

203205



SCHWERPUNKTTHEMA

NEUE WEGE IN DIE ENERGIEZUKUNFT

SCHWERPUNKTTHEMA: NEUE WEGE IN DIE ENERGIEZUKUNFT

HINTERGRUND

Nutzen, was da ist

Am Paul Scherrer Institut PSI suchen Forschende nach Lösungen, wie man die Energie aus Sonne, Wind oder Biomasse effizient in das Schweizer Energiesystem integrieren kann.

Seite 10

INFOGRAFIK

Das Strom- und das Gasnetz verbinden

Das ist das Ziel einer Versuchsplattform für Energiesystemintegration, der ESI-Plattform am PSI.

Seite 14

INTERVIEWS

Eine Technologie im Praxistest

Der Zürcher Energieversorger Energie 360° hat in einem Gemeinschaftsprojekt mit dem PSI erfolgreich getestet, wie man die Biogas-Produktion aus Bioabfällen optimieren kann.

Seite 16

Profitabel für beide Seiten

So beschreibt Alexandre Closset, Geschäftsführer des Freiburger Brennstoffzellen-Unternehmens Swiss Hydrogen, die Zusammenarbeit mit dem PSI.

Seite 18

KONTEXT

Gemeinsam zum Ziel

Das PSI ist Teil eines Forschungsnetzwerks, dessen Mitglieder die Herausforderungen der Energiewende gemeinsam bewältigen wollen.

Seite 20

INHALT

NACHGEFRAGT	
Was machen Sie da, Herr Mesot?	4
DAS PRODUKT	
Medikamente	6
DAS HELFERLEIN	
Katzen-Schnurrhaar	7
 SCHWERPUNKTTHEMA: NEUE WEGE IN DIE ENERGIEZUKUNFT	8
 HINTERGRUND	
Nutzen, was da ist	10
 INFOGRAFIK	
Das Strom- und das Gasnetz verbinden	14
 INTERVIEWS	
Eine Technologie im Praxistest	16
Profitabel für beide Seiten	18
 KONTEXT	
Gemeinsam zum Ziel	20
IM BILD	
Anna Soter	21
IN DER SCHWEIZ	
Lausanne-Villigen retour	22
Die Jules-Gonin-Augenklinik bereitet Patienten für die Behandlung am PSI vor.	
IN KÜRZE	
Aktuelles aus der PSI-Forschung	26
1 Energie aus Kaffeesatz	
2 Dunkle Materie	
3 Energiezukunft	
4 Lungenbläschen	
GALERIE	
Unterwegs für die Forschung	28
Fünf Orte abseits der Postleitzahl 5232, an denen PSI-Forschende arbeiten.	
ZUR PERSON	
Der Weltenbummler	34
EPFL-Professor Majed Chergui hat die SLS – das grösste Mikroskop der Schweiz – mitentwickelt.	
WIR ÜBER UNS	38
IMPRESSUM	40
AUSBlick	41

1

Herr Mesot, die Energieforschung am PSI arbeitet traditionell eng mit der Industrie zusammen. Mit der ESI-Plattform, einer Versuchsplattform für Energiesystemintegration, wird diese Zusammenarbeit nun weiter intensiviert. Warum dieser Schritt?

Das Schweizer Energiesystem steht vor grossen Veränderungen, die Wissenschaft und Industrie nur gemeinsam bewältigen können. Mit der ESI-Plattform wollten wir hier eine Lücke schliessen: Sie ist eine Art «Missing Link» zwischen der Forschung und der industriellen Anwendung. Dabei konzentriert sie sich auf die Energiespeicherung – die aus meiner Sicht vorrangigste Herausforderung. Unsere Partner können damit zum einen testen, ob neue Technologien das Potenzial für eine industrielle Umsetzung haben. Sie können zum anderen direkt von unserem Knowhow in der Energieforschung profitieren, wodurch der Technologietransfer aus der Forschung in die Industrie beschleunigt wird.

2

Profitiert die Energieforschung am PSI dabei umgekehrt auch vom Knowhow der Industrie?

Natürlich. Die Perspektive der Industrie ermöglicht uns, präziser zu erkennen, an welchen Stellen wir unsere Forschung intensivieren müssen, um zu umsetzbaren Technologien zu kommen. So können wir die Anforderungen der Industrie bereits früh in die technologische Entwicklung integrieren. Zum anderen eröffnet die Industrie uns aber auch Möglichkeiten, unsere Ideen unter realen Bedingungen zu prüfen. So konnten wir eine Technologie zur Erzeugung von Biogas aus Bioabfällen testen.

3

Welche Rolle spielt die Vernetzung mit anderen Forschungseinrichtungen im Bereich Energie?

Eine wesentliche Rolle, denn die Zukunft der Energie ist noch nicht im Detail geschrieben. Wenn man sie wirkungsvoll gestalten will, ist es wichtig, nicht isoliert zu agieren. Noch sind viele Fragen offen. Um hier die besten Lösungen zu finden, müssen wir unsere komplementären Entwicklungen in einem Verbund koordinieren. So können wir über die vom Bund finanzierten Kompetenzzentren für Energieforschung (SCCER) in enger Zusammenarbeit mit den anderen Einrichtungen des ETH-Bereichs, aber auch mit Universitäten und Fachhochschulen, die unterschiedlichen Ansätze vergleichen und kombinieren. Letztendlich ist es das gemeinsame Ziel, ein effizientes und umweltgerechtes Energiesystem zu entwickeln. Dafür müssen alle an einem Strang ziehen.

Was machen Sie da, Herr Mesot?

NACHGEFRAGT

«Neue Wege in die Energiezukunft» ist das Schwerpunktthema dieser Magazinausgabe. Wären diese Wege auch ohne enge Zusammenarbeit zwischen Industrie und Wissenschaft denkbar? Joël Mesot, Direktor des Paul Scherrer Instituts, hat darauf eine klare Antwort.



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

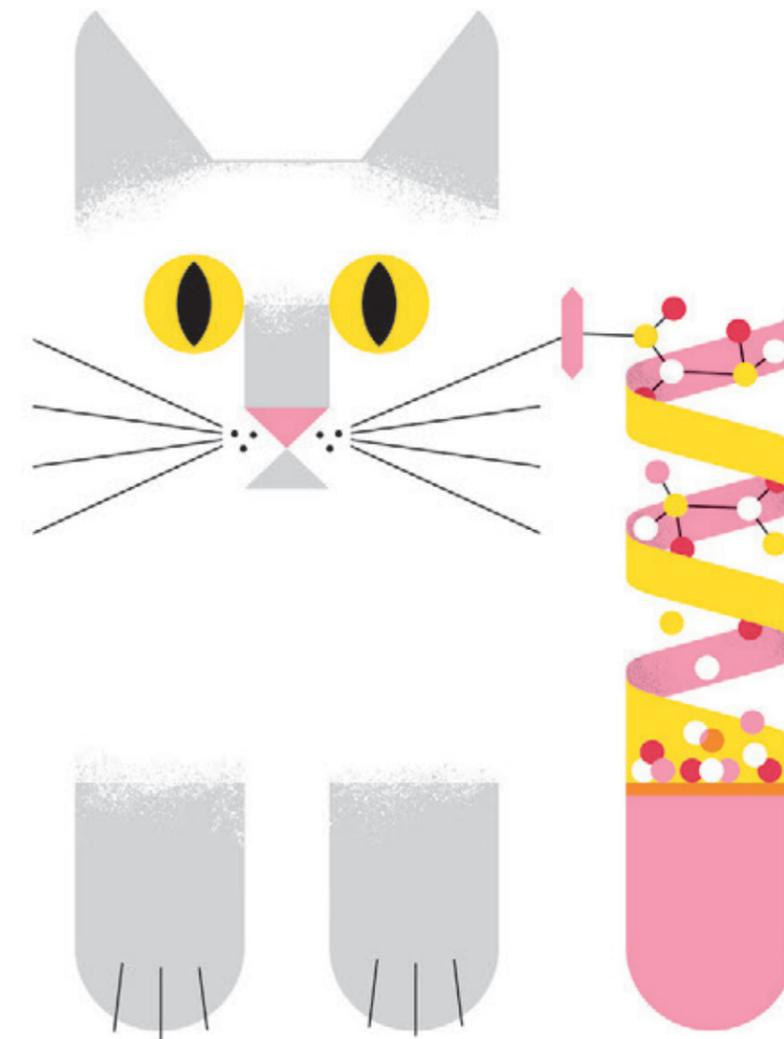
Medikamente

Die medizinischen Wirkstoffe, die in Tabletten enthalten sind, sind bestimmte Moleküle. Die meisten dieser Wirkstoffe sind so gewählt, dass sie im Körper des Patienten an passende Proteine andocken können – je nach Medikament an die Proteine des zu bekämpfenden Bakteriums; oder an die Proteine des Patienten selbst. So helfen die Medikamente, Bakterien zu bekämpfen, Symptome zu lindern und Krankheiten zu heilen. Um zukünftig noch bessere, massgeschneiderte Wirkstoffe herzustellen, ist es wichtig, die jeweiligen Zielproteine genau zu kennen. Entscheidend ist dabei die Proteinstruktur; also die genaue Anordnung der mehreren hundert Bausteine der Proteine. Diese Anordnung lässt sich am PSI mit der intensiven Röntgenstrahlung der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS ermitteln und demnächst auch am neueröffneten Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL. Seit der Inbetriebnahme der SLS im Jahr 2002 wurden hier insgesamt bereits über 5000 Proteinstrukturen entschlüsselt.

