwissFEL haben die PSI-Ingenieure das System weiterentwickelt. Der schlanke SwissFEL-Strahl benötigt zu seiner Regulierung mehrheitlich schwächere Magnete und damit auch weniger leistungsstarke Speisegeräte, diese jedoch in grosserer Zahl. «Eine massive Kostenreduktion war angesichts der erforderlichen Stückzahl unabdingbar», betont Künzi. Diese konnten die Ingenieure nur über die Elektronik erreichen. Beim SwissFEL werden drei Speisegeräte über einen Controller gesteuert. Zudem ist die Steuerung nach dem Baukastenprinzip aufgebaut. «Das erlaubt, teure Präzisionskomponenten nur da einzusetzen, wo sie tatsächlich benötigt werden», so Künzi.

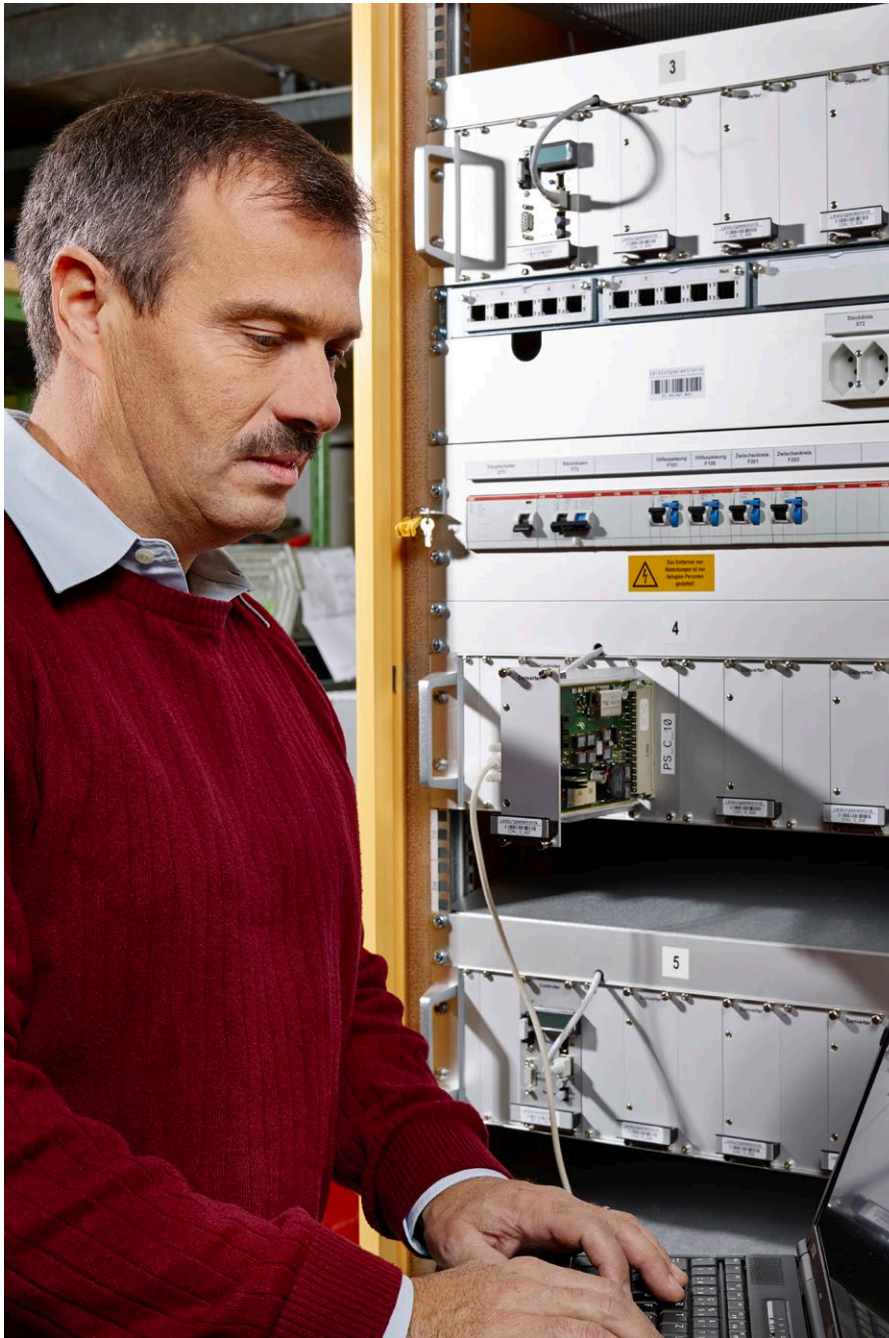
Herstellungskosten halbiert

So konnten die Ingenieure die Herstellungskosten nahezu halbieren. Doch ihr Ideenreichtum war keineswegs erschöpft. Denn nicht nur die Herstellung kostet, sondern auch die Fehleranfälligkeit im Betrieb. So fielen bei den SLS-Speisegeräten bestimmte Netzgeräte mit den Jahren vermehrt aus. Je-



