

# 203205



SCHWERPUNKTTHEMA

## FORSCHEN AM SUPERLASER

SCHWERPUNKTTHEMA:  
FORSCHEN AM SUPERLASER



BIOLOGIE AM SWISSFEL

## Hollywood im Würenlinger Wald

Mit dem Röntgenlaser SwissFEL wollen Forschende am PSI Filme von Biomolekülen in Aktion produzieren. So lässt sich aufzeigen, wie unser Auge funktioniert oder wie neue Medikamente wirken.

PHYSIK AM SWISSFEL

## Regisseure mit Zusatzaufgaben

PSI-Forschende untersuchen, wie zukünftige Datenspeicher kompakter, schneller und energiesparender werden können. Filmaufnahmen mit dem SwissFEL liefern entscheidende Hinweise für die Entwicklung neuer Speichermedien.

CHEMIE AM SWISSFEL

# Temporeiche Handlung

Wie funktionieren farbige Solarzellen und was steckt hinter den neuen brillanten Handy-Displays? Hochgeschwindigkeitsaufnahmen am SwissFEL sollen helfen, die Geräte effizienter und günstiger zu machen.

Seite 18



## INHALT

NACHGEFRAGT	
Was machen Sie da, Herr Mesot?	4
DAS PRODUKT	
Uhren	6
DAS HELFERLEIN	
Zahnstocher	7
 SCHWERPUNKTTHEMA: FORSCHEN AM SUPERLASER	8
 BIOLOGIE AM SWISSFEL Hollywood im Würenlinger Wald	10
 PHYSIK AM SWISSFEL Regisseure mit Zusatzaufgaben	16
 CHEMIE AM SWISSFEL Temporeiche Handlung	18
IM BILD	
Cedric Cozzo	21
IN DER SCHWEIZ	
Ein Tag als Nachwuchsforscher	22
Am Schülerlabor des PSI erfahren Jugendliche die Physik mit eigenen Experimenten.	
IN KÜRZE	
Aktuelles aus der PSI-Forschung	26
1 Medikamente für Aargauer Patienten	
2 Saubere Dieselabgase	
3 Ausgezeichnete Bioenergie	
4 Produktionssteigerung	
GALERIE	
Ganz schön nützlich	28
Das Paul Scherrer Institut wird 30 und hat schon was erreicht im Leben.	
ZUR PERSON	
Der Gipfelstürmer	34
Ehemals Forscher am PSI, verhandelt Pierre-Alain Herren heute für die Alpiq.	
WIR ÜBER UNS	38
IMPRESSUM	40
AUSBLICK	41

A man with short brown hair and glasses, wearing a grey suit, white shirt, and a striped tie, is smiling. He is standing in front of a large, complex industrial machine with various cables and components. The machine has a prominent circular metallic part with a radial pattern. The background is a dimly lit industrial setting with red panels.

## Was machen Sie da, Herr Mesot?

NACHGEFRAGT

Das PSI hat eine neue Grossforschungsanlage: den 740 Meter langen Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL. Ihm ist in dieser Magazinausgabe das Schwerpunktthema gewidmet. Warum braucht die Schweiz eine solche Anlage und wie profitiert die Schweizer Industrie von ihr? Joël Mesot, Direktor des Paul Scherrer Instituts, antwortet.

**Herr Mesot, mit dem Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL hat das PSI seine vierte Grossforschungsanlage in Betrieb genommen. Was macht den SwissFEL so besonders?**

1

Der SwissFEL gehört zur neuesten Generation wissenschaftlicher Grossforschungsanlagen. Anschaulich kann man sich den SwissFEL wie eine riesige Filmkamera vorstellen, denn mit seiner Hilfe können Forscherinnen und Forscher – auf der Ebene von Molekülen oder einzelnen Atomen – die rasend schnellen Veränderungen selbst im Inneren von neuartigen Materialien oder biologischen Strukturen filmen. Anhand dieser Filme können sie dann verstehen, was zum Beispiel in einer Festplatte geschieht, wenn man den Speicherinhalt ändert, oder in unserem Auge, wenn Licht darauf fällt. Weltweit sind erst fünf derartige Anlagen in Betrieb.

**Warum hat die Schweiz hier in eine eigene Anlage investiert?**

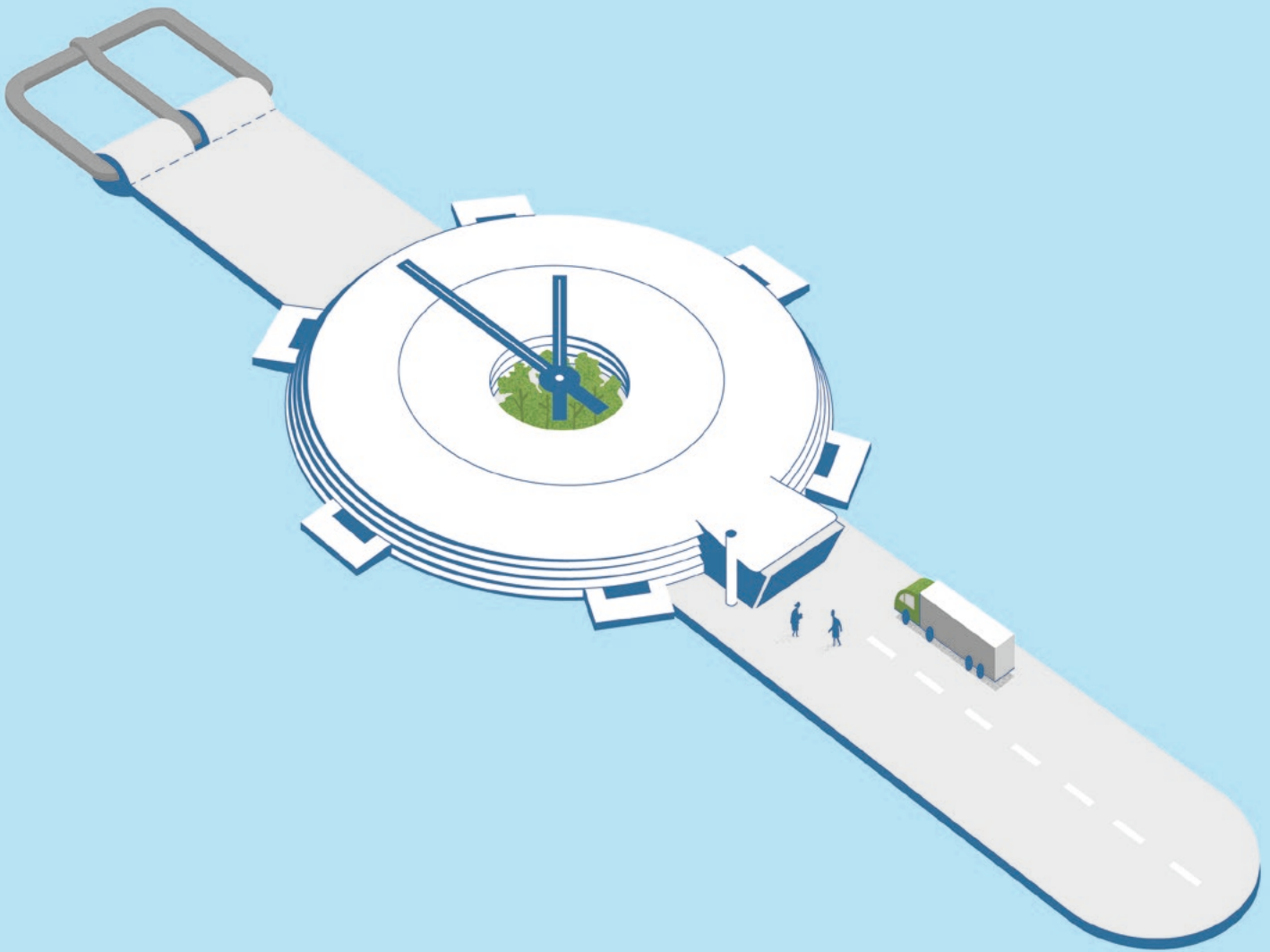
2

Durch den Bau einer eigenen Anlage konnten wir gezielt auf die Bedürfnisse der Schweizer Wissenschaft eingehen. Die grosse Mehrheit der Schweizer Hochschulen wurde in das Projekt involviert und konnte ihre Vorstellungen, Wünsche und Ideen einbringen. So ist die Anlage besonders auf Untersuchungen zu Fachgebieten ausgerichtet, in denen die Schweizer Forschung stark ist. Der SwissFEL stärkt klar die Position der Schweizer Wissenschaft im internationalen Wettbewerb.

**Viele Menschen in der Schweiz sind um die wirtschaftliche Entwicklung besorgt und erwarten auch von der Wissenschaft, dass sie zur Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Wirtschaft beiträgt. Wie kann die Schweizer Industrie vom SwissFEL profitieren?**

3

Zunächst liefert akademische Forschung am SwissFEL Wissen, das die Industrie in Innovation umsetzt: in neue Medikamente, effizientere Prozesse der chemischen Industrie oder neue Materialien für die Elektronik. Die Industrie wird den SwissFEL aber auch für eigene Forschungs- und Entwicklungsprojekte nutzen und davon profitieren, dass eine so herausragende Anlage in der Nähe verfügbar ist. In jedem Fall ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Industrie entscheidend. Der Innovationspark Park innovaare in unmittelbarer Nähe des PSI unterstützt diese Zusammenarbeit in all ihren Aspekten. Wie direkt der SwissFEL in Innovation umgesetzt werden kann, hat die Schweizer Firma Ampegon bereits während seines Baus gezeigt. Im Jahr 2016 wurde sie mit dem renommierten Swiss Technology Award ausgezeichnet. Für eine Technologie, die sie für den SwissFEL entwickelt hat, die aber auch für weitere Anwendungen eingesetzt werden kann.



So manches, was am PSI untersucht wird, könnte eines Tages dazu beitragen, Alltagsprodukte zu verbessern. Zum Beispiel

## Uhren

Schoggi, Bankwesen – und natürlich auch die Uhrenindustrie sind die Klischeebilder der Schweiz. Tatsächlich sind mehr als 50 000 Personen in der Schweizer Uhrenbranche beschäftigt. Die Entwicklungen in diesem Industriezweig haben nicht mit der Erfindung der Uhrenmechanik und der Unruh geendet: auch heute noch wird an Details getüftelt und geforscht. So untersuchen Forschende des PSI im Auftrag Schweizer Firmen eine neuentwickelte Metalllegierung, die zukünftig für verbesserte Bauteile von Uhrmechaniken infrage kommt. Die Forschenden unterziehen das neue Metall unter anderem ausgeklügelten Verformungstests und beobachten zeitgleich die Veränderungen in seinem Inneren mittels hochgebündelter Röntgenstrahlen. Diese stehen in der Schweiz nur am PSI zur Verfügung: im kreisrunden Gebäude der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS. Auch mit Elektronenstrahlen rücken die Forschenden den neuen Materialien zu Leibe.