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

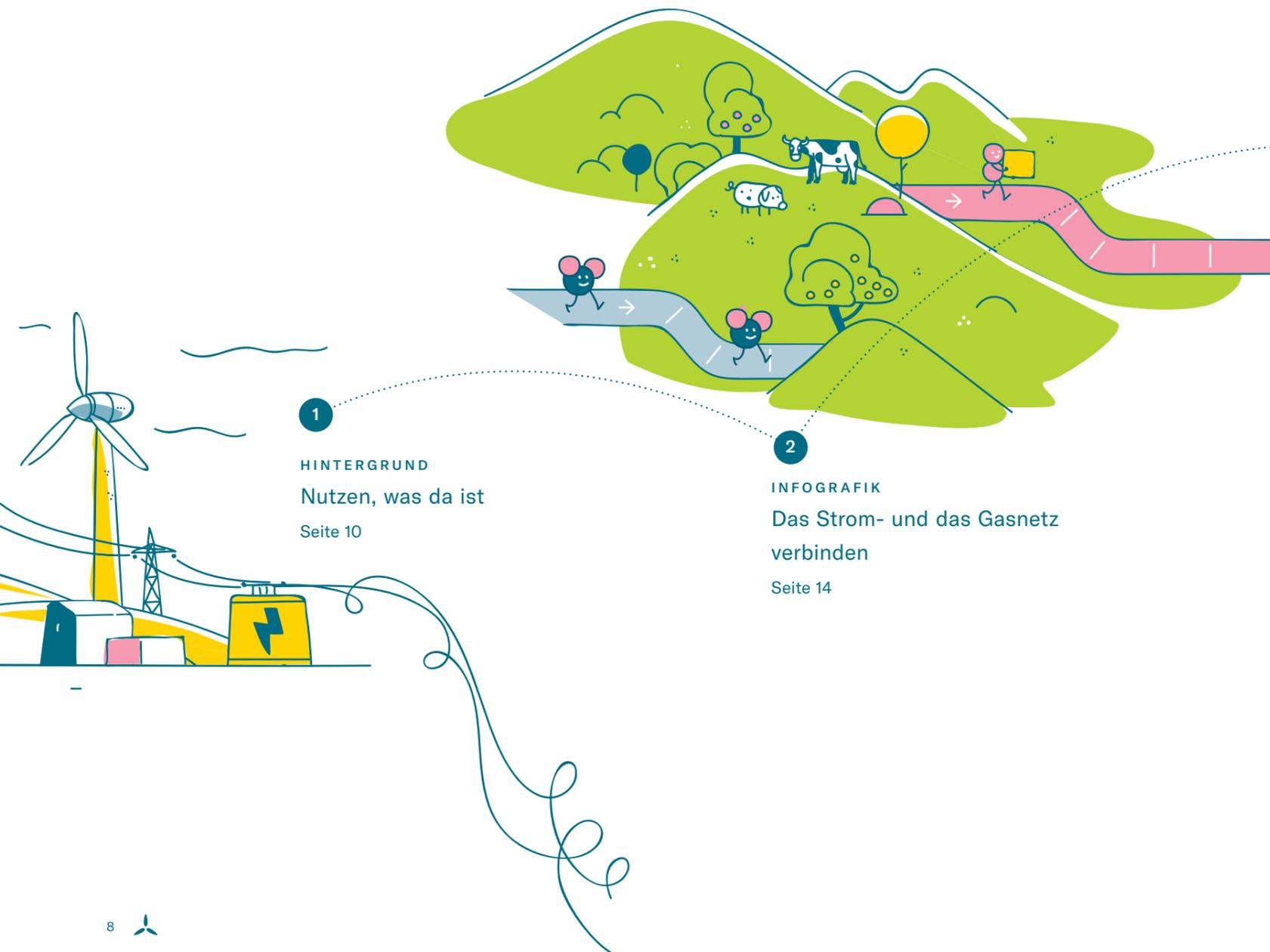
Katzen-Schnurrhaar

Nein: Katzen selbst haben keinen Zutritt zu den PSI-Laboren. Aber wenn sie eines ihrer langen Schnurrhaare verlieren, können PSI-Forschende dieses gut gebrauchen. Denn um an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS eine Proteinstruktur zu entschlüsseln, müssen zunächst sehr viele Proteinmoleküle der gleichen Sorte dazu gebracht werden, sich regelmässig angeordnet miteinander zu verbinden – also einen kleinen Kristall zu bilden. Hierbei kann ein Katzen-Schnurrhaar helfen: Forschende ziehen es sachte durch einen Flüssigkeitstropfen, in dem die Proteine und erste Ansätze zu Kristallen schwimmen. An der rauen Oberfläche des Schnurrhaars bleiben diese hängen und können so in eine neue Flüssigkeit überführt werden. Dort wachsen sie zu etwas grösseren Kristallen weiter und lassen sich schliesslich an der SLS untersuchen.



Neue Wege in die Energiezukunft

Das Schweizer Energiesystem verändert sich. Gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie arbeiten Forschende am PSI an den Herausforderungen, die eine Energieversorgung der Zukunft zu bewältigen hat.



1
HINTERGRUND
Nutzen, was da ist
Seite 10

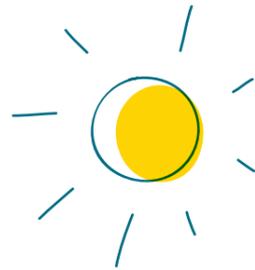
2
INFOGRAFIK
Das Strom- und das Gasnetz
verbinden
Seite 14



KONTEXT
Gemeinsam zum Ziel
Seite 20

3
INTERVIEWS
Eine Technologie im Praxistest
Seite 16

Profitabel für beide Seiten
Seite 18



Nutzen, was da ist

Am Paul Scherrer Institut PSI suchen Forschende nach Lösungen, wie man die Energie aus Sonne, Wind oder Biomasse effizient in das Schweizer Energiesystem integrieren kann.

Text: Martina Gröschl

Eine Stadt, nennen wir sie Esiville, will zum Vorreiter in puncto Nachhaltigkeit werden und ihre Energie vollständig aus Sonne, Wind und Bioabfällen schöpfen. Gesagt getan – ein Windpark wird errichtet, Fotovoltaik-Anlagen werden auf den Dächern installiert, Bioabfälle gesammelt und zu Biogas verarbeitet. Die Autos fahren mit Biogas, die Fotovoltaik- und Windkraft-Anlagen versorgen die Geschäfte, die Häuser und das Krankenhaus mit Strom. Doch dann plötzlich: Blackout. Was ist passiert?

Dieses fiktive Szenario bringt die Herausforderung künftiger Energiesysteme auf den Punkt. Mit der Wasserkraft bezieht die Schweiz bereits heute 60 Prozent ihres Stroms aus einer erneuerbaren Energiequelle. Doch künftig soll die Stromversorgung in der Schweiz ohne Kernkraftwerke stattfinden. Diese decken rund 35 Prozent des Strombedarfs ab. Ein Versorgungsengpass droht. Doch mit

Sonne, Wind oder Biomasse verfügt die Schweiz noch über weitere, bisher kaum genutzte Energieressourcen. Um deren Potenzial auszuschöpfen, sieht die Energiestrategie 2050 den Ausbau dieser sogenannten neuen erneuerbaren Energien vor. Doch insbesondere die Nutzung von Sonne und Wind hat einen Haken: Mit ihnen lässt sich zwar nachhaltig Strom erzeugen, die Stromproduktion hängt aber vom Wetter, der Tageszeit und der Jahreszeit ab. Diese Unregelmässigkeit brächte das Stromnetz aus dem Gleichgewicht – mal würde weniger Strom eingespeist als benötigt, mal zu viel. Die Folge: der oben skizzierte Blackout.

Dreh- und Angelpunkt Energiespeicherung

Energy System Integration, auf Deutsch Energiesystemintegration, beschäftigt sich mit der Frage, wie man die Energie aus unterschiedlichen Energiequellen so unter einen Hut bringen kann, dass sie möglichst effizient genutzt wird und zugleich die Versorgung der Menschen sichergestellt ist.

An Beispielen wie Esiville denken Forschende am Paul Scherrer Institut PSI mögliche Szenarien für die Energiezukunft durch. Allen Szenarien gemein ist die Forschungsaufgabe, die sich aus dem unregelmässig anfallenden Strom aus Sonne & Co ergibt: Es müssen Wege gefunden werden,

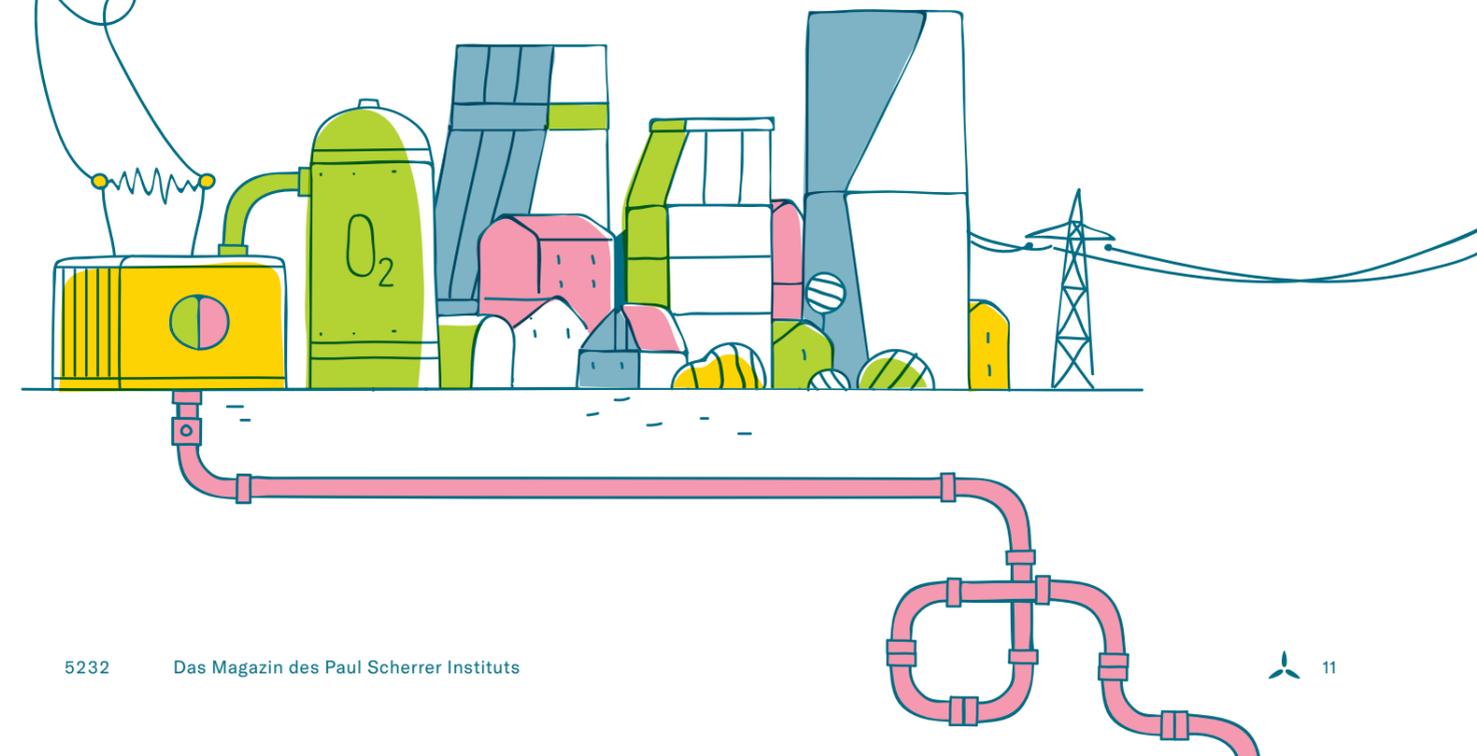
wie man diese Energie zwischenspeichern kann. Dann kann sie verwendet werden, wenn sie gebraucht wird.