Blick von hinten in einen Speisegeräte-Schrank. Die bis zu 21 Speisegeräte pro Schrank werden beim SwissFEL von zwei Netzgeräten (obere Reihe) versorgt. Fällt ein Netzgerät aus, übernimmt das verbleibende die volle Last. Dasselbe Prinzip wird auch für die Hilfsenergie-Versorgung (untere Reihe) angewendet.

des Speisegerät hatte ein eigenes Netzgerät. Beim SwissFEL werden bis zu 21 Speisegeräte in einem gemeinsamen Schrank



René Künzi, Leiter der Sektion Leistungselektronik, optimiert am Speisegeräte-Schrank das Regelverhalten. Die hohen Anforderungen an die Präzision der Geräte lassen nur wenig Spielraum für Abweichungen. Zwischen den Elektronik-Einschüben lenken Leitbleche die Luftzirkulation und machen störungsanfällige Lüfter überflüssig.

untergebracht und von einem einzigen Netzgerät versorgt. Ein zweites Gerät stellt sicher, dass bei einem Ausfall der Betrieb gewährleistet bleibt.

Als weitere Schwachstelle erwies sich die Kühlung. Künzi: «Wir bemerkten nach etwa fünf Jahren einen verstärkten Ausfall der Lüfter, die zur Kühlung der Geräte eingesetzt wurden.» Bei den weniger leistungsintensiven SwissFEL-Speisegeräten kommt man nun ohne Lüfter aus. Bei der Elektronik wurde auf Energieeffizienz geachtet und damit die Abwärme reduziert. Ferner ist der Schrank mit Luftleitblechen ausgestattet. Diese sind so konstruiert, dass im Schrank von selbst ein Luftzug entsteht, der die Abwärme abtransportiert.

Die Speisegeräte, inklusive Schrank, sind fertig entwickelt und befinden sich in der Serienproduktion. An den wenigen, für den SwissFEL ebenfalls benötigten leistungsstärkeren Speisegeräten tüfteln die Ingenieure noch. Ohne forcierte Kühlung wird es hier nicht gehen. Sie soll jedoch so ausgeführt werden, dass ein einzelner kaputter Lüfter nicht zu einem Speisegeräte-Ausfall führt. «Das wird auch bei diesen Speisegeräten die Ausfallsrate reduzieren», ist René Künzi überzeugt.



Die Grossforschungsanlagen des PSI

Der Blick auf die ganz kleinen Objekte benötigt besonders grosse Geräte, denn nur sie können die «Sonden» erzeugen, die notwendig sind, um Materie so zu durchleuchten, dass man die gesuchten Informationen gewinnt. Das Paul Scherrer Institut hat von der Schweizerischen Eidgenossenschaft den Auftrag erhalten, mehrere solche Anlagen zu unterhalten. Diese stellt das PSI den Wissenschaftlern von Hochschulen und anderen wissenschaftlichen Einrichtungen sowie der Industrie im Rahmen eines Nutzerdienstes als Dienstleistung zur Verfügung. Das PSI nutzt sie aber auch für eigene Forschung. Die Anlagen sind in der Schweiz einzigartig, manche Geräte gibt es auch weltweit nur am PSI.

Forschen mit grossen Geräten

An den Grossanlagen des PSI werden Neutronen, Myonen und Synchrotronlicht erzeugt. Neutronen und Myonen sind kleine Teilchen, Synchrotronlicht ist Röntgenlicht mit höchster Intensität und einstellbarer Energie. Mit diesen drei «Sonden» kann man Informationen über den Aufbau verschiedenster Materialien gewinnen, wobei jede für bestimmte Experimente besonders gut geeignet ist. Die Benutzer finden am PSI

rund 40 verschiedene Messplätze für ihre Experimente vor.

Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS

Synchrotronlicht ist eine besonders intensive Form von Licht, das in seinen Eigenschaften genau an die Bedürfnisse eines Experiments angepasst werden kann. Mit Synchrotronlicht «durchleuchten» Forschende unterschiedlichste Materialien, um deren detaillierten Aufbau oder die magnetischen Eigenschaften zu bestimmen. Untersucht werden beispielsweise magnetische Materialien, wie sie in modernen Speichermedien verwendet werden, und Proteinmoleküle, die eine wesentliche Rolle bei Vorgängen in lebenden Organismen spielen. Das Synchrotronlicht entsteht an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS. Es wird hier von Elektronen abgestrahlt, die fast mit Lichtgeschwindigkeit auf einer Kreisbahn von 288 m Umfang laufen, in der sie durch starke Magnete gehalten werden.

Spallations-Neutronenquelle SINQ

Mit Neutronen kann man die Anordnung und Bewegung von Atomen in Materialien

bestimmen. Da Neutronen sich wie kleinste Magnete verhalten, eignen sie sich besonders gut zur Untersuchung magnetischer Eigenschaften. In der Natur kommen sie als Bausteine des Atomkerns vor. Am PSI werden sie in der Spallationsquelle SINQ (sprich: sin-ku) aus den Atomkernen herausgeschlagen und so für Experimente verfügbar gemacht.

Myonenquelle μS

Myonen werden vor allem dafür eingesetzt, Magnetfelder im Inneren von Materialien zu bestimmen. Myonen sind Elementarteilchen, die in ihren Eigenschaften den Elektronen ähneln. Sie sind aber deutlich schwerer und vor allem instabil. Zerfällt ein Myon im Inneren eines magnetischen Materials, liefert es Informationen über das Magnetfeld in den Materialien. Myonen werden am PSI in der Myonenquelle μS (sprich: es-mü-es) erzeugt.

Protonenbeschleunigeranlage

Die Neutronen aus der SINQ, die Myonen aus der μS sowie die Myonen- und Pionenstrahlen für Teilchenphysikexperimente entstehen, wenn ein Strahl schneller Pro-

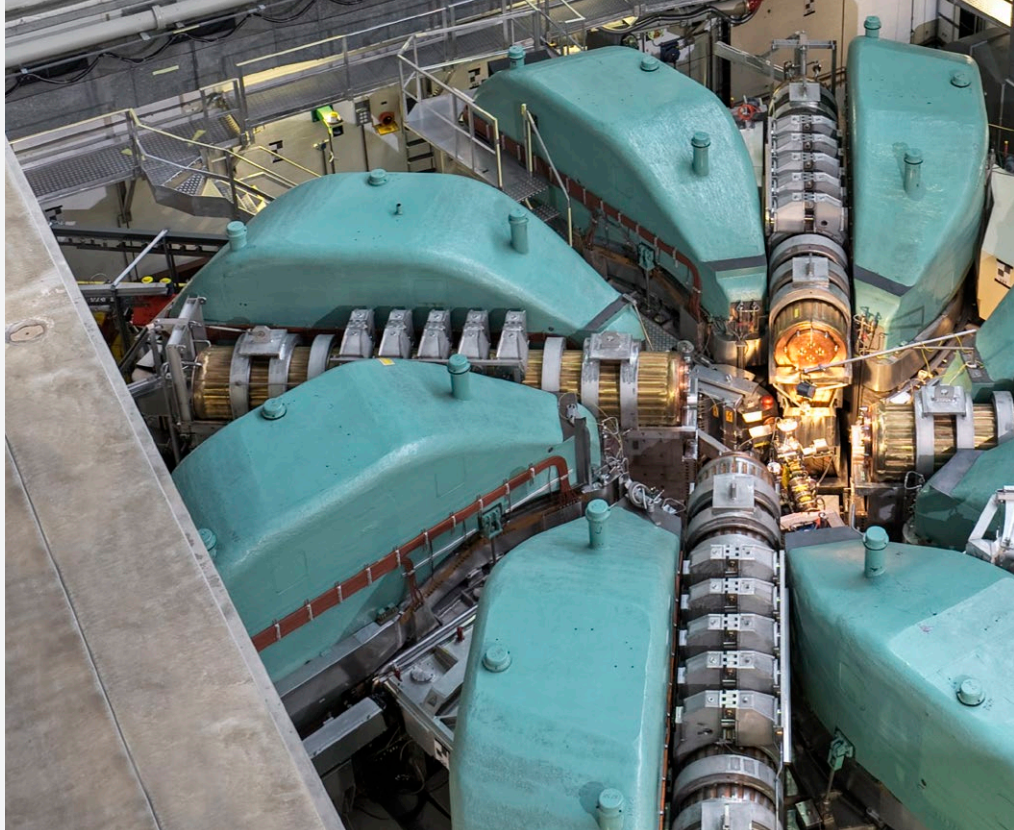
tonen auf einen Block eines speziellen Materials trifft. Der Protonenstrahl wird in der Protonenbeschleunigeranlage des PSI erzeugt. Hier werden die Protonen auf fast 80 Prozent der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt.