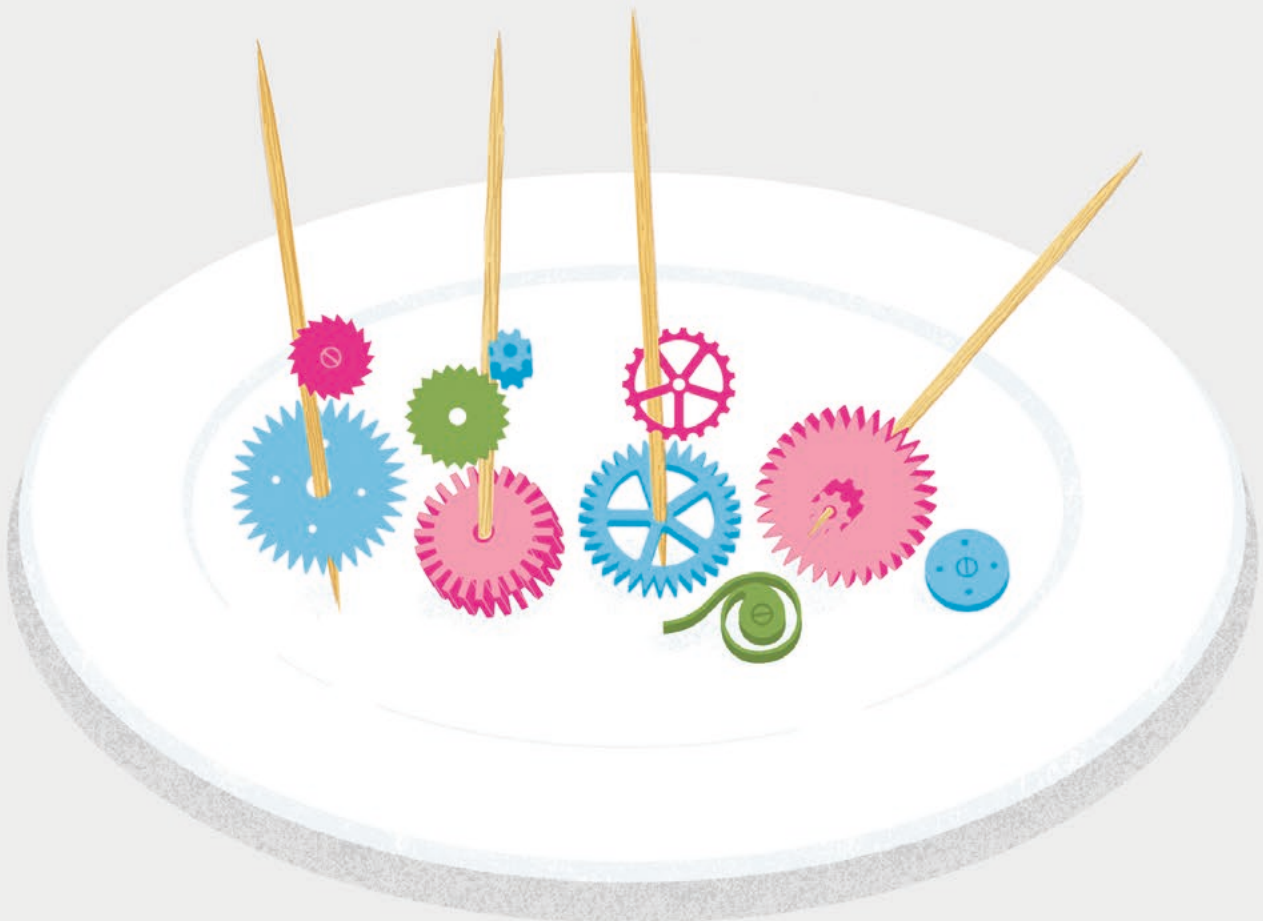
Wo am Ende «Swiss Made» drauf steht, steckt manchmal eben auch «Swiss Research» drin.

In der Spitzenforschung kommen manchmal überraschend alltägliche Hilfsmittel zum Einsatz. Zum Beispiel ein

# Zahnstocher

Wenn die PSI-Forschenden – unter anderem für die Uhrenindustrie – neue Materialien untersuchen, kommen auch Elektronenstrahlen zum Einsatz: In der sogenannten Transmissionselektronenmikroskopie können Wissenschaftler die mikroskopische Struktur eines Materials erkennen, indem sie es mit Elektronen durchleuchten. Damit die Durchleuchtung gelingt, muss allerdings ein hauchdünnes Stück des Materials verwendet werden, das zudem – damit es in die Halterung des Elektronenmikroskops passt – nicht länger als drei Millimeter sein darf.

Um dieses kleine, empfindliche Materialstück beim Positionieren in der Halterung nicht zu beschädigen, muss man es extrem vorsichtig handhaben. Pinzetten aus Metall scheiden daher aus. Das weiche Holz eines Zahnstochers dagegen kommt den Forschenden genau richtig. Es ist eines der Hilfsmittel, mit denen sie ihre winzigen Proben vorsichtig in Position stupsen.



BIOLOGIE AM SWISSFEL

Hollywood im Würenlinger Wald

Seite 10

1

PHYSIK AM SWISSFEL

Regisseure  
mit Zusatzaufgaben

2

Seite 16

SCHWERPUNKTTHEMA

# Forschen am Superlaser

Nun lernen auch am PSI die Bilder das Laufen. Denn mit dem neuen Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL können Forschende Filme aus der Mikrowelt aufnehmen und die Veränderungen im Inneren von Festplattenmaterialien und Biomolekülen zeigen. Damit sorgen sie nicht nur für Kino-Vergnügen, sondern schaffen auch Grundlagen für neue Datenspeicher oder Medikamente.



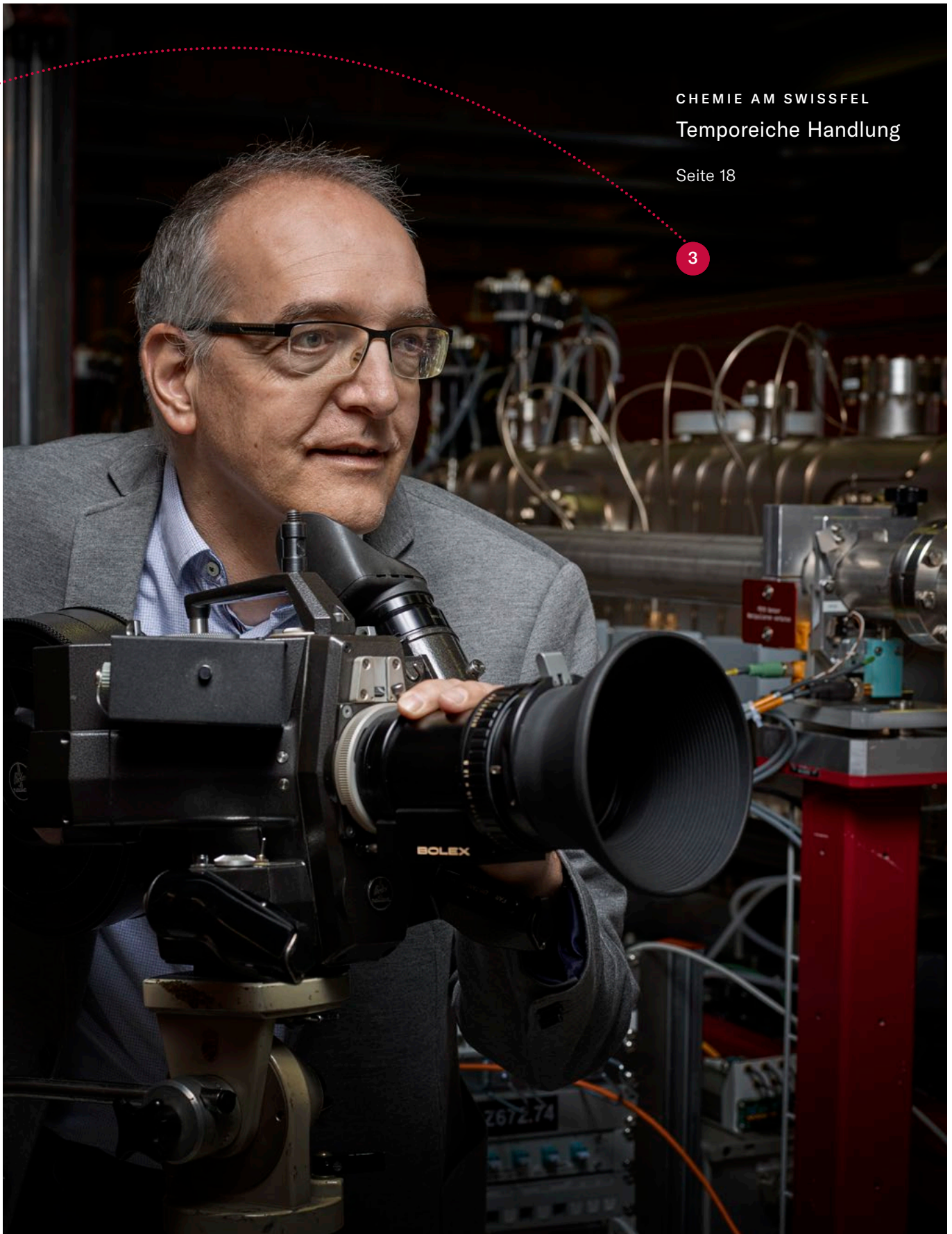


CHEMIE AM SWISSFEL

Temporeiche Handlung

Seite 18

3



Der Kameramann: Bernd Schmitt



# Hollywood im Würenlinger Wald

Mit dem Röntgenlaser SwissFEL wollen Forschende am PSI Filme von Biomolekülen in Aktion produzieren. So lässt sich aufzeigen, wie unser Auge funktioniert oder wie neue Medikamente wirken.

Text: Barbara Vonarburg

Die Gründer des Filmstudios:  
Luc Patthey und Hans Braun

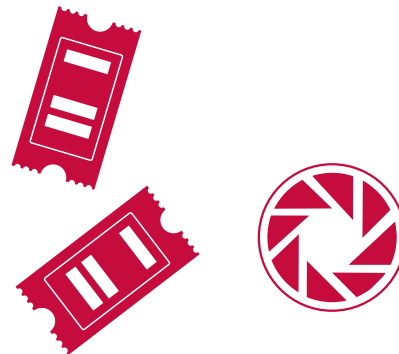
Luc Patthey steht neben einer komplizierten Anordnung von optischen Linsen, Messgeräten, unzähligen Kabeln und einem dünnen Stahlrohr. «Wir sind hier in Hollywood, wir machen Filme», erklärt der Physiker schmunzelnd: «Unsere Filmstars sind Moleküle und Materialien.» Luc Patthey war als Projektleiter zuständig für die optischen Teile, die Experimente und das Forschungsprogramm des Freie-Elektronen-Röntgenlasers SwissFEL. Er ist begeistert von diesem aussergewöhnlichen Filmstudio: «Wir verfolgen mit extrem kurzer Belichtungszeit, was auf der Ebene der Atome geschieht.» Möglich machen dies intensive, ultrakurze Röntgenlaserpulse, die durch das Stahlrohr schiessen und Blitzlichter auf die atomaren Vorgänge werfen.

Mit seinem Team produziert Luc Patthey Filme aus diesem faszinierenden Mikrokosmos. Sie sollen dazu beitragen, bessere Medikamente, umweltschonende Energietechnologien oder neue Materialien für die Informationstechnologie herzustellen. «Der SwissFEL ist eine gewaltige Maschine», sagt der Projektleiter und zeigt, was hinter den Kulissen steckt: Bevor die Röntgenpulse zu den beiden Messstationen gelangen, durchlaufen sie in einem Gang mehrere Behälter mit Spiegeln, die sie exakt auf die richtige Bahn lenken. Wie präzise deren Oberflächen im Vergleich zu einem normalen Spiegel poliert wurden, veranschaulicht Luc Patthey mit

einem Vergleich: Wäre die Schweiz so eben wie diese Spiegeloberflächen, wären die Alpen zwischen St. Gallen und Genf gerade mal einige Millimeter hoch.

#### Ein gewagtes Unterfangen

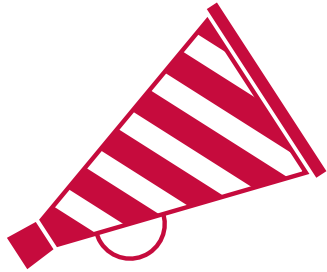
Höchste Präzision steckt im gesamten SwissFEL-Gebäude. Im 740 Meter langen Tunnel, der sich unter einem Erdwall durch den Würenlinger Wald zieht, entstehen die Röntgenlaserpulse. Hier werden Elektronen auf beinahe Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und auf einen Slalomkurs geschickt, bis sie das gewünschte Röntgenlicht abstrahlen – intensive Blitze mit einer Dauer von nur 1 bis 100 Femtosekunden (tausendstel Billionstelsekunden). Verantwortlich für den Beschleuniger ist Hans Braun. Er erinnert sich, wie das gewagte Unternehmen seinen Anfang nahm: «Als wir 2008 mit den Vorarbeiten zum SwissFEL starteten, war noch unklar, ob Freie-Elektronen-Röntgenlaser überhaupt funktionieren.» Erst 2009 nahm die weltweit erste Anlage im kalifornischen Stanford ihren Betrieb auf.



## «Unsere Filmstars sind Moleküle und Materialien.»

Luc Patthey, Projektleiter im SwissFEL-Projekt, PSI

Eine nächtliche Autoverfolgungsjagd ist für das Auge eine Herausforderung. Laufend muss das Rhodopsin-Protein im Auge sich an die schwachen Lichtverhältnisse anpassen. Im Inneren des Proteins steckt das Retinal-Molekül. Fällt Licht darauf, streckt es sich und stösst damit die Anpassung an. Unser Verfolger jedoch hat Pech – sein Rhodopsin ist falsch geformt, er ist nachtblind.



Mit dem SwissFEL konnten die Physiker zeigen, dass sich auch mit einem viel kleineren und günstigeren Beschleuniger als dem in Kalifornien die notwendige Strahlqualität erreichen lässt. Dabei kamen ihnen die Erfahrungen zugute, die sie mit der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS am PSI gemacht hatten. Schon damit liessen sich ultrakurze Pulse erzeugen, allerdings mit deutlich geringerer Intensität. «Das waren heroische Experimente», erzählt Rafael Abela, der sowohl den Aufbau der SLS wie auch des SwissFEL betreute: «Damals brauchten wir zwei Wochen für Messungen, die wir später an der Anlage in Stanford in 10 Minuten erledigten.»