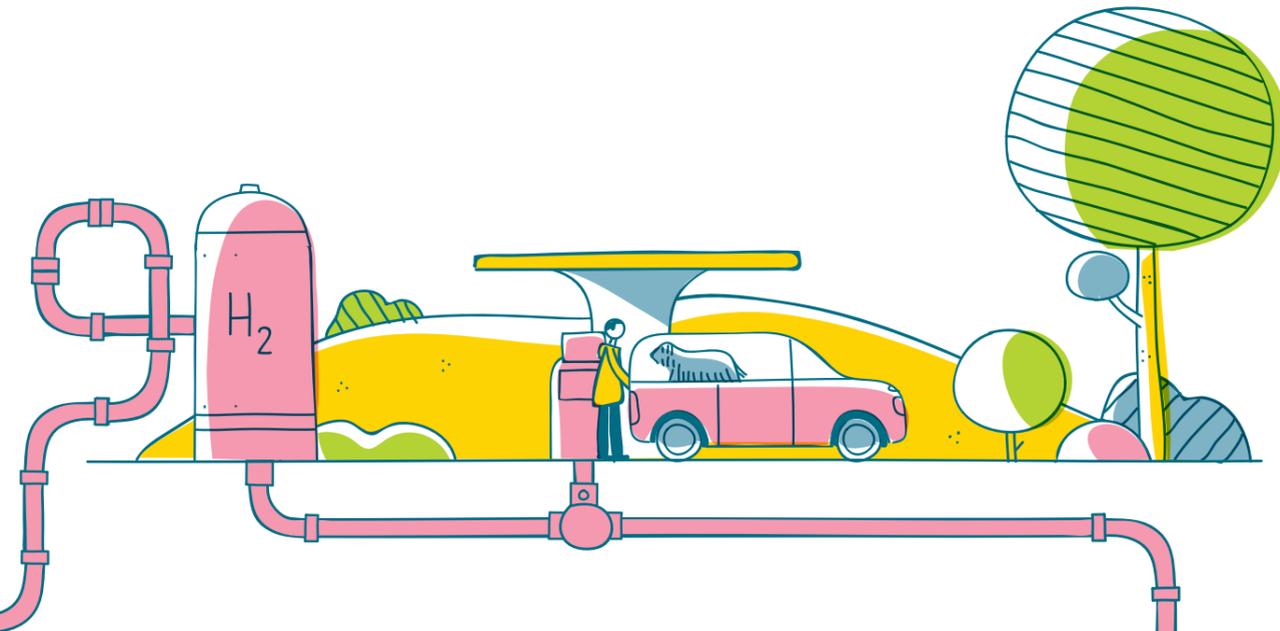
Während sich Batterien für den Heimbedarf mit einer mittelfristigen Speichieranforderung und vergleichsweise geringen Energiemengen zunehmend etablieren, muss man bei der Energieversorgung von Fabriken oder ganzen Städten in grösseren Dimensionen denken. So sind auch Konzepte zur langfristigen Energiespeicherung gefragt, damit zum Beispiel die Energie eines sonnenreichen Sommers in den Winter gerettet werden kann.

In der Schweiz bereits grosstechnisch als Energiespeicher im Einsatz sind Pumpspeicherkraftwerke. Allerdings werden die bestehenden Anlagen nicht ausreichen, eine komplett auf erneuerbare Energien aufgebaute Versorgung umzusetzen. Und ein weiterer Ausbau ist nur begrenzt möglich.

Das Strom- und das Gasnetz verbinden

Ein vielversprechender Kandidat für die langfristige Energiespeicherung ist die sogenannte Power-to-Gas-Technologie. Sie beruht darauf, den überschüssigen Strom, wie er bei einem Zuviel an Sonne und Wind bereits heute anfällt, zur Gewinnung von Wasserstoff aus Wasser zu nutzen. Der Wasserstoff kann gespeichert und später auf verschiedene





Arten eingesetzt werden: Als Treibstoff für Brennstoffzellen-Fahrzeuge oder für stationäre Brennstoffzellen-Systeme, die einzelne Gebäude bis zu kleinen Gemeinden mit Wärme und Strom versorgen – eine besonders umweltfreundliche Umsetzung, da sowohl das Ausgangs- als auch das Endprodukt reines Wasser ist und keine CO₂-Emissionen anfallen. Auch kann der Wasserstoff direkt in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden, das die Energie dorthin bringt, wo sie gebraucht wird.

Jedoch ist die Einspeisung des Wasserstoffs in das Erdgasnetz bloss begrenzt möglich: In der Schweiz liegt die Obergrenze bei zwei Prozent. Man kann aber einen weiteren Schritt gehen und den Wasserstoff zu Methan, also synthetischem Erdgas, weiterverarbeiten. Das ist aber nur sinnvoll, wenn ein Überangebot an Wasserstoff vorhanden ist: «Jeder Umwandlungsschritt bewirkt einen Wirkungsgradverlust, der tunlichst vermieden werden sollte», sagt Peter Jansohn, Leiter Energy System Integration am PSI. Der Wirkungsgrad gibt an, wie viel der ursprünglichen Energie nach den verschiedenen Umwandlungsprozessen noch genutzt werden kann.

Mit einem Wirkungsgrad von 60 Prozent ist die Speicherung über Wasserstoff heute am effizientesten. Doch bereits nach einer Weiterverarbeitung von Wasserstoff zu Methan bleiben gerade einmal gut 40 Prozent. Bei einer Wiederverstromung des

Wasserstoffs über die Brennstoffzelle liegt der Gesamtwirkungsgrad bei rund 45 Prozent. Hier bleibt ein klarer Auftrag an die Forschenden am PSI, die Verfahren so zu optimieren, dass eine höhere Ausbeute erreicht wird. So gelten bei der Elektrolyse 70 Prozent als realistisches Ziel. «Für die <roundtrip efficiency>, also Strom-zu-Wasserstoff-zu-Strom, sehen wir als langfristiges Potenzial einen Wirkungsgrad von etwa 50 Prozent», so Peter Jansohns Einschätzung. Seine Prognose für den Weg über Wasserstoff zu Methan liegt bei rund 55 Prozent. Ein weiterer Prozessschritt Richtung Strom bedeutet einen weiteren Wirkungsgradverlust, sodass beim Weg über Methan höchstens ein Drittel der ursprünglichen elektrischen Energie wiedergewonnen werden können.

Energie nutzen, die sonst verloren wäre

Auf den ersten Blick scheinen die Wirkungsgrade bei all diesen Ansätzen gering. Der entscheidende Faktor ist jedoch, dass man Strom nutzt, der ansonsten verloren wäre, der Wirkungsgrad also bei null Prozent läge. Dieses Konzept, zu verwerten, was bereits da ist, steckt auch hinter den Forschungen am PSI zur Herstellung von Methan aus biologisch abbaubaren Abfällen. Diese fallen als Bioabfall sowohl im Haushalt als auch in der Landwirtschaft oder Lebensmittelindustrie sowie als

Klärschlamm aus der Abwasserreinigung in grossen Mengen an. Besonders vielversprechend und auch bereits im Einsatz sind Verfahren, die aus dem durch Vergärung der biogenen Bestandteile entstehenden Rohbiogas Methan erzeugen. Auch hier ist das Ziel der PSI-Forschenden, die derzeitige Ausbeute klar zu erhöhen. Sie haben eine Technologie entwickelt, die aus den Bioabfällen um 60 Prozent mehr Methan herausholt und damit das Rohbiogas fast vollständig verwerten kann.

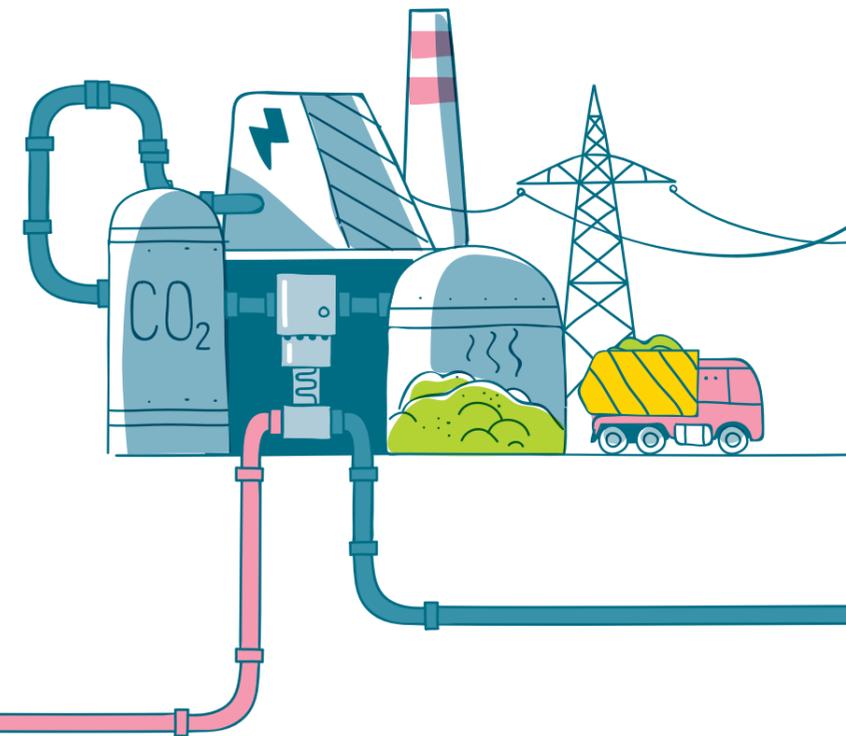
Damit diese und andere Forschungen zur Energiespeicherung auch für die Praxis fruchtbar werden, hat das PSI eine Versuchsplattform für Energiesystemintegration, die ESI-Plattform, eingerichtet. Sie stellt die Infrastruktur für spezialisierte Teilsysteme zur Verfügung, in denen Forschende im Pilotmassstab mit den Forschungsergebnissen aus dem Labor einen ersten Schritt in die praktische Umsetzung machen können. Die ESI-Plattform steht hierfür Partnern aus Wissenschaft und Industrie zur Verfügung. Dabei können die Partner entweder Technologien gemeinsam mit den Forschenden am PSI weiterentwickeln oder die Infrastruktur dafür nutzen, um eigene Technologien zu erproben. «Die ESI-Plattform als Angebot an die Industrie soll dazu dienen, das Potenzial neuer Technologien auszutesten, ohne schon früh im Entwicklungsprozess hohe Investitionen tätigen zu müssen, wie es die Umsetzung einer Technologie direkt im industriellen Umfeld erfordern würde», erklärt Jansohn.