Hotlabor, Smogkammer etc.

Neben den eigentlichen Grossanlagen betreibt das PSI eine Reihe von weiteren einzigartigen Forschungsanlagen, die teilweise auch externen Benutzern zur Verfügung stehen. Im Hotlabor können hoch radioaktive Objekte wie Brennstäbe aus Kernkraftwerken unter sicheren Bedingungen untersucht werden. In der Smogkammer werden unter kontrollierten Bedingungen Vorgänge in der Atmosphäre simuliert. Der Solarkonzentrator und Solarsimulator erlauben Experimente zur Erzeugung von Brennstoffen mithilfe von hoch konzentriertem Sonnenlicht. Eine Quelle ultrakalter Neutronen UCN ermöglicht Untersuchungen zu den Eigenschaften des Neutrons.

SwissFEL – die neue Grossanlage

Zurzeit baut das PSI eine weitere Grossanlage, die im Jahr 2016 in Betrieb gehen wird – den Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL. Diese rund 700 Meter lange Anlage wird extrem kurze Pulse von Röntgenlicht in Laserqualität erzeugen. Damit wird es unter anderem möglich werden, sehr schnelle chemische und physikalische Vorgänge zu verfolgen.



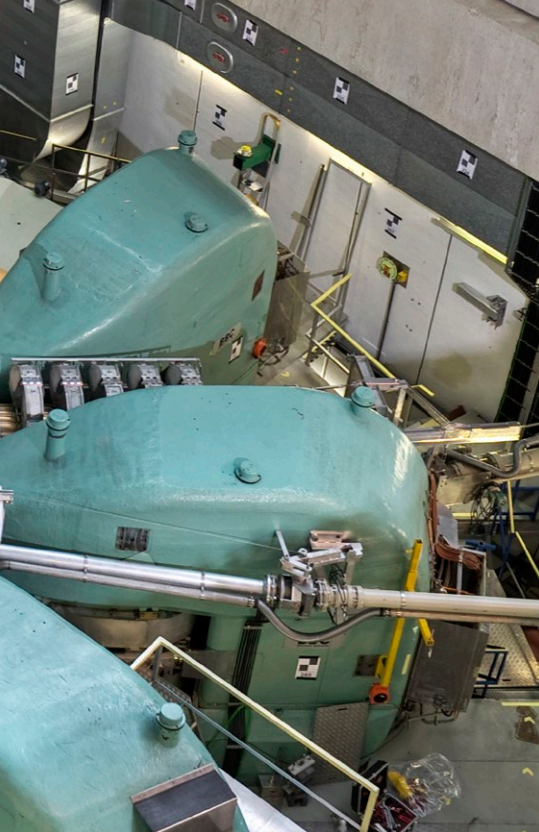
Blick auf den grossen Protonenbeschleuniger, der einen Umfang von rund 48 Metern hat.

Das PSI ist ein Nutzerlabor

Neutronen, Synchrotronlicht und Myonen sind für Forschende vieler Disziplinen äusserst nützlich. Mit diesen «Sonden» lässt sich der Aufbau von Kristallen entschlüsseln. Sie helfen beim Verständnis magnetischer Vorgänge oder klären Strukturen biologischer Materialien auf. Gleichzeitig ist die Erzeugung dieser Sonden mit einem so grossen Aufwand verbunden, dass die meisten Forschergruppen an den Hochschulen und in der Industrie an der eige-

nen Einrichtung keine Neutronen-, Myonen- oder Synchrotronlichtquelle vorfinden werden.