#### Zuschauen, wie das Sehen beginnt

Rund 275 Millionen Franken kostete der SwissFEL – den Grossteil finanzierte der Bund, 30 Millionen Franken steuerte der Kanton Aargau aus seinem Swisslos-Fonds bei. 275 Millionen entsprechen in etwa dem Produktionsbudget des Disney-Films «Pirates of the Caribbean – Am Ende der Welt» mit Johnny Depp in der Hauptrolle. In den am SwissFEL geplanten Filmen wird einer der Starschauspieler Rhodopsin heissen. Dieses Protein kann Licht einfangen und es in ein chemisches Signal umwandeln. Diese Fähigkeit setzt es im menschlichen Auge ein, wo es als Lichtsensor dient und uns ermöglicht, auch bei schwachem Licht zu sehen.

Im Inneren des Rhodopsinmoleküls steckt ein Retinal, eine Form von Vitamin A. Dieses längliche Molekül hat im Dunkeln eine geknickte Form; fällt



## «Mit dem SwissFEL können wir uns den primären Prozess des Sehvorgangs anschauen.»

Gebhard Schertler, Leiter des Forschungsbereichs Biologie und Chemie, PSI

aber Licht darauf, streckt es sich und bringt damit auch das ganze Rhodopsin dazu, seine Form zu verändern. Beim Menschen ist diese Veränderung ein Zeichen, dass Licht im Auge angekommen ist. Nervenbahnen leiten die Information zum Gehirn weiter, wo schliesslich der Seheindruck entsteht. Die «Streckreaktion» des Retinals ist eine der schnellsten in der Biologie und findet innerhalb von nur 200 bis 500 Femtosekunden statt. Mit dem Röntgenlaser wollen die Forschenden herausfinden, wie genau diese Streckung die Rhodopsine verändert und welche Rolle dabei die direkte Umgebung des Retinal-Moleküls im Inneren der Rhodopsine spielt.

«Mit dem SwissFEL können wir uns den primären Prozess des Sehvorgangs anschauen», sagt Gebhard Schertler, Leiter des Forschungsbereichs Biologie und Chemie am PSI und Professor für Strukturbiologie an der ETH Zürich: «Für jemanden wie mich, der seit 40 Jahren auf dem Gebiet arbeitet, ist dies ausserordentlich faszinierend.» Deshalb wechselte Gebhard Schertler aus dem englischen Cambridge, wo er an einem der weltweit renommiertesten Forschungsinstitute tätig war, in die Schweiz. Als Forschungsleiter entscheidet er, welche Experimente aus seinem Bereich für den SwissFEL in Frage kommen. «Wenn ich das Drehbuch gelesen habe, weiss ich, ob ich diesen Film will oder nicht. Im Theater wäre ich vielleicht der künstlerische Direktor», erklärt er seine Rolle. Bei der Auswahl will sich Schertler in Zukunft auf «Filme» konzentrieren, in denen Moleküle die Hauptrolle spielen, die für die Wirkung von Medikamenten wichtig sind.

### Moleküle in Aktion

Jörg Standfuss, der ebenfalls von Cambridge ans PSI umgezogen ist, hat neue Technologien für die Biologie-Experimente entwickelt und erklärt den Ablauf: «Ausgangsmaterial sind winzige, purpurfarbene Kristalle, in denen viele Exemplare des Rhodopsin-Proteins in einem geordneten Zustand dicht gepackt sind.» Die Kristalle werden dann einzeln in eine der Experimentierkammern des SwissFEL geschickt. Dort trifft der Röntgenblitz den Kristall und beleuchtet die Szene, die von der Kamera festgehalten wird, und erzeugt ein einzelnes Standbild.

Weil der intensive Röntgenpuls den Kristall explodieren lässt, müssen immer neue Proben folgen. Dabei ist das Experiment so eingerichtet, dass in den aufeinanderfolgenden Kristallen das Retinal im Rhodopsin mit seiner Streckung verschieden weit vorangekommen ist. Die einzelnen Bilder zeigen damit verschiedene Phasen der Bewegung und lassen sich so zu einem Film zusammensetzen. «Man braucht sehr viele, identische Kristalle», sagt Jörg Standfuss: «Normalerweise friert man Proteine für Messungen ein. Aber jemand, der in einem Eisblock sitzt, kann sich nicht bewegen.» Deshalb ist es wichtig, dass das Experiment bei Raumtemperatur stattfindet.

### Jungfrau folgt auf Pilatus

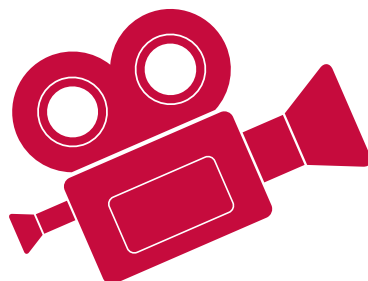
Die Hochgeschwindigkeitskamera für die Röntgenstrahlung ist ein rund 70 Kilogramm schwerer Detektor. Die Konstruktion solcher Instrumente hat am PSI Tradition. Ein für das Teilchenphysiklabor CERN gebauter Detektor war am Nachweis des Higgs-Teilchens beteiligt. Darauf basierend entwickelten die PSI-Physiker Detektoren für die SLS, die heute von der Firma Dectris in Baden hergestellt und weltweit an Synchrotron-Anlagen eingesetzt

werden. «Am Synchrotron treffen die Teilchen der Röntgenstrahlung zwar in rascher Folge, aber doch eines nach dem anderen, beim Detektor ein», erklärt Bernd Schmitt, Leiter der Detektorgruppe am PSI: «Man kann diese Photonen deshalb einfach zählen.» Am SwissFEL dagegen ist der Röntgenpuls so intensiv und kurz, dass dies nicht mehr funktioniert. «Wir müssen die gesamte Ladung, welche die Photonen in unserem Detektor deponieren, messen und dann deren Anzahl berechnen.»

Die Kamera für den SwissFEL taufte Bernd Schmitt und sein Team auf den Namen «Jungfrau», nachdem sie für die SLS bereits «Mythen» und «Pilatus» entwickelt hatten. «So weiss die ganze Welt, woher die Detektoren stammen», meint der Physiker lachend. Für die Aufzeichnung der Filmaufnahmen ist Leonardo Sala verantwortlich. «Die gewaltigen Datenmengen sind hier eine grosse Herausforderung», sagt er. Denn mit jedem Experiment fallen einige Terabytes an Daten an. Eine Datenflut voller verborgener Zusammenhänge, die erst mithilfe komplexer Methoden ihre Geheimnisse offenbart.

«Die Kamera, die wir für den SwissFEL entwickelt haben, heisst «Jungfrau», andere heissen «Mythen» und «Pilatus». So weiss die ganze Welt, woher sie stammen.»

Bernd Schmitt, Leiter der Detektorentwicklung, PSI

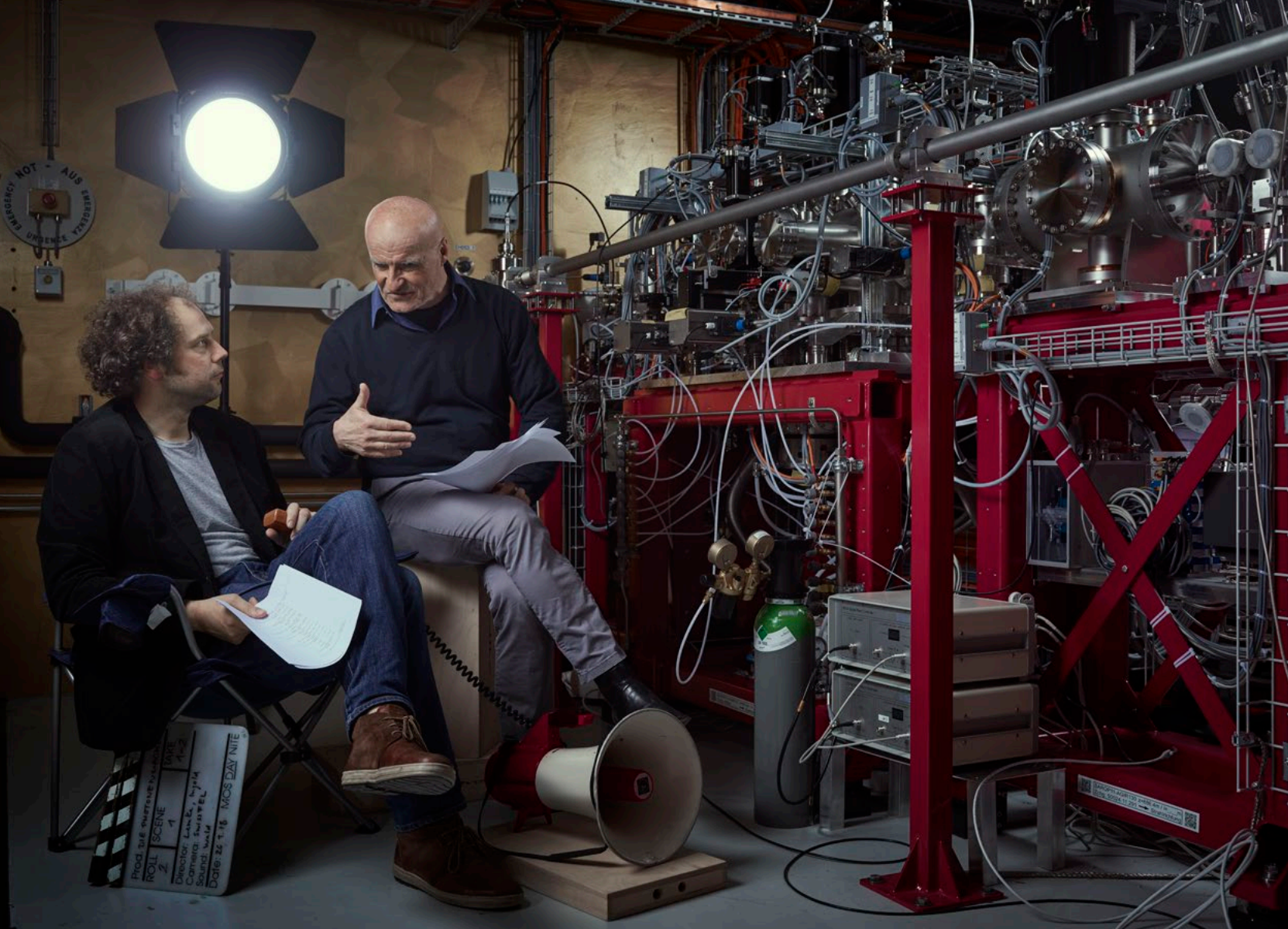


### Von der Forschung zum neuen Medikament

Zum Zielpublikum der SwissFEL-Filme gehört auch die Pharma-Forschung. Denn mithilfe der Erkenntnisse über die Dynamik von Biomolekülen lassen sich neue Medikamente erforschen. «Davon sind wir überzeugt», sagt Gebhard Schertler. Eine Überzeugung, die erst ihren Weg in die Umsetzung finden muss. Deshalb haben der Strukturbiologe Gebhard Schertler, der Physiker Rafael Abela und der ehemalige Pharma-Manager Michael Hennig in unmittelbarer Nachbarschaft zum PSI ein Unternehmen gegründet. Seit 2015 untersucht das Start-up leadXpro sogenannte Membranproteine, zu denen auch die oben genannten Rhodopsine gehören. An diese können medizinische Wirkstoffe gezielt andocken, die Krankheiten wie Krebs, Infektionen, Entzündungen oder Neurodegenerationen bekämpfen.

Je besser ein Wirkstoffmolekül in die Bindungstasche eines Membranproteins passt, umso schneller und effektiver ist das Medikament und umso weniger Nebenwirkungen hat es. «Der moderne Zugang in der Medikamentenforschung setzt voraus, dass man die Strukturen dieser Membranproteine und ihrer Verbindungen mit potenziellen neuen Medikamenten kennt. Der SwissFEL wird hier neue Möglichkeiten eröffnen, weil er auch die Bewegung der Membranproteine sichtbar machen wird», sagt Rafael Abela, der am PSI wesentlich den Bau des SwissFEL vorangetrieben hat. Bereits konnte leadXpro Verträge mit mehreren grossen Pharma-Unternehmen abschliessen und auch eigene Projekte in der Krebs- und Antibiotikaforschung voranbringen. «Schon zwei Jahre nach der Gründung hat sich die Firma sehr gut entwickelt und profitiert sowohl von den Talenten des Wissenschaftsstandorts Schweiz als auch von den Grossforschungsanlagen des PSI sowie von der Elektronenmikroskopie an der Universität Basel», sagt leadXpro-CEO Michael Hennig. ♦





# Regisseure mit Zusatzaufgaben

Datenspeicher aus neuartigen Materialien sollen ermöglichen, Informationen auf kleinerem Raum viel schneller und energiesparender als bisher aufzuzeichnen. Filmaufnahmen mit dem Röntgenlaser zeigen, was im Inneren möglicher neuer Speichermedien passiert und wie sich die Prozesse, bei denen das Material zwischen zwei Zuständen wechselt, optimieren lassen.