Dass das Konzept aufgeht, zeigt die aktive Zusammenarbeit mit dem Zürcher Energieversorger Energie 360° oder dem Freiburger Brennstoffzellen-Hersteller Swiss Hydrogen (siehe Interviews auf den Seiten 16 bis 19).

Da im Endeffekt die wirtschaftliche Machbarkeit entscheidet, ob eine Technologie im industriellen Massstab umgesetzt wird, ist diese Zusammenarbeit immer auch von Machbarkeits-Analysen begleitet. «Bereits auf der Ebene der Grundlagenforschung berücksichtigen wir die Fragestellungen der Industrie», betont Thomas J. Schmidt, Leiter des Forschungsbereichs Energie und Umwelt am PSI. Effizient, langlebig und kostengünstig – das sind hier die Worte, die man aus den Energieforschungslabors am PSI immer wieder hört, wenn es um Energiespeicherung geht. So entwickelten Forschende

des PSI zum Beispiel ein neues Nanomaterial, mit welchem Elektrolyseure, die für die Herstellung von Wasserstoff benötigt werden, künftig deutlich günstiger werden könnten. Das würde die bisher hohen Erst-Investitions-Kosten senken.

Die Forschung ist voller Ideen, wie man das Schweizer Energiesystem künftig nachhaltig gestalten könnte. Technologien werden entwickelt, geprüft und auch wieder verworfen. Welche der Technologien sich letztendlich durchsetzen werden, weiss man heute noch nicht. Manche Technologien werden sich gegenseitig ergänzen; bei anderen wird man sich entscheiden müssen. «Unsere Rolle als Forschungseinrichtung ist, hier der <Honest Broker> zu sein», sagt Schmidt. Die Forschung kann helfen, vernünftige Entscheidungen zu fällen, indem sie einen klareren Blick auf die Vor- und Nachteile der einen oder anderen Technologie gewinnen lässt. Die Entscheidungen treffen, kann die Forschung nicht: «Wissen schaffen und dieses zu vermitteln, das sehen wir als die primäre Aufgabe eines Forschungsinstituts.»



Eine Technologie im Praxistest

Das Unternehmen Energie 360° mit Sitz in Zürich liefert schweizweit Erdgas, Biogas und Holzpellets. Jetzt hat es mit dem PSI eine neue Power-to-Gas-Technik erfolgreich getestet, die im Bereich der Biogas-Herstellung eingesetzt wird. Das Gemeinschaftsprojekt wurde mit dem Schweizer Energiepreis Watt d'Or 2018 ausgezeichnet. Bereichsleiter Peter Dietiker erzählt im Interview von der Zusammenarbeit mit dem PSI.

Interview: Laura Hennemann

5232: Herr Dietiker, die Zusammenarbeit zwischen Ihrem Unternehmen Energie 360° und dem PSI ist noch gar nicht so alt – und doch gibt es schon ein erstes Ergebnis zu melden: einen Tausend-Stunden-Praxistest einer gemeinsam entwickelten Technik. War der Test erfolgreich?

Peter Dietiker: Absolut! Das Projekt, das Sie ansprechen, heisst Cosyma: Container-based System for Methanation. Diese Container-Sache ist ja typisch für die ESI-Versuchsplattform des PSI: Alle Labore und Anlagen sind dort modular und diese Module – die tatsächlich in klassischen Schiffscontainern untergebracht sind – lassen sich entsprechend leicht transportieren. Cosyma ist ein System, das aus der gleichen Menge Bioabfälle 60 Prozent mehr erneuerbares Erdgas – also Biogas – erzeugen kann als die klassische Biogas-Technik. Cosyma nutzt dafür Wasserstoff, der bei günstigem Wetter mit Hilfe von überschüssigem erneuerbarem Strom erzeugt wurde. Am Ende steckt in diesem Biogas also auch ein Teil Sonnen- und Windenergie.

Und wie lief das nun mit dem Praxistest von Cosyma?

Der Cosyma-Container kam im Januar 2017 vom PSI zur Biogas Zürich, die auf dem Areal des Klärwerks Werdhölzli eine Biogasanlage betreibt. Dort stellen wir seit vier Jahren aus Bioabfall und Klärschlamm Biogas her. Dieses lässt sich genau wie konventionelles Erdgas nutzen und wird entsprechend ins normale Gasnetz eingespeist. Auf dem Werdhölzli-Areal haben wir also den Cosyma-Container neben die dortige Standard-Anlage zur Biogas-Aufbereitung gestellt und einen Teil des eingehenden Gases in den Cosyma-Container umgeleitet.



Hinten dran wurde dann das von Cosyma erzeugte neuartige Biogas zusammen mit dem klassischen Biogas ins Gasnetz eingespeist. Und da hat sich in den eintausend Betriebsstunden gezeigt: Die Cosyma-Technik funktioniert, und sie funktioniert gut und zuverlässig. Wirtschaftlich gesehen ist die Gasproduktion mit der neuen Cosyma-Technik zwar heute noch nicht besser als die bestehende, aber das war ja jetzt erst mal ein Test mit einem Prototyp – wir sind also zuversichtlich, was die Zukunft betrifft.

Wirtschaftlich – das ist ja ein typisches Stichwort für die Denkweise in Unternehmen. Denken die Forschenden sehr anders? Wo mussten Sie sich einigen?

Natürlich haben die Forschenden einen ganz anderen Hintergrund und das ist auch gut so, sonst bräuchten wir ja einander nicht. Beispielsweise fragten die PSI-Forschenden, ob wir denn wirklich einen Tausend-Stunden-Test machen wollten, hundert Stunden würden doch auch genügen. Aber für uns, die wir aus der Praxis kommen, war gerade dieser Dauertest wichtig. Und nebenbei haben wir in den tausend Stunden vielen Besuchern die neue Technik live vorführen können.

Gibt es auch ein umgekehrtes Beispiel?

Ja, in Sachen Qualität war es andersherum: Da waren es die Forschenden, die noch mehr erreichen wollten als wir. Klar, die Forschenden wollen letztendlich immer den Verständnisgewinn. Und oft stösst man im Laufe eines Projektes auf etwas anderes, das man auch noch erforschen könnte. In unserer Geschäftswelt darf das jedoch nicht zu Lasten der Kosten und der Zeitplanung gehen. Sprich: Wir sind nicht daran interessiert, dass die Qualität übererfüllt wird. Das ist, wie wenn Sie eine Küche bestellen und die Handwerker kommen und installieren Ihnen einfach mehr, als Sie wollten,

verlangen dann aber entsprechend einen höheren Preis. Genau in diesem Sinne wollen wir von den Forschenden erst einmal nur das, was wir bestellt haben. Aber bei Cosyma konnten wir nicht ganz verhindern, dass die PSI-Forschenden uns zu mehr Erkenntnissen verholfen haben als ursprünglich geplant, und so unsere Erwartungen übererfüllt haben! (schmunzelt)

Das Cosyma-Projekt wurde soeben mit dem Watt d'Or 2018 des Bundesamts für Energie in der Kategorie «Erneuerbare Energien» ausgezeichnet. Wie wird es nun weitergehen mit dieser Technologie?

Wir haben geholfen, diese neue Technologie so weit zu erforschen, dass das Wissen jetzt da ist und öffentlich zur Verfügung steht. Als nächster Schritt kommt die Industrialisierung durch einen Anlagenhersteller. Die PSI-Forschenden und wir sind da schon mit potentiellen Umsetzungspartnern im Gespräch und ich rechne damit, dass innerhalb der kommenden fünf Jahre irgendwo die erste kommerzielle Anlage mit der Cosyma-Technologie entstehen wird. Wir von Energie 360° können uns gut vorstellen, so eine kommerzielle Anlage dann ebenfalls zu kaufen und einzusetzen. Mit dieser würden wir unseren Kunden Biogas zur Verfügung stellen, das noch optimaler die natürlichen Ressourcen nutzt. Da geht es dann nicht mehr ausschliesslich um Wirtschaftlichkeit, sondern auch um den Faktor Ökologie, an dem wir und unsere Kunden ebenfalls interessiert sind.

ZUR PERSON

Peter Dietiker ist Bereichsleiter Erneuerbare Energien bei Energie 360°. Der studierte Betriebswirtschaftler arbeitet seit 25 Jahren im Bereich Energie- und Wasserversorgung und seit 15 Jahren für das Unternehmen Energie 360°. Hier hat er seit 2009 den Bereich erneuerbare Energien mit Biogas und Holzpellets erfolgreich auf- und ausgebaut.



Profitabel für beide Seiten

In Freiburg sitzt das junge Unternehmen Swiss Hydrogen. Hier wird an konkurrenzfähigen Hochleistungs-Brennstoffzellen getüftelt, die sich in umweltfreundlichen Fahrzeugen oder stationär als Stromerzeuger einsetzen lassen. Von der Zusammenarbeit mit dem PSI profitieren beide Seiten, erzählt Geschäftsführer Alexandre Closset im Interview.

Interview: Laura Hennemann

5232: Herr Closset, was verbindet Ihr Unternehmen mit dem PSI?

Alexandre Closset: Das PSI ist seit der Gründung von Swiss Hydrogen im Jahr 2015 unser engster Forschungspartner und wir sind sehr froh darum. Anfangs hatten wir nämlich nur Büroräume, keine Labore – in dieser Zeit haben wir Labore am PSI genutzt. Unsere Firma hat tatsächlich nur überlebt, weil wir die Montage und die Tests am PSI durchführen konnten.

Und inzwischen?

Inzwischen haben wir unsere eigenen Montage- und Lagerräume, aber die Zusammenarbeit mit dem PSI ist weiterhin intensiv: Das Wissen, das dank der PSI-Forschung entsteht, fließt zu uns. Wir nutzen es, um Brennstoffzellen weiterzuentwickeln. Unsere Neuentwicklungen werden wiederum an der ESI-Plattform des PSI getestet – und dabei verlassen wir uns sowohl auf die PSI-Infrastruktur als auch auf das Fachwissen der PSI-Forschenden,

um die Testergebnisse gut und richtig zu interpretieren. Im Gegenzug haben wir uns unter anderem verpflichtet, für die ESI-Plattform vier neuartige Brennstoffzellen mit je 60 Kilowatt Leistung zu liefern.