Damit dennoch möglichst viele Forschende Zugang zu Neutronen, Synchrotronlicht oder Myonen erhalten, betreibt das PSI zentral die entsprechenden Grossanlagen: die Neutronenquelle SINQ, die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS und die Myonenquelle μS – eine Kombination von Anlagen, die es weltweit nur noch an einem



Die Messzeit geht an die besten Forschungsprojekte

Sämtliche Forscher und Forscherinnen, die sich durch die Nutzung von Neutronen, Myonen oder Synchrotronlicht Antworten auf ihre wissenschaftlichen Fragestellungen erhoffen, können sich beim PSI um Messzeit bewerben. Dazu müssen sie in einem Antrag die Fragestellung, das geplante Experiment und die Erwartungen an die Messung beschreiben. Mit Fachleuten besetzte Komitees prüfen diese Messzeitanträge auf ihre wissenschaftliche Qualität und empfehlen dem PSI, welche Anträge tatsächlich Messzeit bekommen sollen. Denn obwohl es rund 40 Messplätze gibt, reicht die Zeit nie für alle eingegangenen Bewerbungen. Rund ein Drittel bis die Hälfte der Anträge muss abgelehnt werden. Manche Messplätze sind in der Forschergemeinde sogar so begehrt, dass dort sechsmal so viel Messzeit beantragt wird, als verfügbar ist. Angezogen werden die externen Forscher und Forscherinnen dabei nicht nur von den Experimentiermöglichkeiten, sondern auch von der guten Betreuung durch die PSI-Forschenden. Diese sind selbst erfahrene Wissenschaftler und unterstützen die Nutzer dabei, an den Anlagen die optimalen Ergebnisse zu erzielen.

Die Messzeit ist am PSI für alle akademischen Forschenden kostenlos – genauso wie Schweizer Wissenschaftler auch kostenlos an den Einrichtungen in anderen Ländern forschen können. Nutzer aus der Industrie hingegen können in einem beson-

deren Verfahren auch Strahlzeit kaufen und die Anlagen des PSI für ihre angewandte Forschung verwenden.

Nutzerdienst in Zahlen

Der Erfolg eines Benutzerzentrums zeigt sich vor allem im Interesse der Forschergemeinde, an diesem Ort zu experimentieren, sowie in der Zahl von Veröffentlichungen, die auf den durchgeführten Experimenten beruhen.

So erscheinen jedes Jahr mehr als 700 Fachartikel, die auf Experimenten an den Grossanlagen des PSI basieren. Und jährlich verzeichnet das PSI mehr als 5000 Besuche von Wissenschaftlern aus der ganzen Welt, die an den Grossanlagen ihre Experimente durchführen. Die meisten Nutzer von Neutronen und Synchrotronlicht kommen aus der Schweiz und den Ländern der EU. Die Schweizer Experimentatoren teilen sich wiederum etwa gleichmässig auf das PSI und andere Einrichtungen auf, wobei die meisten externen Forscher von der ETH Zürich kommen. Vertreten sind aber auch die ETH Lausanne, die Hochschulen und die Empa. Im Fall der Myonenexperimente ist der Anteil der Gruppen aus Übersee besonders gross. Eine Rolle spielt hier sicher die Tatsache, dass das PSI als einziges Institut weltweit Experimente mit langsamen Myonen anbietet.

weiteren Ort gibt. Das Institut stellt diese Anlagen nicht nur den eigenen Wissenschaftlern, sondern auch externen Benutzern zur Verfügung – Forschenden aus der Schweiz und dem Ausland, die diese Sonden für ihre Untersuchungen benötigen.

An den Grossanlagen sind auch noch Teilchenstrahlen verfügbar, die für Experimente in der Elementarteilchenphysik genutzt werden können – auch diese stehen externen Forschern offen.

Die Forschungsschwerpunkte des PSI

Das Paul Scherrer Institut PSI ist das grösste naturwissenschaftliche Forschungszentrum der Schweiz. Fast 500 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erforschen verschiedenste Fragestellungen, die sich unter den drei Stichworten «Materie und Material», «Mensch und Gesundheit» sowie «Energie und Umwelt» zusammenfassen lassen.

Die am PSI gewonnenen Forschungsergebnisse tragen dazu bei, dass wir die Welt um uns besser verstehen können, indem sie die Hintergründe unterschiedlichster physikalischer oder biologischer Vorgänge aufklären. Gleichzeitig stellen sie die Grundlagen für neue Entwicklungen in Technik und Medizin dar.