Text: Barbara Vonarburg

Seinen Arbeitsplatz erreicht Henrik Lemke mit dem Velo. Privatautos dürfen nicht zum SwissFEL-Gebäude im Würenlinger Wald fahren, Liefer- und Lastwagen brauchen eine Bewilligung. Der Physiker ist als Strahllinienwissenschaftler verantwortlich für die Experimentierstation, die nach dem Schweizer Pass Bernina benannt wurde. Ende 2017 leitete er das erste Experiment am Schweizer Freie-Elek-

tronen-Röntgenlaser, führte also gewissermassen Regie, als mit dem SwissFEL wie mit einer Hochgeschwindigkeitskamera aufgezeichnet wurde, wie ein Material gezielt von einem halbleitenden in einen leitenden Zustand – und wieder zurück – überführt wurde. Das PSI-Team untersuchte dazu gemeinsam mit einer Forschungsgruppe der französischen Universität Rennes ein Pulver von Nanokristallen aus



Die Regisseure:  
Henrik Lemke und Gerhard Ingold

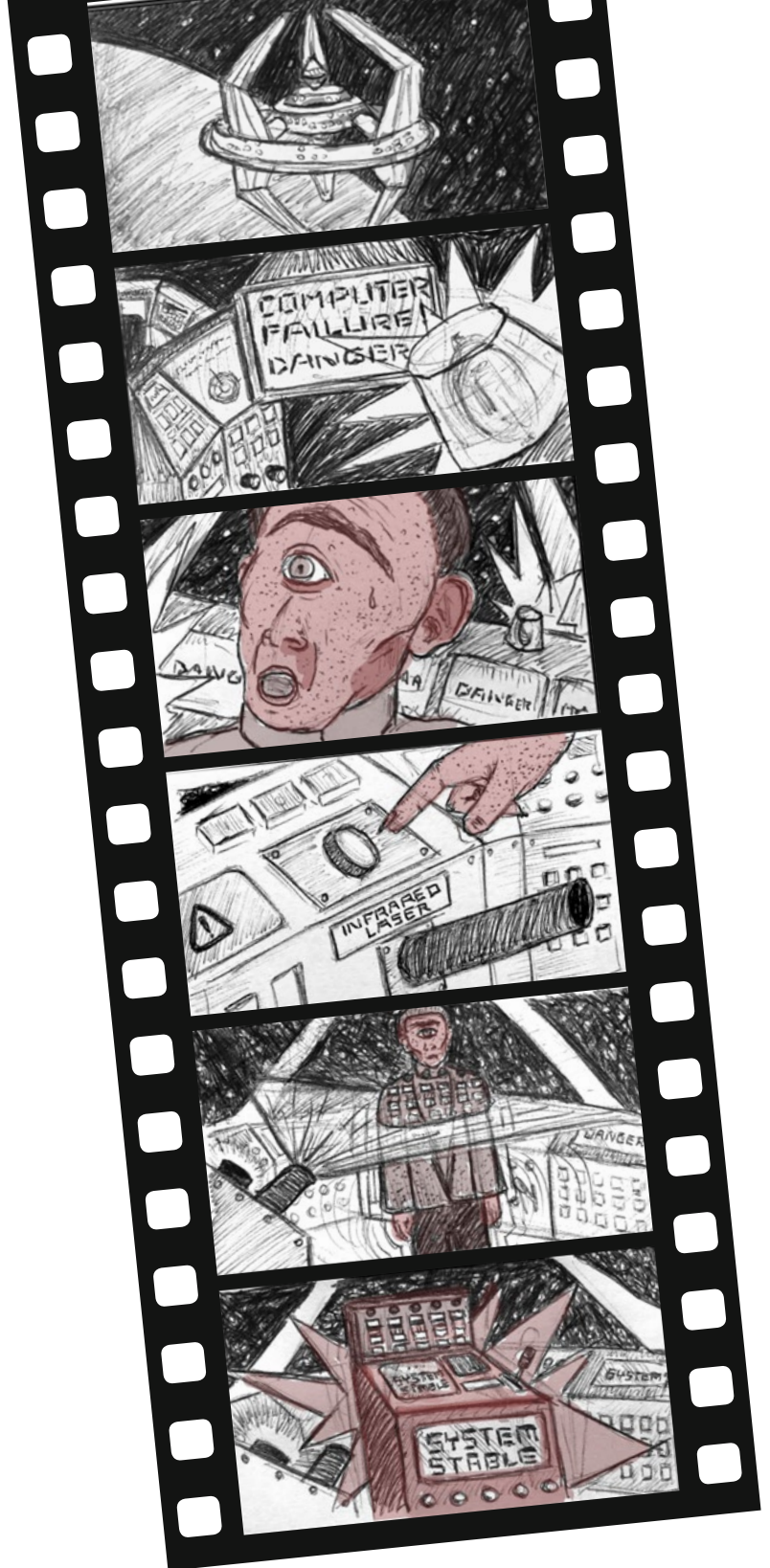
Titanpentoxid. Die Probe wurde mit Infrarot-Laserpulsen bestrahlt, welche die Substanz dazu brachten, ihre Eigenschaften zu verändern. Die Röntgenpulse deckten dann auf, wie sich dabei die Kristallstruktur verzerrte und vergrösserte – eine Kaskade von dynamischen Prozessen, die offenbar von der Grösse der Kristalle abhängt. Weil der Effekt in Nanopartikeln des Materials umkehrbar ist, gilt dieses als vielversprechender Kandidat für besonders effiziente, wiederbeschreibbare Datenspeicher.

Im Schichtbetrieb arbeiteten die Forschenden eine Woche lang rund um die Uhr, um den Premiereerfolg zu garantieren. «Solche Experimente sind immer ein Teameffort», sagt Gerhard Ingold, der für den Aufbau der Messstation Bernina verantwortlich war: «Es braucht aber einen Regisseur wie Henrik Lemke, der den Überblick hat, koordiniert und Entscheidungen fällt.» Oft sind es Gruppen von in- und ausländischen Hochschulen, die mit Unterstützung der PSI-Teams Experimente an den Forschungsanlagen des PSI durchführen. «Wir können aber auch eigene Experimente vorschlagen», sagt Gerhard Ingold: «Dann sind wir die Drehbuchautoren.» Ein Stück weit seien sie aber auch Filmkritiker, ergänzt Henrik Lemke: «Wenn wir nach dem Experiment das Ergebnis interpretieren und uns fragen, was es bedeutet.»

### Neuartige Datenspeicher

«Mit dem SwissFEL können wir Materialien nicht bloss anschauen, sondern verfolgen, was passiert, wenn man in ihnen eine Veränderung auslöst», sagt Gabriel Aeppli, Leiter der Photonenforschung am PSI. So schaffen die Forschenden Grundlagen für Materialien, aus denen die Speichermedien der Zukunft hergestellt werden könnten. Diese sollen nicht nur schneller und kompakter sein als die heutigen, sondern auch weniger Abwärme produzieren.

«Wir drehen keine reinen Dokumentarfilme», resümiert Henrik Lemke, «sondern beeinflussen unsere Akteure – die Proben – so, dass sich auf der Ebene der Atome etwas bewegt, das etwa einen Schaltvorgang einleitet.» Dann gilt es den richtigen Blickwinkel auf den Vorgang zu finden, der zeigt, was physikalisch passiert. «Das ist manchmal nicht so einfach», sagt der Regisseur: «Denn wir können mit unserer Kamera nicht überall hineinschauen.» Gerhard Ingold vergleicht das Resultat mit einer Fernseh-Serie: «Hat man eine Messung gemacht, fragt man sich, was man daraus gelernt hat und wie der nächste Schritt aussieht.» ♦



Alarm auf der Raumstation! Das Datenarchiv läuft über – ein kompakteres Speichermedium muss her. Ein Material aus Titanpentoxid-Nanopartikeln kann nun helfen: Seine Nanopartikel lassen sich mit den Lichtpulsen eines Infrarot-Lasers gezielt zwischen zwei Zuständen hin- und herschalten. So lassen sich Daten auf kleinstem Raum speichern und das Problem ist behoben.

# Temporeiche Handlung

Wie funktionieren farbige Solarzellen und was steckt hinter den neuen brillianten Handy-Displays? Die ultrakurzen Röntgenpulse am SwissFEL decken die chemischen Reaktionen im Inneren auf und sollen die Geräte noch effizienter und günstiger machen.

Text: Barbara Vonarburg



Die Drehbuchautorinnen:  
Giulia Mancini und Camila Bacellar

Giulia Mancini und Camila Bacellar sitzen in der PSI-Cafeteria und bringen sich gegenseitig auf den neuesten Forschungsstand. «Übermorgen fahre ich nach Lausanne und nächste Woche nach Hamburg», erzählt Giulia Mancini. Die Italienerin ist Mitglied einer Forschungsgruppe an der ETH Lausanne (EPFL), aber am PSI stationiert und reist nach Hamburg, um am dortigen europäischen Freie-Elektronen-Röntgenlaser mit den Strahlwissenschaftlern über die Experimentiermöglichkeiten zu diskutieren. Wer an diesen Grossforschungsanlagen, von denen es weltweit nur fünf gibt, arbeitet, ist häufiges Reisen gewohnt, so auch die Brasilianerin Camila Bacellar, die ebenfalls dem Lausanner Team angehört.

Die beiden Wissenschaftlerinnen sind aus den USA in die Schweiz umgesiedelt, um bei der Inbetriebnahme des SwissFEL an vorderster Forschungsfront mit dabei zu sein. Der Leiter ihrer Gruppe ist Pionier in der Erforschung molekularer Strukturen in Bewegung. Majed Chergui, Professor an der ETH Lausanne, stationiert immer wieder junge Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus seinem Team am PSI. Giulia Mancini ist begeistert: «Ich liebe dieses Projekt hier», sagt sie und Camila Bacellar erzählt voller Enthusiasmus von den ersten

Pilotexperimenten, an denen sie mitgearbeitet haben: «Es war ein Auf und Ab von Emotionen in kurzer Zeit», erinnert sie sich. «Jeder der Beteiligten gab 150 Prozent.»

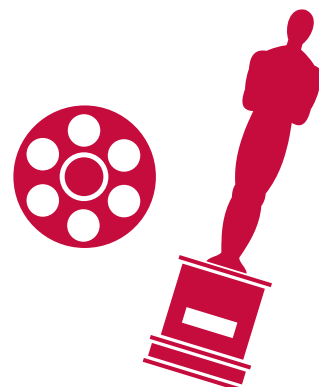
Im ersten Experiment an der Messstation Alvra untersuchte das PSI-Team zusammen mit Forschern aus Bremen und Krakau ein Material, das sich für organische Leuchtdioden, kurz OLED, eignen könnte. OLEDs werden bereits als Displays in neuen Handys genutzt und sorgen für intensive Farben und tiefes Schwarz. Doch die bekannten Materialien sind teuer. Ein billigeres, vielversprechendes OLED-Molekül basiert auf Kupfer und Phosphor. Dabei sorgt ein physikalisches Phänomen, das thermisch aktivierte, verzögerte Fluoreszenz genannt wird, für hohe Lichtausbeute. Am SwissFEL untersuchten die Forschenden, welche Rolle die Phosphoratome beim Fluoreszenzprozess spielen. Das Experiment zeigte, dass die Phosphoratome direkt am Ladungstransport innerhalb des Moleküls beteiligt sind.

#### Leuchtend grüne Bilder

«Das war ein hübscher Prototyp eines Chemieexperiments», sagt Christopher Milne, Strahllinienwissenschaftler an der Messstation Alvra, «vor allem auch weil das Material so wunderschön grün leuchtete.» Wenn chemische Verbindungen neu entstehen oder aufgebrochen werden, dauert dies nur ein paar hundert Femtosekunden (tausendstel Billionstelsekunden). Die Röntgenblitze des SwissFEL sind nochmals eine Grössenordnung kürzer. Deshalb lassen sich damit Schnappschüsse der einzelnen Reaktionsschritte machen und zu einem Film zusammenfügen, der Einblick in das temporeiche Geschehen gibt. «Mit dem SwissFEL können wir alles Mögliche untersuchen», sagt Christopher Milne. Zum Beispiel, was passiert, wenn Licht auf ein Blatt oder eine Solarzelle trifft und die Energie absorbiert und umgewandelt wird.