Und dann ist die Zusammenarbeit auch von Anfang an eine sehr persönliche, sehr vertraute gewesen. Das zeigt sich unter anderem daran, dass ehemalige Nachwuchsforschende vom PSI bei uns arbeiten; einer von ihnen ist jetzt unser Chefentwickler.

Können Sie kurz erklären, warum die Schweiz Brennstoffzellen braucht?

Brennstoffzellen sind Energieumwandler. Wir arbeiten an zwei Varianten: Die eine nutzt Wasserstoff, der in einem Tank gespeichert ist, und saugt zusätzlich Umgebungsluft an; aus diesen zwei Zutaten erzeugen sie elektrischen Strom. Die andere Variante nutzt anstatt Luft reinen Sauerstoff – ebenfalls aus einem Tank. Diese zweite Variante ist effizienter. Aber man hat zwei Tanks, was für manche Anwendungen wie Elektroautos nicht so vorteilhaft ist.

Die zuerst genannte Art, die Wasserstoff-Luft-Brennstoffzellen, sind also vor allem für Fahrzeuge gedacht?

Genau: Wir haben hier bei Swiss Hydrogen bereits mehrere Elektroautos, deren Kilometer-Reichweite durch Brennstoffzellen deutlich erhöht wird. Ich selber fahre seit 2013 einen Fiat 500 mit Brennstoffzelle, den ich mitentwickelt habe und der inzwischen mehr als 140 000 Kilometer auf dem Tacho hat. Obwohl es ein Prototyp ist, hatte ich in all den Jahren wirklich sehr wenige technische Schwierigkeiten mit ihm. Einer unserer jüngeren Erfolge ist ein Null-Emissions-Lastwagen: Coop wollte einen solchen LKW haben und hat in Swiss Hydrogen einen guten Partner gefunden: Unsere Brennstoffzelle hat im Vergleich mit Konkurrenzprodukten die höchste Leistungsdichte erreicht. Seit 2017 fährt also ein 34-Tonner mit einer von uns entwickelten Brennstoffzelle in der Coop-Flotte.

Und wo sehen Sie ein Einsatzgebiet für die Wasserstoff-Sauerstoff-Zellen?

Diese eignen sich gut für den ortsgebundenen Einsatz. Die überschüssige Energie aus Windkraft- und Fotovoltaikanlagen lässt sich nutzen, um reinen Wasserstoff und reinen Sauerstoff herzustellen; daraus würden bei Bedarf grosse Brennstoffzellen wieder Strom generieren. An dieser Art der Brennstoffzelle arbeiten wir derzeit zusammen mit den Forschenden an der ESI-Plattform des PSI. So tragen wir gemeinsam dazu bei, die Energiestrategie 2050 des Bundes umzusetzen.

Wie unterscheidet sich die Herangehensweise Ihrer Unternehmensleute von derjenigen der PSI-Forschenden?

Ich würde sagen, wir schauen einfach aus unterschiedlichen Richtungen auf dieselbe Sache. Beispielsweise sind die Forschenden sehr gut darin, ein wissenschaftliches Problem zu lösen. Und wir müssen sie manchmal noch daran erinnern, dass die technische Lösung auch ökonomisch Sinn ergeben muss. Wir von Swiss Hydrogen achten also auf drei Dinge: Auf die industrielle Machbarkeit, auf die Kosten und auf das geistige Eigentum einer Idee. Und so haben wir tatsächlich schon ein oder zwei Mal zu den PSI-Forschenden gesagt: Tut uns leid, nein, an diesem Lösungsweg sind wir nicht interessiert; denn selbst wenn er funktioniert, wird er sich auf dem Markt niemals als konkurrenzfähig erweisen. Konkret heisst das beispielsweise: Ein bestimmtes Bauteil darf zwar für den Prototyp vielleicht tausend Schweizer Franken kosten – aber nur, wenn sich dieses Bauteil später in Serie für um die zehn Franken herstellen lässt.

Wird die Zusammenarbeit mit dem PSI weitergehen?

Ja, auf jeden Fall! In den Gebäuden des Park innovaare, die in den nächsten Jahren direkt neben dem PSI entstehen, planen wir, mit ein oder zwei Mitarbeitenden Büros zu beziehen, um noch mehr Nähe zueinander herzustellen. Die Brennstoffzellenforschung des PSI ist nicht nur schweizweit, sondern auch international überall anerkannt. Das PSI ist und bleibt daher unser engster akademischer Partner.

ZUR PERSON

Alexandre Closset ist Geschäftsführer von Swiss Hydrogen, das seit Januar 2018 ein Tochterunternehmen von Plastic Omnium ist. Er studierte physikalische Ingenieurwissenschaft an der EPFL, hält einen MBA-Titel und war lange im Bereich flexible Solarmodule tätig, bevor er zu Brennstoffzellen wechselte. Im Jahr 2015 war er Mitgründer des Start-up-Unternehmens Swiss Hydrogen, das aus der Swatch-Gruppe hervorging und das der Kommerzialisierung von Wasserstoff-Brennstoffzellen dient.

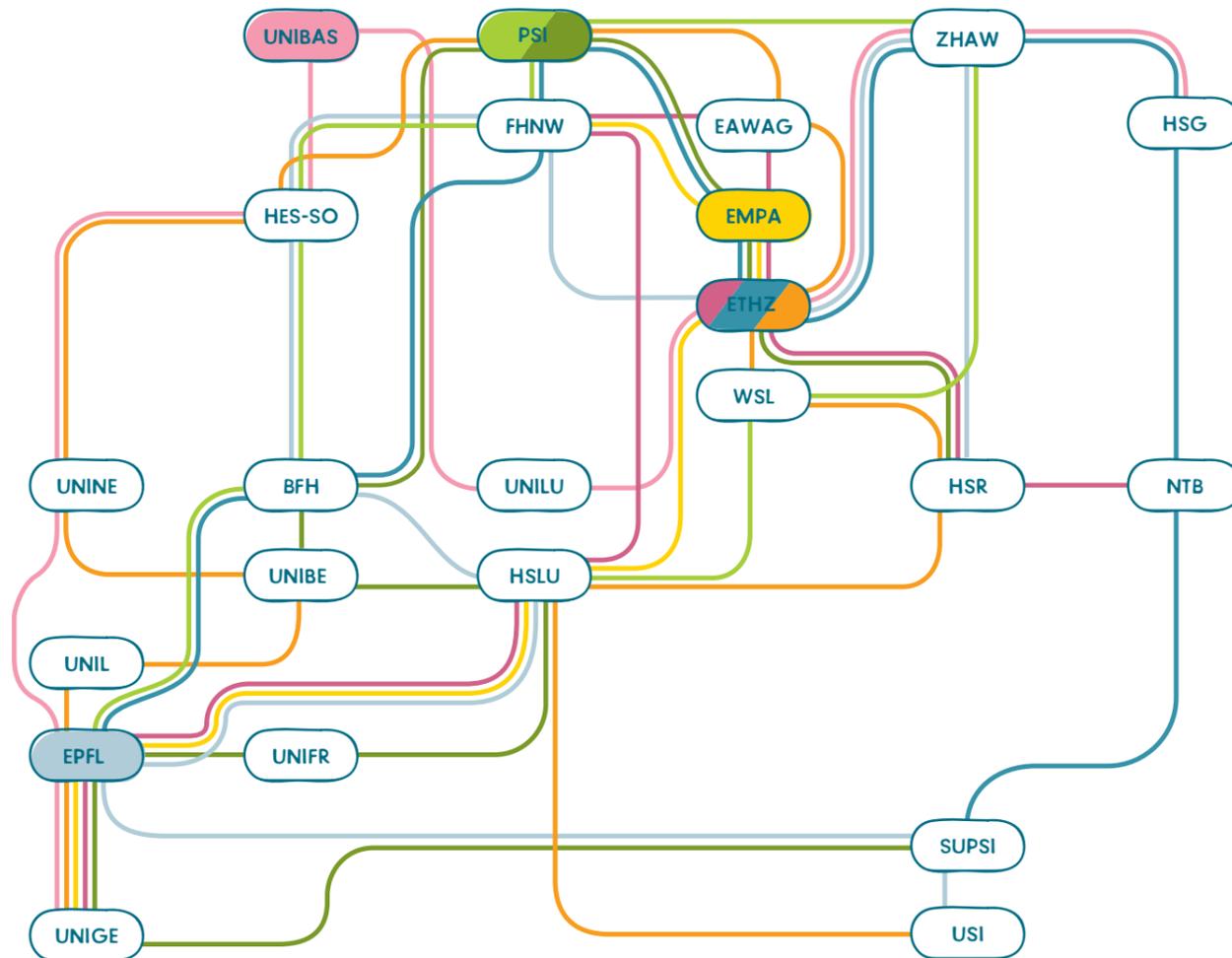
Gemeinsam zum Ziel

Die Herausforderungen der Energiewende lassen sich nur gemeinsam bewältigen. Das PSI ist Teil eines Forschungsnetzwerks, das den Ergebnissen aus der Forschung den Weg in die Praxis ebnet.

Text: Martina Gröschl

Ausstieg aus der Kernenergie, Ausbau neuer erneuerbarer Energien, Senkung des Energieverbrauchs: In den kommenden Jahrzehnten wird sich das Schweizer Energiesystem grundlegend verändern. Energieforschende aus der ganzen Schweiz arbeiten zusammen, um diese Herausforderung zu meistern.

Acht im Rahmen des Aktionsplans «Koordinierte Energieforschung Schweiz» vom Bund initiierte Kompetenzzentren (SCCER) verzahnen die Forschungseinrichtungen des ETH-Bereichs, die Fachhochschulen und die Universitäten. Zwei davon werden vom PSI geleitet. Ziel ist es, den Transfer von der Forschung zur Industrie zu beschleunigen.