Materie und Material

Die meisten Forschenden, die sich am PSI mit Materie oder Material befassen, wollen für unterschiedliche Stoffe den Zusammenhang zwischen dem innerem Aufbau und den beobachtbaren Eigenschaften aufklären. Denn die vielfältigen Eigenschaften der Materialien, aus denen die Welt besteht, werden dadurch bestimmt, aus welchen Atomen die Materialien bestehen, wie diese angeordnet sind und wie sie sich bewegen können.

So geht es zum Beispiel darum zu verstehen, warum manche Materialien supra-leitend sind – elektrischen Strom also ganz ohne Widerstand leiten können – oder wie die magnetischen Eigenschaften von Materialien zustande kommen. Diese Erkenntnisse können für verschiedene technische Entwicklungen genutzt werden, um bessere elektronische Bauteile zu entwickeln.

Die Forschenden des Labors für Teilchenphysik interessieren sich für die fundamentale Frage nach den Grundstrukturen der Materie. Dazu untersuchen sie Aufbau und Eigenschaften der Elementarteilchen – der kleinsten Bausteine der Materie. Damit treiben sie Forschung, die den Bogen vom Urknall zur heute vorgefundenen Materie mit ihren Eigenschaften spannt.

Mensch und Gesundheit

Wesentliche Vorgänge in lebenden Organismen auf molekularer Ebene zu verstehen und neue Methoden zur Diagnose und Behandlung von Krankheiten zu entwickeln, sind die Ziele der Forschung auf dem Gebiet «Mensch und Gesundheit».

Im Mittelpunkt der Forschung zu biologischen Grundlagenfragen steht die Bestimmung von Struktur und Funktion von Proteinen – Biomolekülen, die in vielfältiger

Weise das Verhalten von lebenden Zellen steuern. Auf dem Gebiet der Radiopharmazie entwickeln Forschende des PSI Therapiemoleküle, mit denen sehr kleine und im ganzen Körper verteilte Tumore behandelt werden sollen. Hier arbeitet das PSI sehr eng mit Hochschulen, Kliniken und der Pharmaindustrie zusammen.

Seit 1984 werden an der Protonentherapieanlage des PSI Patienten behandelt, die an bestimmten Tumorerkrankungen leiden. Die Anlage, die PSI-Fachleute entwickelt und auf dem Institutsgelände gebaut haben, ist weltweit einmalig. Ihre Bestrahlungstechnik nutzt die Vorteile der Protonen, die es erlauben, den Tumor gezielt zu zerstören und die gesunde Umgebung des Tumors optimal zu schonen. In Absprache mit der medizinischen Abteilung des PSI können Ärztinnen und Ärzte Patienten und Patientinnen zur Behandlung ans PSI überweisen.

Energie und Umwelt

Die Energieforschung des Paul Scherrer Instituts konzentriert sich auf die Erforschung von Prozessen, die in nachhaltigen und sicheren Technologien für eine möglichst CO₂-freie Energieversorgung eingesetzt werden können.

PSI-Forschende arbeiten an Verfahren zur CO₂-neutralen Erzeugung von Energieträgern – sei es mithilfe hochkonzentrierter Sonnenstrahlung, sei es auf Grundlage von Biomasse wie etwa Holz, Gülle oder Klärschlamm. Für eine nachhaltige Energienutzung ist auch die Möglichkeit, Energie zu speichern, wesentlich. Das PSI beteiligt sich an dieser Forschung insbesondere mit seinen Arbeiten zu Lithium-Ionen-Batterien. Ein weiteres Forschungsthema sind Brennstoffzellen, die aus der Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff elektrische Energie und als «Abfallprodukte» Wasser und Wärme erzeugen. Hier unterhält das PSI u.a. eine Kooperation mit der Firma Belenos Clean Power AG.

Ein wichtiges Thema der Energieforschung am PSI sind Arbeiten zur sicheren Nutzung der Kernenergie. Ein Schwerpunkt der Forschung ist dabei, die Vorgänge in Kernkraftwerken noch besser zu verstehen, um so zu deren sicherem Betrieb beizutragen. Hinzu kommen geologische Untersuchungen, die Grundlage für die Suche nach geeigneten Standorten für die Lagerung radioaktiven Abfalls sein sollen.

Über Untersuchungen zu einzelnen Energietechnologien hinaus, widmen sich Forschende des PSI auch der ganzheitlichen Betrachtung und dem Vergleich von nuklearen, fossilen und erneuerbaren Energiesystemen.