**«Bei den Solarzellen geht es vor allem darum, die Effizienz zu steigern.»**

Giulia Mancini, Forscherin an der ETH Lausanne (EPFL)



Ein T-rex bedroht die Stadt. Doch schon eilt Photon-Woman herbei! Ihre Superkräfte verdankt sie einer Grätzel-Zelle. Diese Solarzelle kann Lichtenergie in elektrische Energie umwandeln. Der SwissFEL hilft, entscheidende Details dieses Prozesses aufzuklären.



Bei einem weiteren Experiment geht es um Farbstoffsolarzellen – eine Erfindung, die Michael Grätzel, Professor an der ETH Lausanne, 1992 patentieren liess. Grätzel-Zellen bestehen aus mehreren Schichten. Augenfällig ist der Farbstoff, der das Licht einfängt und dabei Elektronen freisetzt. Darunter steckt eine poröse Schicht aus winzig kleinen Titandioxid-Partikeln, welche die Elektronen weiterleitet. Die Elektronen sind die Ladungsträger, welche den Strom liefern. «Wir wollen herausfinden, was in der Grätzel-Zelle in den allerersten Momenten passiert, wenn Licht auf sie fällt – wohin der Strom fliesst oder wo er feststeckt, was man natürlich nicht möchte», sagt Christopher Milne.

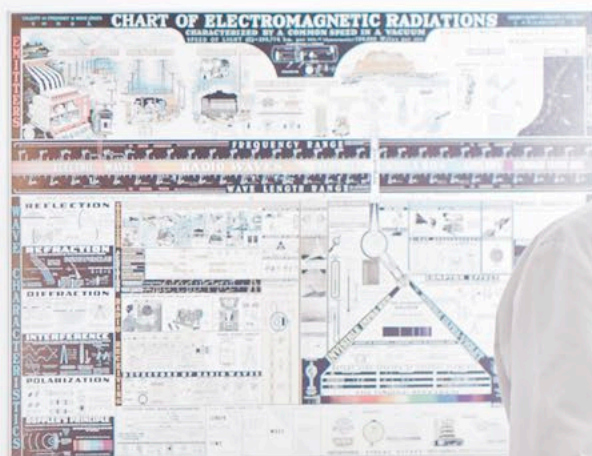
«Bei den Solarzellen geht es vor allem darum, die Effizienz zu steigern», sagt Giulia Mancini. Sie wird Experimente mit Kobaltoxid durchführen, das sich noch besser für Solarzellen eignen könnte. Camila Bacellar dagegen will mit dem SwissFEL herausfinden, wie sich Moleküle in Lösungen verhalten. «Dies ist Grundlagenforschung», sagt die Wissenschaftlerin. Ihre Proben bestehen aus in Alkohol gelöstem Iod, das für uns lebenswichtig ist. «Während der ersten Pilotexperimente haben wir Daten analysiert, programmiert, eine Probe präpariert oder bei einer anderen Gruppe Informationen eingeholt, um ein Problem zu lösen – ein echtes Multitasking», erzählt Giulia Mancini. «So wie man sich auf einem Filmset um vieles kümmern muss, Maske, Kostüm, Requisite, Ausstattung, Ton, Aufnahmeleitung.» Nun schreiben die Wissenschaftlerinnen an den Drehbüchern für ihre eigenen Forschungsfilme. «Langweilig wird es in diesem Job nie», meinen die beiden lachend. ♦



## Cedric Cozzo

Cedric Cozzo schreibt und erweitert stetig ein Computerprogramm. Mit diesem führt er Computersimulationen von Prozessen durch, die in Kernkraftwerken geschehen. Unter anderem berechnet er damit, wie sich neue Kernbrennstoffe und Hüllrohr-Materialien, die derzeit noch in der Entwicklung sind, verhalten werden. Die Schweiz braucht auch mit der Energiestrategie 2050 und dem Ausstieg aus der Kernenergie noch Expertenwissen zum Thema Kernkraft, damit Schweizer Forschende fundiert verfolgen können, was weltweit in diesem Bereich geschieht. Dazu tragen Cozzo und seine Kollegen mit ihrer Arbeit bei.





# Ein Tag als Nachwuchsforscher

Physik ist nicht jedermanns Lieblingsfach. Am iLab des PSI erleben Schüler die Materie anders: Mit Experimenten statt Formelbüffeln.

Text: Joel Bedetti

IN DER SCHWEIZ

Den Nutzen der Spektrometrie erklärt Beat Henrich seinen jugendlichen Gästen gerne mit dem Urknall. «Dass sich alles in unserem Universum stetig auseinanderbewegt», sagt er zu den siebzehn Schülern an den Experimentierstationen des Schülerlabors iLab, «wissen wir bloss, weil wir das Licht anderer Galaxien vermessen können.» Weil sich aber nicht alle Vorgänge im Weltraum durch Materie erklären lassen, die Licht erzeugt oder zurückwirft, fährt Henrich fort, erforsche man derzeit die «Dunkle Materie», das grosse Rätsel in der Entstehungsgeschichte des Alls. «Wenn ihr da eine Entdeckung macht», schliesst der Leiter des iLab, «seid ihr Kandidaten für den Nobelpreis.»

Sitzt hier eine künftige Nobelpreisträgerin? Oder ein künftiger Spitzenforscher? Michael Portmann, Physiklehrer an der Kanti Alpenquai in Luzern, wirft einen Blick auf die Maturanden und Maturandinnen seiner zwei Schulklassen, mit denen er heute ans PSI gereist ist. «Natürlich kann man das jetzt nicht sagen», sagt Portmann, der seit 15 Jahren Physik unterrichtet und von einer Handvoll seiner ehemaligen Schüler weiss, dass sie später sein Fach studiert haben. «Aber hier zeigt sich, wer der Forschung offen gegenübersteht.»

Junge Menschen für die Physik zu begeistern, war die Absicht, mit der Forschende des PSI im April 2008 das iLab gründeten. Das Schülerlabor des Paul Scherrer Instituts soll Schülern als Fenster in die Forschungswelt dienen. «Physik ist ein eher unbeliebtes Schulfach», sagt Henrichs Stellvertreterin Anita Walther. Das habe nicht nur mit der theoretischen Materie, sondern auch mit der Infrastruktur zu tun. «In vielen Schulen fehlt das Material, um einer ganzen Klasse das Experimentieren zu ermöglichen.» Im iLab dagegen können Jugendliche aller Schulstufen Physik spielerisch erleben. Primarschüler etwa beobachten, dass ein schrillender Wecker in einer Vakuumkammer still bleibt – weil sich ohne die Luft der Schall nicht ausbreitet.

### Drei Olivenöle

Die Luzerner Gymnasiasten führen ein Spektrometrie-Experiment für Fortgeschrittene durch. An den Messinstrumenten wird ein Lichtstrahl an einer CD-Unterseite gestreut und mündet in einem Regenbogen, der als Kurvendiagramm auf Laptops aufgezeichnet wird. Links eichen acht Knaben der Schulklasse mit mathematisch-naturwissenschaftlichem Profil ihre spektrometrischen Geräte, rechts vier Mädchen und fünf Knaben aus der Klasse mit biochemischem, gestalterischem und sportlichem Profil. Dieses Geschlechterverhältnis ist typisch.

«Physik war lange eine Männerdomäne», sagt Lehrer Portmann. «Das spiegelt sich auch heute

noch in der Sprache wieder.» Er versucht, Gegensteuer zu geben, etwa indem er bei Geschwindigkeitsbeispielen lieber Fahrräder statt Autos wählt. Anita Walther kennt das Phänomen auch von ihren iLab-Experimenten: «Jungs strecken öfter auf, auch wenn es die Mädchen genauso gut wissen.» Manchmal trennt sie die Klassen deshalb. «Dann trauen sich Mädchen mehr, etwas beizutragen.»

Doch heute zeigt sich bei einer Befragung an den Experimentierstationen: Die einzige anwesende Person, die sich ernsthaft überlegt, Physik zu studieren, ist die Sportgymnasiastin Alisha Baumgartner. «Physik ist alltagsbezogen», betont sie. «Zum Beispiel wenn man die Bewegungsabläufe von Spitzensportlern optimieren will.»

Alltagsbezogen ist auch das nächste Experiment im iLab: Es geht um Olivenöl. Auf dem Materialtisch stehen drei identisch aussehende Flaschen, ihr Inhalt ist in Ampullen daneben abgefüllt. In Kleingruppen halten die Schüler die Ampullen nun in den Lichtstrahl ihrer Stationen. Die Kurven auf dem Laptop signalisieren, dass die Öle unterschiedlich viel Licht durchlassen. «Woran könnte das liegen?», fragt Beat Henrich. «Welchen Stoff enthalten Pflanzen wie Oliven?» – «Chlorophyll», schallt es zurück.

Also beauftragt Henrich die Jugendlichen, einen Vergleichstest mit Grünzeug vom Vorplatz des iLab zu machen. Alisha Baumgartner extrahiert mit ihrer Kollegin Salomé Häcki das Chlorophyll mit Mörser und Stößel, bringt es in eine Ampulle und legt diese in die Probenhalterung. Eine Kurve knapp oberhalb der anderen drei Kurven entsteht. «Weiss jemand, welcher Faktor den Unterschied macht?», fragt Henrich die Schülerinnen und Schüler. Jemand streckt auf: «Wegen dem Alter.» Henrich nickt und zeigt auf die drei Olivenölfaschen. «Alle haben ein anderes Ablaufdatum», erklärt er. «Unser Experiment hat uns gezeigt, dass sich manchmal mit Licht das Alter von Materie messen lässt.» Das sei jetzt schnell gegangen, meint er beeindruckt, während die Schüler in die Mittagspause strömen. Meist dauere es eine Weile, bis jemand darauf komme.

### Forschende brauchen einen langen Atem

Am Nachmittag besucht die Klasse mit langsam schwindender Konzentration das Besucherzentrum des PSI und die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS, wo Forschende zwischen den Grossgeräten herumeilen. «Hier sehen alle so schlau aus», raunt ein Schüler, während Beat Henrich erklärt, wie die Magnete die Elektronen in beinahe Lichtgeschwindigkeit auf der Kreisbahn halten.

Die Tour endet in einem der fensterlosen Kontrollcontainer, in denen Forschende während ihrer

Am 4. April des Jahres

# 2008

wurde am PSI das Schülerlabor iLab gegründet.

# 28 343

Schülerinnen und Schüler haben in den zehn Jahren seit der Gründung das iLab besucht.

# 84 %

der Jugendlichen geben im Auswertungsbogen nach ihrem Besuch an, dass sie die Experimente im iLab interessant fanden.





Experimentierzeit arbeiten. Über den Schreibtischen sind auf einer Ablage die Zeugen besonders erfolgreicher Experimente abgestellt: Eine Kollektion ausgetrunkener Weinflaschen, deren Etiketten mit den entschlüsselten Molekularstrukturen überschrieben sind. «Das ist der Forscherlohn», sagt Henrich trocken. «Und zwar, nachdem man in monatelanger, mühsamer Kleinstarbeit einen Kris-

tall hergestellt und ihn schliesslich innerhalb weniger Minuten durch das Durchleuchten mit einem Synchrotron-Röntgenstrahl zerstört hat.» Henrich, selbst ehemaliger Forscher, stellt klar, dass Forschende einen langen Atem brauchen.

Zurück im iLab füllen die Klassen Feedbackbögen aus. Die positiven Antworten überwiegen. «Die Meisten haben Spass bei uns», sagt Anita Walther und fügt lachend hinzu: «Aber es hat auch einmal jemand geschrieben: Das war der schlimmste Tag meines Lebens.» Was das iLab in den fast zehn Jahren seiner Existenz bewirkt hat, lässt sich nur schwer abschätzen. Er habe noch von keinem Physikdoktoranden gehört, der als Schüler im iLab war, sagt Beat Henrich, dafür sei es noch zu früh. «Wir hatten aber schon einen Bezirksschüler, der sich nach dem Besuch für eine Lehre als Physiklaborant am PSI entschied», so Anita Walther.

Und wer weiss: Vielleicht ist ja heute doch eine junge Person durch die Tür des iLab getreten, die in der Zukunft die Dunkle Materie des Universums untersuchen wird. Alisha Baumgartner jedenfalls ist nicht von ihrem Studiumswunsch abgekommen. ♦

**«Physik ist alltagsbezogen.  
Zum Beispiel wenn man die  
Bewegungsabläufe von Spitzen-  
sportlern optimieren will.»**

Alisha Baumgartner,  
Schülerin an der Kanti Alpenquai in Luzern

# Aktuelles aus der PSI-Forschung

Innerhalb von **3** Stunden muss das am PSI hergestellte Diagnosemittel verwendet werden.