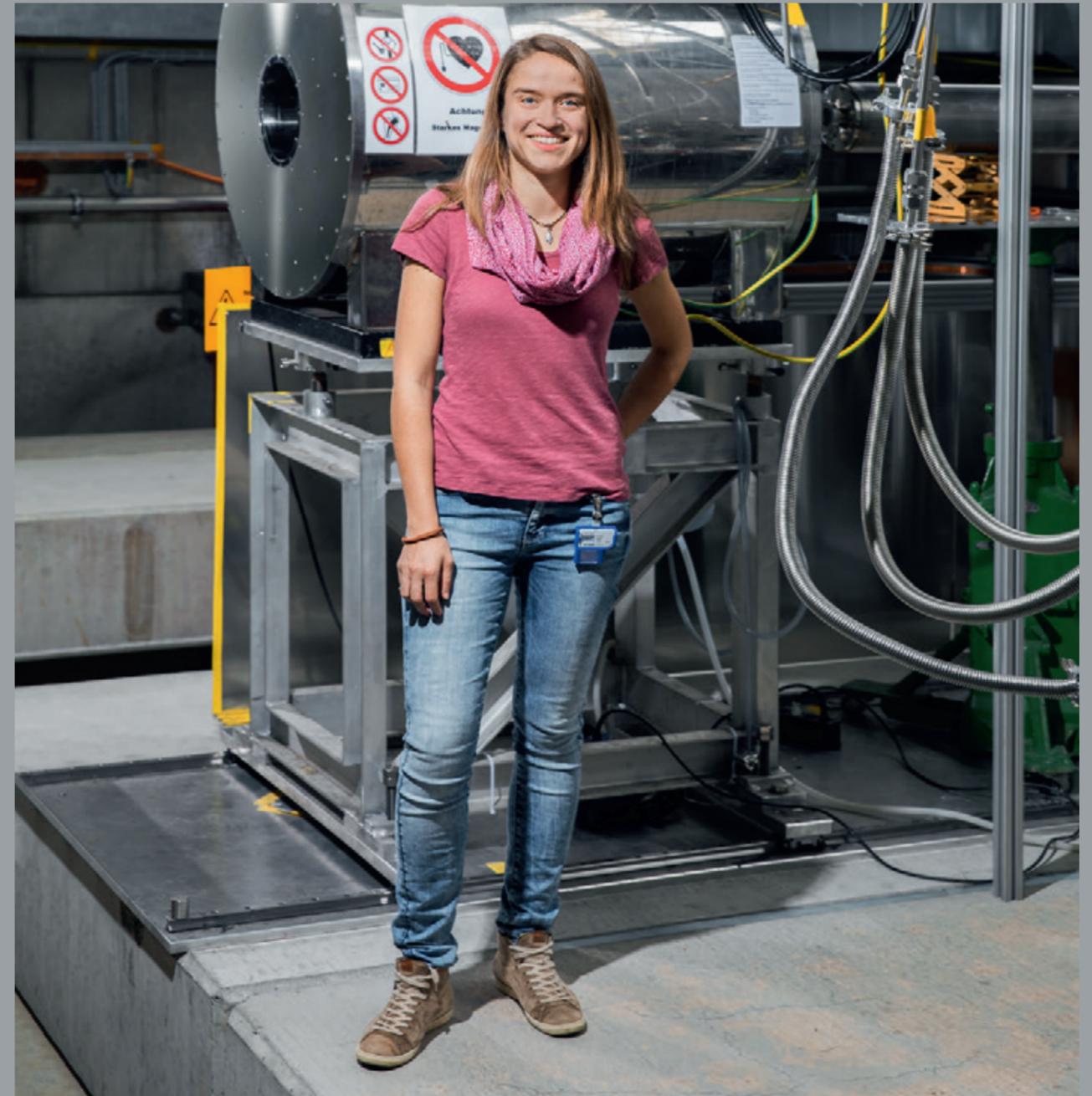
Acht Schweizer Kompetenzzentren für Energieforschung verbinden 23 Schweizer Institutionen. Die jeweiligen Forschungsschwerpunkte sind:

- FEEB&D: Effiziente Gebäude
- EIP: Effiziente Industrieprozesse

- FURIES: Stromnetze
- HaE: Strom- und Wärmespeicherung
- SoE: Stromversorgung
- CREST: Ökonomie und Gesellschaft
- Mobility: Effiziente Mobilität
- BIOSWEET: Energie aus Biomasse

Die jeweils führende Institution ist in der Grafik entsprechend eingefärbt. PSI und ETHZ leiten mehr als ein Kompetenzzentrum.

Weitere Informationen: www.psi.ch/5232/181



Anna Soter

Anna Soter erzeugt an der Myonenquelle des PSI einen neuartigen Strahl von Myonium-Atomen, die überwiegend aus Antimaterie bestehen. Dieser Strahl erlaubt es unter anderem, die Auswirkung der Erdanziehungskraft auf Elementarteilchen aus Antimaterie zu analysieren und damit die Eigenschaften von Materie und Antimaterie genauer zu vergleichen. So gewonnenes grundlegendes Wissen ist ein Ausgangspunkt für neue Technologien. Kofinanziert wird dieses Projekt durch die EU (PSI-FELLOW-II-3i/-MSCA COFUND 701647).

Lausanne-Villigen retour

Nirgendwo auf der Welt wurden bereits so viele Augentumore mit Protonen bestrahlt wie am PSI. Doch bevor die betroffenen Patienten nach Villigen gehen, müssen sie nach Lausanne: zur Vorbehandlung bei Ann Schalenbourg in der Jules-Gonin-Augenklinik. Die seit mehr als dreissig Jahren bestehende Zusammenarbeit zwischen der Klinik und dem PSI ist einzigartig und rettet den meisten Patienten ihr krankes Auge.

Text: Sabine Goldhahn

IN DER SCHWEIZ

Es gibt Orte in der Schweiz, wo die Zeit schneller vergeht und der Takt des Alltags höher scheint. Das Umfeld von Ann Schalenbourg ist ein solcher Ort. Wenn die energische hochgewachsene Frau in ihr Behandlungszimmer eilt, sprüht sie vor Energie und ihr weisser Kittel flattert über dem schwarzen Deuxpièces. Ann Schalenbourg ist Ärztin und leitet die augenonkologische Abteilung für Erwachsene an der Jules-Gonin-Augenklinik in Lausanne. Seit mittlerweile 23 Jahren arbeitet Schalenbourg hier, und wenn man ihr das zu Beginn ihrer Karriere prophezeit hätte, hätte die gebürtige Belgierin nur gelacht: «Eigentlich wollte ich vor allem den grauen Star behandeln.»

Doch dann folgte sie ihrem Mann nach Lausanne und alles kam anders. Die einzige Arbeitsstelle, die es damals für die junge Ärztin gab, war in der Augenonkologie. Dorthin kommen Patienten mit schwarzem Hautkrebs im Auge oder Gefässknäueln am Augenhintergrund. «Ich hätte niemals gedacht, dass ich fast mein ganzes Berufsleben der Behandlung von Augentumoren verschreiben werde», sagt Schalenbourg heute. «Aber es macht mich dankbar und glücklich, denn ich kann meinen Patienten die beste Behandlung offerieren, die es gibt.»

Erster Einsatz in Europa

Die beste Behandlung – damit meint die Ärztin Protonenbestrahlung am PSI in Villigen. Dort ist diese Bestrahlungstechnik seit den Achtzigerjahren im Einsatz. Physiker eines Vorläuferinstituts des PSI perfektionierten damals gemeinsam mit dem Lausanner Augenarzt Leonidas Zografos ein Verfahren, das Tausenden von Patienten ihre Augen retten sollte: Sie bestrahlten erstmals in Europa bösartige Tumore am Augenhintergrund mit Protonen.

Protonen treffen ihr Ziel bei der Bestrahlung millimetergenau. Das macht sie zum idealen Werkzeug für den Einsatz am Auge, denn jeder zu viel bestrahlte Millimeter bedeutet ein Stück Sehverlust. Doch Zografos und seine einstige Schülerin Schalenbourg wissen, wie man das vermeidet. In einer Operation nähern sie rund um den Tumor winzige Metallclips an die Rückseite des Augapfels.

«Die Patienten sprechen unsere Menschlichkeit an und bringen uns immer wieder mit den Füßen auf den Boden.»

Ann Schalenbourg

Diese dienen den Spezialisten am PSI als Marker, anhand derer sie den Tumor orten und zielsicher bestrahlen können. «Die Zusammenarbeit zwischen dem PSI und der Jules-Gonin-Augenklinik ist sehr eng», sagt Alessia Pica, Radiologin am Zentrum für Protonentherapie des PSI. «Bevor ein Patient zur Bestrahlung zu uns kommt, wird er in Lausanne untersucht und operiert.» Bislang waren das bereits 6700 Patienten.

Straffer Zeitplan

Jeden Dienstag ist für Ann Schalenbourg Operationstag. So auch diesmal, wo im Operationssaal bereits eine 40-jährige Patientin in Narkose schläft. Dann schlüpft die Ärztin in ihren blauen Operationskittel, streift die sterilen Handschuhe über und beginnt mit der Präzisionsarbeit. Sie macht einen winzigen Schnitt in die Bindehaut des Auges und schiebt die feinen Operationsinstrumente vorsichtig an den Augenmuskeln vorbei hinter das Auge. Dann wird im Operationssaal das Licht gelöscht. In der Dunkelheit leuchtet sie mit einer Lampe von vorn direkt durch das Auge. «Das Licht reicht bis zum Augenhintergrund und ist auf der Rückseite des Augapfels gut sichtbar», erklärt die Ärztin. «Aber dort, wo ein Tumor ist, kommt kein Licht durch und man sieht nur einen Schatten.» Rund um diesen Schatten näht Schalenbourg die 2,5 Millimeter grossen Metallclips wie winzige Knöpfe an und verschliesst anschliessend die Bindehaut wieder.

Mittwoch, ein Tag später. Auf dem Behandlungsstuhl im Zimmer von Ann Schalenbourg sitzt die Patientin vom Vortag. Sie wirkt unsicher, stellt ein paar Fragen auf Italienisch. Sprachliche Vielfalt gehört sowohl an der Lausanner Augenklinik als auch am PSI zum Alltag, denn die Patienten für die Protonentherapie kommen aus allen Teilen der Schweiz und etwa zehn weiteren Ländern. Schalenbourg allein spricht sieben Sprachen und antwortet der Tessinerin in deren Muttersprache. «Anfangs konnte ich mich eher über Augentumore auf Italienisch unterhalten als eine Pizza bestellen», erinnert sie sich schmunzelnd. So erklärt sie der jungen Frau, wie die Behandlung weiter geht. Während sie ihre randlose Brille auf den Schreibtisch legt, streift Schalenbourg den Augenspiegel über den Kopf und nimmt ein Vergrösserungsglas in die linke Hand. Dieses hält sie vor das Auge der Patientin und blickt dabei konzentriert durch ihren Augenspiegel. Sie untersucht den Augenhintergrund, überprüft den Tumor und schaut nach den Metallclips. «Tutto bene» – Alles in Ordnung, sagt sie. Die Operation ist gut gelaufen. Doch der Patientin rinnt eine Träne über die Wange und sie fängt an zu schluchzen. Wie ein Staudamm brechen alle Sorgen auf, die Angst vor dem Krebs, der in ihrem Auge wuchert, vor der



1984

Anfangsjahr der Protonenbestrahlung am PSI

6700

Patienten bis anhin

98

Bei über 98 Prozent der Patienten wurde das Tumorstadium gestoppt.