Die Umweltforschung am PSI befasst sich vorrangig mit der Zusammensetzung der Atmosphäre und den Prozessen, die diese Zusammensetzung bestimmen. Dazu misst das PSI etwa auf dem Jungfraujoch oder untersucht Eisbohrkerne. Insbesondere der menschliche Einfluss auf die Entwicklung des Klimas in den vergangenen Jahrhunderten ist für die Forscher von Interesse.

Darüber hinaus leitet das PSI das Kompetenzzentrum für Energie und Mobilität CCEM des ETH-Bereichs (www.ccem.ch).

In der Halle der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS.



Das PSI im Überblick

Ausgaben 2012

Die Ausgaben des PSI beliefen sich 2012 auf 337,2 Mio. Franken:

Die Finanzen des PSI (Mio. Franken)

Ausgaben	Betrag	%
Betrieb	304,2	90,2
Investitionen	33,0	9,8
Gesamt*	337,2	100,0

Mittelaufteilung

Finanzierungsbeitrag Bund		
– Grundfinanzierung	229,9	68,2
– SwissFEL	19,0	5,6
Drittmittelausgaben	88,3	26,2

Drittmittleinnahmen

Privatwirtschaft	57,2	53,8
Forschungsförderung Bund	28,5	26,8
EU-Programme	10,2	9,6
Andere Einnahmen	10,5	9,9
Gesamt	106,4	100,0

* inklusive Personalausgaben von 218,6 Mio. Franken (64,8 % der Gesamtausgaben); ohne aktivierte Eigenleistungen.

Die Ausgaben verteilen sich auf die Forschungsfelder des Paul Scherrer Instituts wie folgt:

Festkörperforschung und Materialwissenschaften	39 %
Allgemeine Energie	19 %
Lebenswissenschaften	20 %

Nukleare Energie und Sicherheit	14 %
Teilchenphysik	8 %

Personal

Die Mitarbeiterzahl am PSI entsprach Ende 2012 rund 1500 Vollzeitstellenäquivalenten. 34,9 Prozent der Stellen sind wissenschaftliches Personal. Hinzu kommen rund 300 Doktorierende, die in der Gesamtmitarbeiterzahl noch nicht berücksichtigt sind. 51,4 Prozent der Stellen sind mit Mitarbeitenden besetzt, die technische oder Ingenieurstätigkeiten ausführen. Mit ihrer vielfältigen Kompetenz sorgen sie dafür, dass die vorhandenen wissenschaftlichen Anlagen des Instituts stets zuverlässig funktionieren und neue plangemäss aufgebaut werden. Damit haben sie wesentlichen Anteil an den wissenschaftlichen Leistungen des Instituts. 6,9 Prozent der Stellen sind der Administration zugeordnet. 25 Prozent der Mitarbeitenden sind Frauen, 47 Prozent sind ausländische Staatsbürger.

Organisation

Das Paul Scherrer Institut ist in sieben Bereiche gegliedert. Die fünf Forschungsbereiche sind für den grössten Teil der wissenschaftlichen Arbeiten und die Betreuung der externen Nutzer zuständig. Bei ihrer Arbeit werden sie von den beiden Fachbereichen unterstützt, die für den Betrieb der Beschleunigeranlagen und verschiedene

technische und administrative Dienste zuständig sind. Ausserhalb der Bereichsstruktur befinden sich das Zentrum für Protonentherapie und das Grossprojekt SwissFEL. Geleitet wird das PSI von einem Direktorium, an dessen Spitze der Direktor des Instituts steht und dem die Bereichsleiter angehören.

Beratende Organe

Eine interne Forschungskommission berät die PSI-Direktion bei wissenschaftsrelevanten Entscheidungen. Sie beurteilt geplante neue Vorhaben und Finanzierungsanträge an externe Geldgeber wie beispielsweise den Schweizerischen Nationalfonds SNF, die Förderagentur für Innovation KTI oder die Europäische Union. Sie evaluiert laufende Projekte und arbeitet bei der Identifizierung von geeigneten neuen Forschungsthemen für das PSI mit. Sie setzt sich aus 13 Mitarbeitenden der verschiedenen Bereiche des PSI zusammen. Ein- bis zweimal im Jahr tagt der PSI-Beratungsausschuss, dem 11 Forschende mit hohem wissenschaftlichem Ansehen aus dem In- und Ausland angehören. Ihre Hauptaufgabe besteht darin, die Direktion in Fragen der Entwicklung grösserer Forschungsprogramme und -vorhaben strategisch zu beraten und die Qualität der durchgeführten und der geplanten Forschungsaktivitäten zu beurteilen.