**30** Kilometer beträgt die Entfernung zwischen PSI und dem Kantonsspital Aarau.

**3** Einrichtungen in der Schweiz stellen das Mittel her.

## 1 Medikamente für Aargauer Patienten

Prostatakrebs ist in der Schweiz die Krebsart mit den meisten Neuerkrankungen. Seit Neuestem stellt das PSI für die Kantonsspitäler Aarau und Baden ein Medikament für die Diagnostik von Prostatakrebs her. Das Medikament ist ein sogenanntes Radiopharmakon, das heisst, es besteht aus zwei Komponenten – einem Biomolekül, das sich besonders gut mit den Krebszellen verbindet, und einem radioaktiven Isotop. Wenn das Isotop zerfällt, erzeugt es Strahlung, die ausserhalb des Körpers nachgewiesen werden kann, und es so den Ärzten ermöglicht, die Lage von Prostatakrebs-Metastasen im Körper zu bestimmen. Da das verwendete Isotop eine sehr kurze Halbwertszeit hat, muss das Mittel in der Nähe der Spitäler hergestellt werden. Das PSI verfügt als einzige Einrichtung in der Region über die dafür nötige Infrastruktur.

## 2 Saubere Dieselabgase

In Diesel-Motoren entstehen bei der Verbrennung gesundheitsschädliche Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ). Die Fahrzeugindustrie hat daher ein Verfahren entwickelt, das deren Emissionen reduziert: Ein Hilfsstoff, bekannt unter dem Markennamen AdBlue, wird in das Abgas eingespritzt. Dort zerfällt der Hilfsstoff zu Ammoniak. Das Ammoniak wiederum reagiert mit den Stickoxiden, angeregt durch einen Katalysator, zu harmlosem Stickstoff und Wasser. Bei niedrigen Temperaturen funktioniert dieser Prozess jedoch noch nicht optimal.

Wissenschaftler am PSI haben nun erstmals auf molekularer Ebene verstanden, was Abhilfe schafft: Die genaue Menge des zugegebenen Ammoniaks muss je nach Abgastemperatur variiert werden. Mit diesem Wissen können Hersteller die Wirksamkeit ihrer Katalysatoren für Dieselfahrzeuge verbessern.

Weitere Informationen:  
<http://psi.ch/Bgp6>

### 3 Ausgezeichnete Bioenergie

Die Energie aus Bioabfällen effizient nutzen: Eine am PSI entwickelte und gemeinsam mit dem Zürcher Energieversorger Energie 360° erfolgreich getestete Technologie macht das möglich. Sie holt um 60 Prozent mehr Methan, den Hauptbestandteil von Erdgas, aus den Abfällen heraus als herkömmliche Verfahren. Ihr Geheimnis: Das bei der Vergärung von Bioabfällen neben Methan entstehende Kohlendioxid wird nicht wie bisher abgetrennt; es wird genutzt, um noch mehr Methan zu erzeugen. Dabei ist die Qualität des Biomethans so hoch, dass es direkt in das Erdgasnetz eingespeist werden kann. Das hat auch die Jury des Watt d'Or 2018 überzeugt: Das Gemeinschaftsprojekt wurde mit dem Schweizer Energiepreis ausgezeichnet.

Weitere Informationen:  
<http://psi.ch/QWbn>

### 4 Produktionssteigerung

Wie viele Hochleistungsbauteile aus Keramik können gleichzeitig im Ofen ausgebrannt werden, ohne dass ihre Qualität leidet, wollte ABB wissen. An seinem Standort in Wettingen, Aargau, stellt das Technologieunternehmen spannungsabhängige Widerstände aus Keramik her. Diese werden in einer Art Blitzableiter eingesetzt, der wiederum elektrische Mittel- und Hochspannungsleitungen vor Überspannung schützt. Forschende am PSI haben im ABB-Auftrag diese Keramikbauteile untersucht. Mit der am PSI schweizweit einmaligen Neutronenbildgebung machten sie die Materialveränderungen sichtbar, die die Keramiken im Ofen durchlaufen. Anhand der PSI-Ergebnisse konnten die ABB-Mitarbeitenden sehen, wo es bei gleichbleibender Qualität der Keramiken noch Potenzial für eine Prozessoptimierung gibt. Die Studie wurde vom Hightech Zentrum Aargau gefördert.

Weitere Informationen:  
<http://psi.ch/8foe>

# Ganz schön nützlich

Das Paul Scherrer Institut wird 30. Sonst feiern Institute zünftig den 25. Geburtstag und melden sich dann zum 50. wieder. Wir heben aber jetzt schon mal den Finger und präsentieren PSI-Ergebnisse aus den ersten drei Jahrzehnten, von denen alle profitieren können. Dazu blicken wir auf fünf Daten zurück, die für die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des PSI eine besondere Bedeutung haben, und zeigen auf, was zu gleicher Zeit sonst die Schweiz bewegte.

Text: Dagmar Baroke

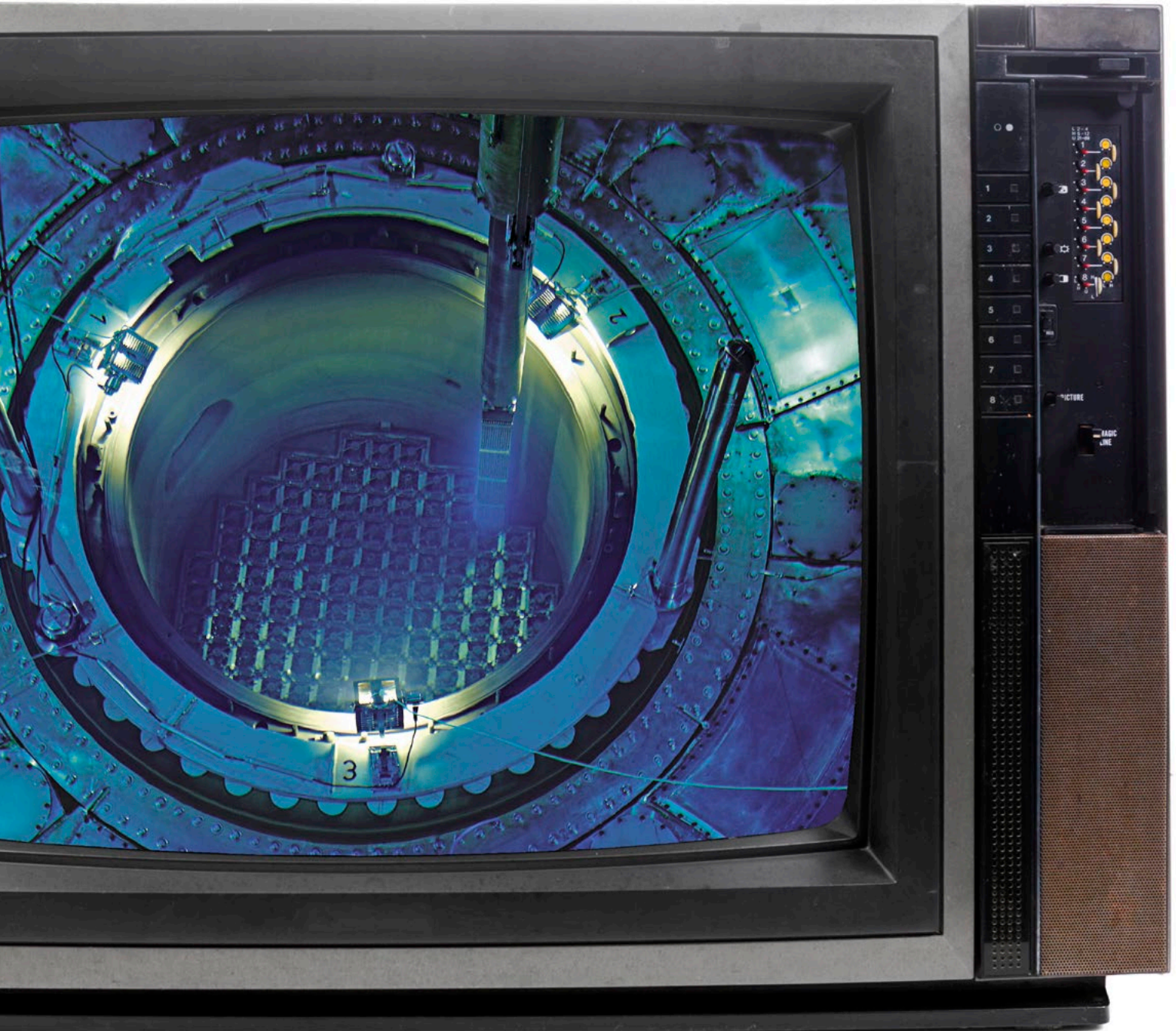
## 1988

Auf Donnerstag, den 01.09.1988, ist die Vereinbarung «STARS» datiert. Damit verpflichtete sich das PSI, die für die Sicherheits-Überwachung der Schweizer Kernkraftwerke zuständige Aufsichtsbehörde, das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, fachkundig zu unterstützen. Heute liegt der Fokus des Programms auf der Kern- und Brennstoffsicherheit. So berechnete das PSI im Jahr 2011 zum ersten Mal vollständig die Kernbeladung der Brennstäbe für das Kraftwerk Beznau 1, die der Kernkraftwerksbetreiber vorgeschlagen hatte. Mittlerweile führt das PSI entsprechende Berechnungen jedes Jahr für alle Schweizer Kernkraftwerke durch. Erfreulich: Das PSI konnte bisher immer die Berechnungen der Werke bestätigen.



## GALERIE

News +++ 01.09.1988 +++ Inland: Melchaa-Schlucht – Sanierung von Europas höchstgelegener gedeckter Holzbrücke + Flugmeeting «Air 88»: Startverbot für Patrouille Suisse nach Ramstein-Desaster + Lausanne: Grosse Sorgen um Kathedrale – Ostturmsockel verformt sich + Wirtschaft: Erfolgreiche erste Fusionsphase bei ABB + Feuilleton: Max-Bill-Ausstellung in Leipzig + Sport: Erster Heimsieg Bellinzonas gegen GC seit 20 Jahren +++



News +++ 25.11.1996 +++ Inland: Solidarität in der Westschweiz – Leidenschaftliche Freiburger gegen das Verschwinden der Brasserie Cardinal + Vermischtes: Autofahrer in Schnee und Eis + Wirtschaft: Emmi wird zu einer Holdinggesellschaft + Feuilleton: Techno Party «Evolution 3» im Kongresshaus Zürich + Sport: Martina Hingis (16) gegen Steffi Graf bei WTA-Meisterschaft, New York: Tapfere Martina! Wir sind stolz! +++



## 1996

Am Montag, den 25.11.1996, wurde am Paul Scherrer Institut PSI der weltweit erste Krebspatient mit einem neuen Bestrahlungsverfahren behandelt: mit der sogenannten Spot-Scanning-Technik für Protonenstrahlen. Die von PSI-Forschenden entwickelte Methode war damals ein Durchbruch in der Strahlentherapie und wurde dank ihrer Präzision rasch zum Erfolgsprodukt: Heute ist das Spot-Scanning, das mittlerweile auch als Pencil Beam Scanning bezeichnet wird, weltweit das Standardverfahren in der Protonentherapie zur Tumorbehandlung.



## 1999

Am Freitag, den 10.09.1999, schauten Forschende an der PSI-Grossforschungsanlage SINQ zum ersten Mal mit der Methode der Neutronenradiografie in eine Brennstoffzelle, ohne diese dabei zerstören zu müssen. In den folgenden Jahren wurden sowohl die Messtechnik als auch das Fachwissen zu Brennstoffzellen am PSI stetig ausgebaut. Mit diesem kombinierten Fachwissen wurde das PSI für Autobauer weltweit zum gefragten Messplatz. So auch für Toyota, die seit 2004 am PSI misst. Die Ergebnisse stecken unter anderem im Toyota Mirai, der 2014 auf den Markt kam.