Bestrahlung, vor der Zukunft. Wird es wehtun? Wird sie ihr Auge behalten können? Schalenbourg umarmt die junge Frau, bis die Tränen versiegen. Dann erklärt sie ihr ruhig, wie sie die Lage einschätzt. Dass die Protonentherapie am PSI bei über 98 Prozent aller Patienten das Tumorstadium stoppen kann. Und dass die Nebenwirkungen so gering sind, dass 95 bis 98 Prozent ihr Auge behalten können.

«Ich erzähle den Patienten genau, was auf sie zukommt und wie in ihrem konkreten Fall die Chancen stehen», so Schalenbourg. «Sie sollen alles wissen. Nur dann können sie richtig mit der Diagnose umgehen und bei der Behandlung mitmachen.» Ohne die Mitarbeit der Patienten funktioniert keine Protonentherapie. Und die beginnt schon am nächsten Tag.

Alles bereit am PSI

Jeden Donnerstag müssen die frisch operierten Patienten zu ihrem ersten Termin an das PSI. Für einige ist diese Reise weit. Zudem sind die nächsten Tage mit einem straffen Programm gefüllt, denn

der Tumor wartet nicht. Am Donnerstag lernen die Patienten ihre betreuenden Ärzte am Zentrum für Protonentherapie kennen und werden auf die Bestrahlung vorbereitet. Ebenfalls am Donnerstag besprechen Radiologen und Medizinphysiker vom PSI jeden Fall per Videokonferenz mit Schalenbourg. Dann berechnen sie mit einer Spezialsoftware, wie der Tumor bestrahlt wird. Erst am darauffolgenden Montag ist die ganze Vorbereitung beendet und der Patient durchläuft eine simulierte Behandlung am Protonenbestrahlungsplatz OPTIS. Wenn diese funktioniert hat, beginnt am Dienstag die eigentliche Protonenbestrahlung. Von da an bekommen die Patienten in der Regel an vier aufeinanderfolgenden Tagen eine Protonenbestrahlung. Dann ist die Behandlung vorbei. Ann Schalenbourg sieht ihre Patienten am darauffolgenden Montag wieder. Und dann erst mehrere Monate später wieder zur Nachkontrolle. Meistens glücklich. Und immer dankbar.

Aktuelles aus der PSI-Forschung

Auf **450**
Grad Celsius wurde der Kaffeesatz erhitzt.

Er wurde einem Druck von **300**
Bar ausgesetzt.

60
Prozent der enthaltenen Energie konnte
in Methan umgewandelt werden.

1 Energie aus Kaffeesatz

Kaffeesatz ist aufgrund seines hohen Anteils an Stickstoff ein gerne verwendeter Gartendünger. Auf diese Weise entsorgt, leistet er bereits heute im Kleinen einen Beitrag zu einer umweltfreundlichen Abfallwirtschaft. Doch damit ist sein Potenzial noch lange nicht ausgeschöpft: Mit einem am PSI entwickelten Verfahren lässt sich aus Kaffeesatz hochwertiges Methan, der Hauptbestandteil von Erdgas, gewinnen. Das konnten PSI-Forschende bei einem Pilotversuch in Zusammenarbeit mit dem Schweizer Lebensmittelkonzern Nestlé zeigen. Für ihr Experiment verwendeten sie nasse Kaffeerückstände, die bei der Herstellung von löslichem Kaffee anfallen. Ihr Verfahren lässt sich aber auf alle Arten von organischen Abfällen mit genügend hohem Wasseranteil anwenden.

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

2 Dunkle Materie

Ein Grossteil der Materie im All ist unsichtbar und es ist noch unklar, woraus sie besteht. Physiker vermuten aber, dass – genau wie die uns umgebende alltägliche Materie – auch diese Dunkle Materie aus Teilchen besteht. In einer von mehreren aktuellen Theorien handelt es sich dabei um sogenannte Axionen. An einem Experiment an der Quelle ultrakalter Neutronen UCN am PSI haben Forschende nun nach bestimmten Axionen gesucht – und sie definitiv nicht gefunden. Damit ist klar, dass diese Art Axionen nicht existiert. Entsprechend reduzieren sich die infrage kommenden Theorien. Die Suche nach einem Verständnis der Dunklen Materie ist damit ein kleines, aber entscheidendes Stück weitergekommen.

Weitere Informationen:
<http://psi.ch/dG8f>

Originalveröffentlichung:
C. Abel et al., Phys. Rev. X 2017,
DOI: 10.1103/PhysRevX.7.041034

3 Energiezukunft

Das Bundesamt für Energie (BFE) erarbeitet Perspektiven für eine langfristige, nachhaltige Energiepolitik für die Schweiz und aktualisiert diese regelmässig. Dabei stützt es sich oft auf Ergebnisse von Studien, die am PSI erstellt wurden. So haben Forschende des PSI in ihrer neuesten Studie im Auftrag des BFE untersucht, wie unterschiedliche Technologien in Zukunft zur Stromerzeugung der Schweiz beitragen könnten. Der Ausblick reicht bis in das Jahr 2050 und zeigt auf, wie viel Strom einzelne Technologien zukünftig in der Schweiz liefern könnten, welche Kosten sie verursachen würden und welche Auswirkungen sie auf die Umwelt hätten. Neben den Spezialisten des BFE werden auch Forschende des PSI und weiterer Institute die Ergebnisse der Studie als Grundlage für die Entwicklung von Szenarien für die Energiezukunft der Schweiz und Europas nutzen.

Weitere Informationen:
www.psi.ch/5232/181

Originalveröffentlichung:
C. Bauer et al., Potenziale, Kosten und Umweltauswirkungen von Stromproduktionsanlagen (2017), PSI, WSL, ETHZ, EPFL. Paul Scherrer Institut, Villigen PSI, Schweiz.

4 Lungenbläschen

Erstmals gelang es PSI-Forschenden in vivo Aspekte des Atmungsprozesses – also des Einatmens und Ausatmens – auf der Mikrometerebene zu beobachten, das heisst auf der Ebene der kleinsten strukturellen Einheit der Lunge, der Lungenbläschen. Mit dem neuen Verfahren konnten an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS Daten gewonnen werden, die es ermöglichen, einen beliebigen Ort in der Lunge in 3-D zu visualisieren. Die neue Betrachtungsmethode eröffnet die Möglichkeit, Antworten auf noch immer offene Fragen zur Physiologie der Lunge zu formulieren. Und neue Behandlungsmöglichkeiten für Erkrankungen der Lunge wie zum Beispiel der chronisch obstruktiven Lungenerkrankung COPD zu entwickeln, an der allein in der Schweiz rund 400 000 Menschen leiden.

Originalveröffentlichung:
G. Lovric et al., Scientific Reports 2017,
DOI: 10.1038/s41598-017-12886-3

Unterwegs für die Forschung

Manche Forschungsprojekte der PSI-Wissenschaftler lassen sich nicht in Gänze an der Postleitzahl 5232 durchführen. Anders gesagt: Auch Forschende machen Dienstreisen. Die einen, um die besonderen Forschungsanlagen anderer Institute zu nutzen. Andere interessieren sich für die Zusammensetzung der Atmosphäre und nehmen weite Reisen auf sich, um die Luftqualität in verschiedenen Weltgegenden zu bestimmen. Fünf Orte, an denen PSI-Forschende arbeiten, stellen wir in unserer Galerie vor.

Text: Paul Piwnicki

Antarktis

Nur an wenigen Orten der Welt ist die Luft so gut wie frei von den Spuren industriellen Feinstaubes. Bis in die Antarktis müssen PSI-Forschende reisen, um Luft zu untersuchen, die so sauber ist wie vor Beginn der Industrialisierung. So tragen sie zu einem besseren Verständnis der Wolkenbildung und des menschengemachten Klimawandels bei.



Jungfraujoch

Die Forschungsstation Jungfraujoch liegt auf 3580 Metern Höhe in den Berner Alpen auf der Grenze der Kantone Bern und Wallis. Die Luft hier oben ist so sauber, dass sich atmosphärische Vorgänge in einzigartiger Weise studieren lassen. So untersuchen PSI-Forschende hier beispielsweise, wie Feinstaub in höhere Atmosphärenschichten gelangt und dort die Wolkenbildung beeinflusst.



Universität Stanford

Die Universität Stanford (Kalifornien, USA) unterhält im Auftrag des amerikanischen Energieministeriums das Forschungszentrum SLAC. Dieses betreibt seit 2009 den ersten Freie-Elektronen-Laser für harte Röntgenstrahlung. Forschende des PSI testen und optimieren dort experimentelle Verfahren, die bald auch am PSI zum Einsatz kommen: am hiesigen SwissFEL, dem Schweizer Freie-Elektronen-Röntgenlaser.

Xi'an

Feinstaub in der Luft trägt wesentlich zur Entstehung von gesundheitsschädlichem Smog in Städten bei. Besonders akut ist das Problem in vielen chinesischen Städten wie zum Beispiel Xi'an. Dort untersuchen Forschende des PSI mit Kollegen aus China und anderen Ländern die Zusammensetzung des Feinstaubs, um so dessen Quellen auf die Spur zu kommen.



St. Ursanne

Das Jura-Städtchen St. Ursanne liegt am Berg Mont Terri. Dieser enthält Schichten aus Opalinuston – ein natürliches Material, in dem radioaktive Abfälle sicher gelagert werden könnten. Tief im Innern des Bergs befindet sich das Mont-Terri-Felslabor, in dem unter anderem Forschende des PSI die geochemischen und physikalischen Eigenschaften des Opalinustons im Hinblick auf die Tiefenlager-sicherheit testen. Der Mont Terri selbst ist dabei kein Kandidat für ein Lager für radioaktive Abfälle.

Der Weltenbummler

Professor Majed Chergui forschte in London, Paris und Berlin, bis er sich in Lausanne niederliess. Und von der Romandie aus mithalf, das PSI in der Nordwestschweiz zu einem führenden Zentrum für Untersuchungen mit Röntgenlicht zu machen.

Text: Joel Bedetti

In losen Reihen sitzen neun Doktoranden und Postdoktoranden vor Majed Chergui, Professor für Spektroskopie an der ETH Lausanne (EPFL). Chergui, der sich entspannt in den Stuhl lehnt, hat sie nach ihren Sommerferien gefragt und sie dazu ermutigt, aufgrund einer aktuellen Ausschreibung gemeinsame Forschungsprojekte mit den Max-Planck-Instituten in Deutschland vorzuschlagen.