Impressum

Fenster zur Forschung
Ausgabe 1/2014
Paul Scherrer Institut, Januar 2014
ISSN 1664-8854

Herausgeber: Paul Scherrer Institut

Die Publikation «Fenster zur Forschung»
erscheint dreimal jährlich.

Konzeption:
Alexandra von Ascheraden,
Dagmar Baroke, Dr. Paul Piwnicki

Redaktion:
Alexandra von Ascheraden,
Dagmar Baroke, Martina Gröschl,
Simone Nägeli, Dr. Paul Piwnicki (Ltg.)

Gestaltung und Layout: PSI

Bildbearbeitung: Markus Fischer

Originalveröffentlichung zum Beitrag
Seite 6 links:
**Exploring hyper-cubic energy
landscapes in thermally active finite
artificial spin ice systems**
A. Farhan, P. M. Derlet, A. Kleibert,
A. Balan, R. V. Chopdekar, M. Wyss,
L. Anghinolfi, F. Nolting and
L. J. Heyderman,
Nature Physics **9**, 375–382 (2013)

Legenden für ganzseitige Bilder:

Seite 3: Laborleiter Urs Baltensperger
und Doktorandin Claudia Fuchs auf der
CLOUD-Klimakammer am CERN.

Seite 10: Beat Henrich, Leiter des
PSI-Schülerlabors iLab, vor einem
Parabolspiegel, mit dem die Schall-
übertragung über grosse Entfernungen
demonstriert werden kann.

Seite 14: Die PSI-Forschenden Martin
Månsson und Marisa Medarde bereiten
ein Neutronen-Experiment zur Unter-
suchung potenzieller Materialien für
Natrium-Ionen-Batterien vor.

Seite 20: Luftaufnahme des
Paul Scherrer Instituts.

Fotoaufnahmen:
Alle Fotos Scanderberg Sauer
Photography, ausser:
Seite 3, 6, 7, 8, 20, 22
Markus Fischer

Weitere Exemplare zu beziehen bei:
Paul Scherrer Institut
Kommunikationsdienste
5232 Villigen PSI, Schweiz
Telefon +41 56 310 21 11
info@psi.ch

psi forum – Das Besucherzentrum
des Paul Scherrer Instituts
Sandra Ruchti
Telefon +41 56 310 21 00
psiforum@psi.ch, www.psiforum.ch

iLab – Das Schülerlabor des
Paul Scherrer Instituts
Dr. Beat Henrich
Telefon +41 56 310 53 57
ilab@psi.ch, www.ilab-psi.ch

Mehr über das PSI lesen Sie auf
www.psi.ch

Unser wichtigstes Kapital am PSI ist die herausragende Qualifikation, Erfahrung und Motivation unserer Mitarbeitenden. Um diesem, in der Sprache der Wirtschaftswissenschaftler «Humankapital» ein Gesicht zu geben, stellen wir Ihnen in dieser Publikation einige Menschen vor, die bei uns arbeiten. Dabei gilt es zu beachten, dass moderne Forschung heute nur noch im Team erfolgreich sein kann. Auch die hier vorgestellten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter haben ihren Erfolg mithilfe eines Teams erzielt.

Das Paul Scherrer Institut PSI ist ein Forschungszentrum für Natur- und Ingenieurwissenschaften. Am PSI betreiben wir Spitzenforschung in den Bereichen Materie und Material, Mensch und Gesundheit sowie Energie und Umwelt. Durch Grundlagen- und angewandte Forschung arbeiten wir an nachhaltigen Lösungen für zentrale Fragen aus Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft. Mit rund 1500 Vollzeitstellenäquivalenten sind wir das grösste schweizerische Forschungsinstitut. Wir entwickeln, bauen und betreiben komplexe Grossforschungsanlagen. Jährlich kommen rund 2000 Gastwissenschaftler aus der Schweiz, aber auch aus der ganzen Welt zu uns. Genauso wie die Forscherinnen und Forscher des PSI führen sie an unseren einzigartigen Anlagen Experimente durch, die so woanders nicht möglich sind.

PAUL SCHERRER INSTITUT