News +++ 10.09.1999 +++ Inland: Schwyz zieht davon: 4. Steuersenkung in Serie + Vermischtes: TV-Spektakel in Eiger nordwand: 30-stündige Live-Übertragung + Magisches Datum auf Trauschein: 9.9.1999 + Wirtschaft: Katastrophaler Datumswechsel – Weltuntergang oder Milleniums-Rezession? + Euro in Franken: 1.6023 + Feuilleton: Gilles Jobin, die führende Figur im Neuen Tanz + Sport: Nach Out in EM-Quali: Tritt Gilbert Gress zurück? +++

## 2007

Am Mittwoch, den 25.07.2007, wurde das Novartis-Medikament «Tasigna» zur Behandlung der chronischen myeloischen Leukämie in der Schweiz zugelassen. Fünf Jahre zuvor hatte sich gezeigt, dass das Vorläufermedikament Glivec nicht bei allen Patienten wirksam war. Das neue und potentere Medikament konnte nur dank Untersuchungen mittels Röntgenstrukturanalyse so rasch entwickelt werden. Dieses Verfahren erlaubt es, die Strukturen der für die Erkrankung relevanten Moleküle im Detail zu bestimmen. Strukturen, die zu einem besseren Verständnis der Resistenzen bei Glivec führten und damit das Finden von Tasigna ermöglichten, wurden auch am PSI gelöst. Novartis ist seit 2001 Dauernutzerin eines Messplatzes an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS des PSI.



News +++ 25.07.2007 +++ Inland: St. Gallen will das Rauchen in öffentlichen Räumen verbieten + Vermischtes: Léon Huber und Frau Verena: gemeinsames Sorgerecht für Pudel Ronny + Lausanne, Rue de Bourg: Krawall bei legendärer Pizzeria + Wirtschaft: Rega ist beliebtestes Unternehmen + Feuilleton: Krokus-Leadsänger gegen Wiedervereinigung der Band + Festival von Nyon begann mit Pierre Lapointe, Duoud, Arctic Monkeys und «!!!» +++



News +++ 04.08.2017 +++ Inland: Der Staat braucht einen digitalen Kick + Lüscher lanciert Pierre Maudet + Vermischtes: Schädlingsbekämpfungsfirma in Glattbrugg: Es wird eng für die Ratte + Wirtschaft: Morschach ist Champion der Tourismus-Orte + 1.-August-Hagel führt zu Millionenschaden + Bund setzt Flughafen Zürich unter Druck + Feuilleton: In Locarno beginnt das 70. Filmfestival + Pippo Pollina auf dem Floss in Basel + Sport: Aufwärtstrend der Schweizer Leichtathletik +++



## 2017

Am Freitag, den 04.08.2017, wurde die Firma GratXray ins Handelsregister eingetragen. Ihr Ziel ist es, neuartige Diagnostikgeräte auf den Markt zu bringen, die die heutige Mammografie zur Brustkrebsvorsorge ablösen sollen. Die Untersuchung wird für die Patientinnen dann schmerzfrei sein und den Ärztinnen und Ärzten hochpräzise dreidimensionale Bilder der Gewebestrukturen liefern. Die Grundlagen dafür wurden zwölf Jahre zuvor am PSI gelegt: Ein Bildgebungsverfahren für die Forschung mit Röntgenlicht, das am PSI für seine Grossforschungsanlage Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS entwickelt wurde, funktionierte auch mit «normalem» Röntgenlicht. Deshalb haben die PSI-Forscher das Verfahren für Anwendungen in der Medizintechnik weiterentwickelt.

Mehr Highlights aus 30 Jahren PSI-Forschung können Sie in den Sonderbeilagen von NZZ und Le Temps lesen, die am Montag, den 15.10.2018, erscheinen werden.

# Der Gipfelstürmer

Am PSI war Pierre-Alain Herren der Mann für Gletscher-Expeditionen. Heute sorgt er beim Energieriesen Alpiq dafür, dass Kraftwerke genau zur richtigen Zeit Strom produzieren.

Text: Joel Bedetti

Als bei einer Forschungsexpedition in den Anden im Jahr 2010 mitten in der Nacht die Erde bebte, war Pierre-Alain Herren schnell aus dem Zelt, um nach den anderen zu schauen und zu helfen. Margit Schwikowski war wieder einmal froh darum, ihn als Doktoranden in ihrem Team zu haben. Noch heute schreiben sich Herren und Schwikowski, Professorin und Leiterin des Labors für Umweltchemie am Paul Scherrer Institut. Manchmal gehen sie essen. Beruflich verbindet sie jedoch nichts mehr. Während Schwikowskis Doktoranden üblicherweise in der Wissenschaft bleiben oder zu Pharma-Labors in der Industrie wechseln, entlockt Herrrens heutiger Beruf der Professorin noch immer einen verwunderten Lacher: «Pierre-Alain verkauft jetzt Strom.»

Ein Sitzungszimmer im Lausanner Hauptsitz des Energiekonzerns Alpiq. Pierre-Alain Herren, 35 Jahre, sportliche Statur und grosskariertes Jackett, ist mit Leidenschaft bei der Sache. Er steht auf und setzt sich wieder, stösst mal ein belustigtes Schnauben aus, runzelt ungeduldig die Stirn, lehnt sich dann wieder aufmerksam nach vorne.

Ihm gegenüber sitzt der Direktor eines Walliser Speicherkraftwerks. Seit eineinhalb Stunden diskutieren die beiden über Verträge und technische Details eines Geschäfts. Das Kraftwerk hat zwei Abflüsse zur Stromgewinnung, von denen der eine Alpiq gehört – das Unternehmen produziert damit Strom für den Markt. Der zweite Abfluss gehört einem anderen Unternehmen, das damit Strom für den Eigenbedarf erzeugt und nun aufgrund eines Energie-Engpasses mehr Wasser in seinem Kanal möchte. Das Unternehmen würde Alpiq dafür eine gute Kompensation zahlen. Alpiq möchte dieses Geschäft eingehen.

Doch nun hat der Kraftwerksdirektor einen Einwand: «Aktuell laufen Unterhaltsarbeiten rund ums

Kraftwerk», sagt er und verschränkt die Arme. «Warten wir doch ab, bis diese abgeschlossen sind, bevor wir die Wassermengen ändern.»

«Ich respektiere das, würde jedoch lieber vorwärts machen», erwidert Herren und klopft mit dem Stift auf die Tischplatte. Der Strompreis an den Börsen ist in den letzten Jahren eingebrochen und hat der Rentabilität der Wasserkraft enorm zugesetzt. Unternehmen wie Alpiq brauchen deshalb unkonventionelle Deals. Pierre-Alain Herrrens Aufgabe ist es, sie möglich zu machen.

Eine Weile geht es noch hin und her, dann sind alle zufrieden. Der Deal kann geschlossen werden. Herren verabschiedet den Kraftwerksdirektor mit charmantem Lächeln. Im Sitzungszimmer kommt Herren dieselben Qualität zugute, die ihm auch auf den Berggipfeln oder in den PSI-Labors das Leben vereinfachte: Er kann es einfach gut mit den Menschen.

## Gleich ins mongolische Bergland

Herren wuchs bilingue in der Stadt Freiburg auf, die Mutter ist Französin, der Vater Deutschschweizer. Genauso wie zwischen den beiden Sprachen wechselt Herren zwischen Naturbursche und Stadtkind. Während des Studiums der Umweltwissenschaften an der ETH Zürich ging Herren am Wochenende Bergsteigen – oder tanzte im kultigen Elektroclub Dachkantine. «Das war eine schöne Zeit», erinnert er sich und fügt augenzwinkernd an: «Ich musste auch niemanden beeindrucken auf dem Dancefloor.» Herren war schon seit der letzten Maturawoche mit der Frau zusammen, mit der er inzwischen verheiratet ist. Gemeinsam haben sie drei Kinder.

Nach dem Studium wollte Herren eine Dissertation anhängen, um inhaltlich in die Tiefe zu gehen.





**«Ich weiss, welche Informationen ich brauche, um eine Lösung zu finden.»**

Pierre-Alain Herren, Head of Asset Development, Alpiq



Ans PSI gelangte er durch Zufall: In der Forschungsgruppe für Analytische Chemie, schon damals geleitet von Margit Schwikowski, gab es einen jungen Forscher, den Herren während einer Laborassistenten für den Zivildienst kennengelernt hatte. Dieser Forscher empfahl Schwikowski, Herren eine Dissertationsstelle anzubieten. Ein Teil der erfolgreichen Empfehlung lautete: «Der ist Bergsteiger, das würde doch passen.»

Anders als der Name der Gruppe «Analytische Chemie» vermuten lässt, sind diese Forschenden oft draussen. Sie bohren für klimahistorische Rückschlüsse Eiskerne aus Gletschern. Bevor Herren seine Stelle antrat, nahm ihn Schwikowski gleich auf eine dreiwöchige Expedition ins mongolische Bergland mit. Da das PSI mit russischen Forschern kooperierte, erfolgte die Anreise in einem Helikopter des russischen Geheimdiensts. Während vor Ort einige im Team zu Beginn noch mit der Höhe kämpften, war Herren von Anfang an voll einsatzfähig.

Fortan begleitete er fast jede Expedition. «Ich verbrachte sicher zwei Wochen im Jahr im Expeditionszelt», erinnert sich Herren. Zu den Zielen gehörten Schweizer Gletscher genauso dazu wie exotische Destinationen, unter anderem ging es auf den Kilimandscharo. Und 2010 eben auch in die Anden. Nach der dortigen Erdbebennacht machte sich das Team bei Tagesanbruch fertig für den Abstieg. Nur Pierre-Alain Herren und der Schweizer Bergführer, der die Expedition begleitete, erklommen noch kurz den nächsten Gipfel.

### Schneller Aufstieg

Zurück in der Schweiz putzte Herren aber nicht nur seine Bergschuhe. Am PSI zersägte er Eisproben aus der Mongolei im Kühlraum und untersuchte sie würfelweise auf ihr Alter und bestimmte schliesslich anhand der Eiszusammensetzung die jeweilige, damals vorherrschende Temperatur. Am Ende hatte er 18 000 Daten zusammen. Eines der Resultate seiner Forschung: In der Mongolei herrschte vor 6000 Jahren ein deutlich wärmeres Klima als heute.

Das letzte Jahr am PSI war ein Schicksalsjahr: Innerhalb weniger Monate verunglückten der Bergführer, der die Forschungsgruppe mehrmals begleitet hatte, sowie ein Doktorand der Forschungsgruppe tödlich. Beide in den Bergen.

Auf der positiven Seite kam im selben Jahr Herrns erstes Kind zur Welt. Die Wissenschaftlerlaufbahn mit ihren vielen befristeten Arbeitsverträgen war dem frischgebackenen Vater zu ungewiss. Also suchte er sich nach Abschluss einen Job in der Energieindustrie. «Das fand ich als Umweltwissenschaftler ein spannendes Feld.»

Vor vier Jahren trat Herren dann als Stromhändler in die Alpiq ein. Nach einem Jahr wurde er Projektleiter und kurze Zeit später «Head of Asset Development». Seither entwickelt Herren mit zwei Mitarbeitern neue Geschäftsmodelle. Sein Arbeitsplatz ist in einem Grossraumbüro: dem Trading Floor der Alpiq. Wie auf dem Börsenparkett kaufen und verkaufen von hier aus Händler Strom in ganz Europa.

Oft jedoch ist Herren unterwegs. Denn Schweizer Kraftwerke gehören meist mehreren Besitzern, die Alpiq ist dann Mitbesitzerin und meistens Betreiberin. Um die verschiedenen Interessen unter einen Hut zu bringen, gibt Herren hier ein Zückerchen, fordert dort einen Gefallen ein. Er ist vom Forscher zum Diplomaten geworden.

Das PSI ist eine Welt, die für ihn jeden Tag etwas weiter zurückliegt. Trotzdem, sagt Herren, spüre er eine Zusammengehörigkeit, wenn er jemanden trifft, der auch mal am PSI war. Er lacht. «Man ist Mitglied dieses Stammes, ob man will oder nicht.» Zudem helfe ihm bis heute die Arbeitsweise, die er am PSI gelernt hat. «Ich weiss, welche Informationen ich brauche, um eine Lösung zu finden.» Anders geworden sei die Tragweite seines Jobs. «Als Doktorand war ich noch nervös, wenn ich eine Präsentation hielt. Hier ärgere ich mich, wenn ich ein Geschäft ausgeschlagen habe, welches einen guten Gewinn gebracht hätte.» ♦

# Im Aargau zu Hause forschen wir für die Schweiz in weltweiter Zusammenarbeit.





4

schweizweit einzigartige  
Grossforschungsanlagen

800

Fachartikel jährlich, die auf  
Experimenten an den  
Grossforschungsanlagen beruhen

5000

Besuche jährlich von Wissen-  
schaftlern aus der ganzen Welt, die  
an diesen Grossforschungs-  
anlagen Experimente durchführen

5232 ist die Adresse für Forschung an Grossforschungsanlagen in der Schweiz. Denn das Paul Scherrer Institut PSI hat eine eigene Postleitzahl. Nicht unge-rechtfertigt, finden wir, bei einem Insti-tut, das sich über 352 643 Quadratmeter erstreckt, eine eigene Brücke über die Aare besitzt und mit 2000 Beschäftigten mehr Mitarbeitende hat, als so manches Dorf in der Umgebung Einwohner.

Das PSI liegt im Kanton Aargau auf beiden Seiten der Aare zwischen den Gemeinden Villigen und Würenlingen. Es ist ein Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften des Bundes und gehört zum Eidgenössischen Technischen Hochschul-Bereich (ETH-Bereich), dem auch die ETH Zürich und die ETH Lausanne angehören sowie die Forschungsinstitute Eawag, Empa und WSL. Wir betreiben Grundlagen- und angewandte Forschung und arbeiten so an nachhaltigen Lösungen für zentrale Fragen aus Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft.

#### Komplexe Grossforschungsanlagen

Von der Schweizerischen Eidgenossen-schaft haben wir den Auftrag erhalten, komplexe Grossforschungsanlagen zu entwickeln, zu bauen und zu betreiben. Unsere Anlagen sind in der Schweiz ein-zigartig, manche Geräte gibt es auch weltweit nur am PSI.

Zahlreiche Forschende, die auf den un-terchiedlichsten Fachgebieten arbeiten, können durch Experimente an solchen Grossforschungsanlagen wesentliche Erkenntnisse für ihre Arbeit gewinnen. Gleichzeitig sind Bau und Betrieb derar-tiger Anlagen mit einem so grossen Auf-wand verbunden, dass Forschergruppen an den Hochschulen und in der Industrie an der eigenen Einrichtung solche Mess-geräte nicht vorfinden werden. Deshalb stehen unsere Anlagen allen Forschenden offen.

Um Messzeit für Experimente zu er-halten, müssen sich die Forschenden aus dem In- und Ausland jedoch beim PSI bewerben. Mit Experten aus aller Welt besetzte Auswahlkomitees bewerten diese Anträge auf ihre wissenschaft-liche Qualität hin und empfehlen dem PSI, wer tatsächlich Messzeit bekom-men soll. Denn obwohl es rund 40 Mess-plätze gibt, an denen gleichzeitig Expe-riente durchgeführt werden können, reicht die Zeit nie für alle eingegangenen Bewerbungen. Rund ein Drittel bis die Hälfte der Anträge muss abgelehnt werden.

Etwa 1900 Experimente werden an den Grossforschungsanlagen des PSI jährlich durchgeführt. Die Messzeit ist am PSI für alle akademischen Forschenden kostenlos. Nutzer aus der Industrie können für ihre proprietäre Forschung in einem besonderen Verfahren Messzeit kaufen und die Anlagen des PSI für ihre

angewandte Forschung verwenden. Das PSI bietet dafür spezielle Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen an.

Insgesamt unterhält das PSI vier Grossforschungsanlagen, an denen man in Materialien, Biomoleküle oder technische Geräte blicken kann, um die Vorgänge in deren Innerem zu erkunden. Dort «leuchten» die Forschenden bei ihren Experimenten mit unterschiedlichen Strahlen in die Proben, die sie untersuchen wollen. Dafür stehen Strahlen von Teilchen – Neutronen bzw. Myonen – oder intensivem Röntgenlicht – Synchrotronlicht bzw. Röntgenlaserlicht – zur Verfügung. Mit den verschiedenen Strahlenarten lässt sich am PSI eine grosse Vielfalt an Materialeigenschaften erforschen. Der grosse Aufwand hinter den Anlagen ergibt sich vor allem daraus, dass man grosse Beschleuniger braucht, um die verschiedenen Strahlen zu erzeugen.

### Drei eigene Schwerpunkte

Das PSI ist aber nicht nur Dienstleister für externe Forschende, sondern hat auch ein ehrgeiziges eigenes Forschungsprogramm. Die von PSI-Forschenden gewonnenen Erkenntnisse tragen dazu bei, dass wir die Welt um uns besser verstehen, und schaffen die Grundlagen für die Entwicklung neuartiger Geräte und medizinischer Behandlungsverfahren.

Gleichzeitig ist die eigene Forschung eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg des Nutzer-Programms an den Grossanlagen. Denn nur Forschende, die selbst an den aktuellen Entwicklungen der Wissenschaft beteiligt sind, können die externen Nutzer bei ihrer Arbeit unterstützen und die Anlagen so weiterentwickeln, dass diese auch in Zukunft den Bedürfnissen der aktuellen Forschung entsprechen.

Unsere eigene Forschung konzentriert sich auf drei Schwerpunkte. Im Schwerpunkt Materie und Material untersuchen wir den inneren Aufbau verschiedener Stoffe. Die Ergebnisse helfen, Vorgänge in der Natur besser zu verstehen und liefern die Grundlagen für neue Materialien in technischen und medizinischen Anwendungen.

Ziel der Arbeiten im Schwerpunkt Energie und Umwelt ist die Entwicklung neuer Technologien für eine nachhaltige

und sichere Energieversorgung sowie für eine saubere Umwelt.

Im Schwerpunkt Mensch und Gesundheit suchen Forschende nach den Ursachen von Krankheiten und nach möglichen Behandlungsmethoden. Im Rahmen der Grundlagenforschung klären sie allgemein Vorgänge in lebenden Organismen auf. Zudem betreiben wir in der Schweiz die einzige Anlage zur Behandlung von spezifischen Krebserkrankungen mit Protonen. Dieses besondere Verfahren macht es möglich, Tumore gezielt zu zerstören und dabei das umliegende Gewebe weitgehend unbeschädigt zu lassen.

### Die Köpfe hinter den Maschinen

Die Arbeit an den Grossforschungsanlagen des PSI ist anspruchsvoll. Unsere Forscherinnen, Ingenieure und Berufsleute sind hoch spezialisierte Experten. Uns ist es wichtig, dieses Wissen zu erhalten. Daher sollen unsere Mitarbeitenden ihr Wissen an junge Menschen weitergeben, die es dann in verschiedenen beruflichen Positionen – nicht nur am PSI – einsetzen. Deshalb sind etwa ein Viertel unserer Mitarbeitenden Lernende, Doktorierende oder Postdoktorierende.

## IMPRESSUM

5232 – Das Magazin des Paul Scherrer Instituts

Erscheint dreimal jährlich.  
Ausgabe 2/2018 (Mai 2018)  
ISSN 2504-2262

### Herausgeber

Paul Scherrer Institut  
5232 Villigen PSI  
Telefon +41 56 310 21 11  
www.psi.ch

### Redaktionsteam

Dagmar Baroke, Monika Blétry,  
Martina Gröschl, Christian Heid,  
Dr. Laura Hennemann, Dr. Paul Piwnicki (Ltg.), Frank Reiser

### Design und Art Direction

Studio HübnerBraun

### Fotos

Scanderbeg Sauer Photography, ausser:  
Seite 22 / 23, 25, 38, 41: Markus Fischer;  
Seite 26 / 27: Sandra Ardizzone / Aargauer Zeitung;  
Seite 28 / 29 (Fernseher): Fotolia;  
Seite 28 / 29 (Blick in einen Reaktor): Axpo;  
Seite 30 (Polaroid-Rahmen): Fotolia;  
Seite 30 (Behandlungsraum Gantry 2): Scanderbeg Sauer Photography;  
Seite 31 (Foto-Rahmen): Fotolia;  
Seite 31 (Toyota Mirai): Bexim / wikimedia (Creative Commons 4.0);  
Seite 32 (Computer): Fotolia;  
Seite 32 (Nilotinib): SocratesJedi / wikimedia (Creative Commons 3.0);  
Seite 33 (iPad): Free Resource;  
Seite 33 (Solidaritätsribbon 2017): Pink Ribbon Schweiz;  
Seite 35, 36 / 37: Amélie Blanc.

### Grafiken

Studio HübnerBraun, ausser:  
Seiten 6, 7: Nick Radford;  
Seiten 12, 17, 20: Nina Sörös / WirzFraefelPaal Productions AG;  
Seite 15: Tobias Weinert.

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

Im Internet finden Sie 5232 unter:  
<https://www.psi.ch/5232/magazin-5232>

Sie können das Magazin kostenlos abonnieren unter: <http://psi.ch/1BRV>

PAUL SCHERRER INSTITUT

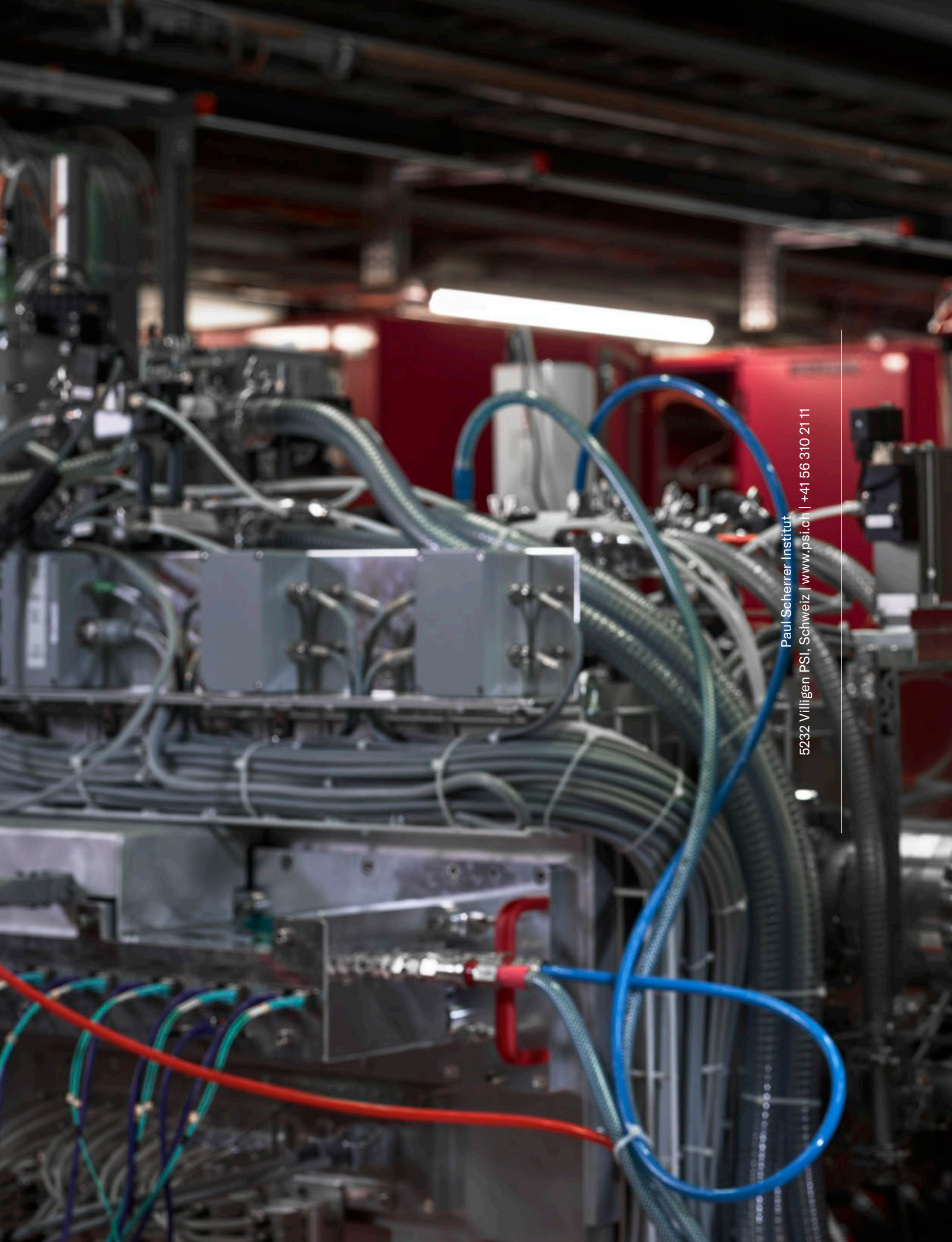






## Das erwartet Sie in der nächsten Ausgabe

Vom Forscher zum Unternehmer – immer mehr Wissenschaftler am PSI wagen diesen Schritt: Sie gründen sogenannte Spin-offs, in denen sie ihre Erfahrungen und Forschungsergebnisse in Innovationen umsetzen und auf den Markt bringen. So tragen sie dazu bei, dass Forschung rasch der Allgemeinheit und der Schweizer Wirtschaft zugutekommt. In der nächsten Ausgabe von 5232 zeigen wir, wie eine Idee zu einem Produkt wird und begleiten PSI-Forscher auf ihrem Weg ins Unternehmertum. Wir stellen Beispiele erfolgreicher Spin-offs des PSI vor und machen deutlich, dass Forscher und Unternehmer viel mehr gemeinsam haben, als man im ersten Moment vielleicht denkt.



Paul Scherrer Institut  
5232 Villigen PSI, Schweiz | [www.psi.ch](http://www.psi.ch) | +41 56 310 21 11