Nun sagt eine italienische Doktorandin, dass sie jedes Jahr arbeitsintensive Übungen zu einem Einführungskurs in Molekularphysik durchführt, den nur eine Handvoll Studenten besuchen. Chergui lächelt. «Jeder Doktorand muss auch unterrichten.»

«Wir könnten den Kurs doch nur alle zwei Jahre durchführen», schlägt die Doktorandin vor. Der Professor überlegt. «Wenn es wirklich so wenige sind, finde ich das eine gute Idee.»

Majed Chergui lässt seinem Team immer gerne viel Freiheit. Denn so hat der 61-Jährige auch sein eigenes Leben gelebt. Chergui ist ein Freigeist; einer, der Türen selber öffnet und nicht wartet, bis sie sich öffnen. Er wuchs in Algerien und im Libanon auf; nach dem Schulabschluss zog er nach London und studierte Physik und Mathematik. Als Jahrgangsbester gewann er ein Stipendium, das ihm sein Bachelorstudium finanzierte. Für das Masterstudium zog Chergui nach Paris, wo viele seiner libanesischen und algerischen Freunde studierten. Doch die hierarchische akademische Kultur Frankreichs ist ihm nicht in guter Erinnerung geblieben. «Die Professoren waren Halbgötter», erzählt er jetzt in seinem Büro an der EPFL. «In den ersten Reihen sasssen die Studenten der Eliteuniversitäten, hinten wir von den normalen Unis.»

Seine Dissertation in molekularer Ultraviolett-Spektroskopie schrieb Chergui praktisch ohne

Betreuung, weil sein Professor mit dem Thema wenig vertraut war. Danach wurde er am Centre national de la recherche scientifique (CNRS) an der Universität Paris-Nord beamteter Forscher. Aber Cherguis Ambitionen waren grösser als eine sichere Lebensstelle. Weil es in Paris kein Synchrotron – eine bestimmte Art Teilchenbeschleuniger – gab, das für seine Messungen geeignet war, streckte er seine Fühler nach Hamburg aus, wo eine gute Forschungsanlage steht. Chergui machte ein deutsch-französisches Stipendium ausfindig, das ihm regelmässige Aufenthalte ermöglichte.

Magisches Berlin, beschauliches Lausanne

Im Jahr 1983 wurde einer seiner engsten Forschungskollegen am Hamburger Teilchenbeschleuniger DESY an die Freie Universität Berlin berufen. Vier Jahre später liess sich Chergui in Paris beurlauben und folgte mit seiner Frau, einer französischen Lehrerin, nach. Seine Augen werden gross, wenn er von Westberlin vor dem Mauerfall erzählt. «Es war magisch.» Chergui, der Jazzfan, genoss die besondere Stimmung, die viele Kunst und Wissenschaft, die es in die Stadt gezogen hatte. Der CNRS in Paris drängte ihn jedes Jahr, auf seine Stelle zurückzukehren. Aber Chergui hatte keine Lust auf eine Rückkehr. Da es in Berlin aber keine freien Professuren gab, bewarb er sich auf eine Ausschreibung der Universität Lausanne und wurde berufen.

Der Umzug 1993 von Berlin ins malerische, aber beschauliche Lausanne sei ein kleiner Schock gewesen, erinnert sich Majed Chergui, sowohl für ihn als auch für seine Frau. «Sonntags war es totenstill.» Chergui selbst steuerte aber auf seinen wissenschaftlichen Höhepunkt zu. Kaum war er in





«Erst wenn man die Katze in Bewegung studiert, kann man verstehen, warum sie sich im freien Fall auf ihren Bauch dreht.»

Majed Chergui veranschaulicht seine Forschung zu Molekülbewegungen.

Lausanne angekommen, erhielt er Besuch von Rafael Abela, der beim PSI die Entwicklung eines neuartigen Synchrotrons als Quelle von Röntgenlicht für die Forschung vorantrieb. Hatte man bisher Molekülstrukturen mit Laserlicht im sichtbaren oder UV-Bereich untersucht, entwickelte man in den 90ern nun Messtechniken mit ultrakurzen Röntgenlichtpulsen. Majed Chergui half, die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS am PSI zu entwickeln. «Er hat die wissenschaftliche Entwicklung der SLS entscheidend unterstützt», sagt Rafael Abela heute.

Aber Chergui dachte schon einen Schritt weiter. War die SLS zur Untersuchung von unbewegten Strukturen konzipiert, suchte er mit seinem Team nach einer Methode, molekulare Strukturen in Bewegung zu erfassen. «Wenn man eine schlafende Katze studiert, erfährt man nicht, wieso sie sich im freien Fall auf ihren Bauch dreht», erzählt Chergui zur Veranschaulichung. «Erst wenn man sie in Bewegung studieren kann, kommt man dem Phänomen näher.»

Champagner zum Durchbruch

Als die SLS 2000 den Betrieb aufnahm, gehörte Cherguis Team zu den ersten, die dort ihre Experimente durchführten. Jahrelang tüftelten sie nach einer Messmethode, um das Röntgenlicht der SLS für bewegte Strukturen zu modifizieren. Nach langen Anstrengungen gelang es dem SLS-Team 2008, Röntgenblitze zu erzeugen, die nur einige Femtosekunden dauerten – Tausendstel eines Billionstels einer Sekunde. Damit konnten sie sich bewegende molekulare Struktur in Echtzeit und nie zuvor gekannter räumlicher Exaktheit vermessen.

Chris Milne, damals Postdoktorand bei Majed Chergui, ist heute am nagelneuen PSI-Röntgenlaser SwissFEL tätig, der speziell für die Untersuchung schneller Bewegung konzipiert wurde und auch von Cherguis Vorarbeiten an der SLS profitiert. Milne erinnert sich an den Durchbruch von 2008. «Wir tranken abends eine Flasche Champagner, klebten die ausgedruckten Messergebnisse auf die leere Flasche und stellten sie auf das Regal im Kontrollraum.» Inzwischen sammeln sich auf einem Regal in der SLS mehrere solcher Flaschen. Majed Chergui, sagt Milne, kombiniere wissenschaftliche Brillanz mit einem Sinn fürs Soziale. Jeden März organisiert er für sein Team ein Ski-Weekend, an dem sie tagsüber auf der Piste sind und abends im Chalet wissenschaftliche Vorträge halten.

Pionierhaft war Majed Chergui nicht nur in der ultraschnellen Spektroskopie. Als einer der ersten Professoren einer welschen Universität stationierte er dauerhaft Forschende aus seiner Gruppe am PSI. Auch heute sind fast ständig mehrere seiner rund 20 Doktoranden und Postdoktoranden in Villigen, darunter drei am SwissFEL. In den vergangenen Jahren, sagt Majed Chergui, habe es aber immer mehr Forschende aus der Romandie ans PSI gezogen; besonders seit Romand Joël Mesot an der Spitze des Instituts stehe.

Nach der Teamsitzung geht Majed Chergui mit seinen Doktoranden und Postdoktoranden in der Kantine der Uni Lausanne essen, von deren Terrasse aus man das glitzernde Wasser des Genfersees sieht. Seit 2003 ist Majed Chergui Professor nicht mehr an der Uni Lausanne, sondern an der EPFL, weil diese die Physikfakultät der Universität übernahm. Chergui, der inzwischen auch die Schweizer Staatsbürgerschaft besitzt, erzählt über seinem Salatteller von kürzlichen Forschungsreisen nach Russland und Südkorea, dann holt er Kaffee für seine Mitarbeitenden, bevor sich die Gruppe wieder verstreut. Manchmal, sagt er auf dem Rückweg ins Büro, vermisse er das Leben in Grossstädten. Aber vor ein paar Jahren haben er und seine Frau Abhilfe geschaffen und ein Apartment in Berlin gekauft.

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



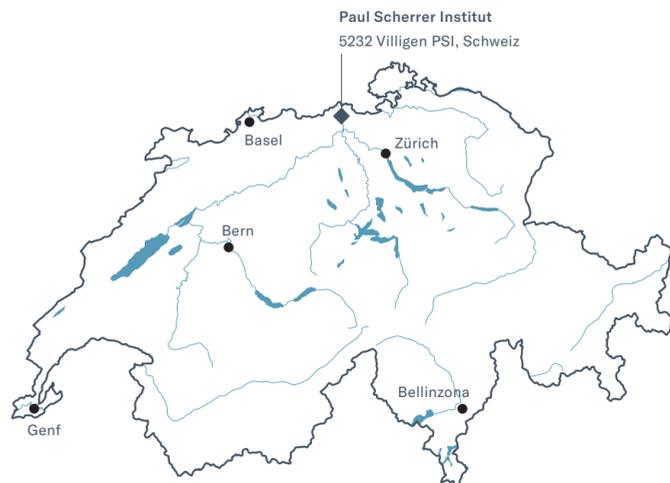
4

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 ungerne, finden wir, bei einem Institut, 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 Eidgenossenschaft haben wir den Auftrag erhalten, komplexe Grossforschungsanlagen zu entwickeln, zu bauen und zu betreiben. Unsere Anlagen sind in der Schweiz einzigartig, manche Geräte gibt es auch weltweit nur am PSI.

Zahlreiche Forschende, die auf den unterschiedlichsten Fachgebieten arbeiten, können durch Experimente an solchen Grossforschungsanlagen wesentliche Erkenntnisse für ihre Arbeit gewinnen. Gleichzeitig sind Bau und Betrieb derartiger Anlagen mit einem so grossen Aufwand verbunden, dass Forschergruppen an den Hochschulen und in der Industrie an der eigenen Einrichtung solche Messgeräte nicht vorfinden werden. Deshalb stehen unsere Anlagen allen Forschenden offen.

Um Messzeit für Experimente zu erhalten, 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 wissenschaftliche Qualität hin und empfehlen dem PSI, wer tatsächlich Messzeit bekommen soll. Denn obwohl es rund 40 Messplätze gibt, an denen gleichzeitig Experimente 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 1/2018 (Januar 2018)
ISSN 2504-2262

Herausgeber
Paul Scherrer Institut
5232 Villigen PSI, Schweiz
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 26: David Crockett /
Getty Images;
Seiten 28 / 29: François Bernard;
Seiten 30, 38: Markus Fischer;
Seite 31: Hotaik Sung / Getty Images;
Seite 32: Pan Hong / Getty Images;
Seite 33: Schweiz Tourismus.

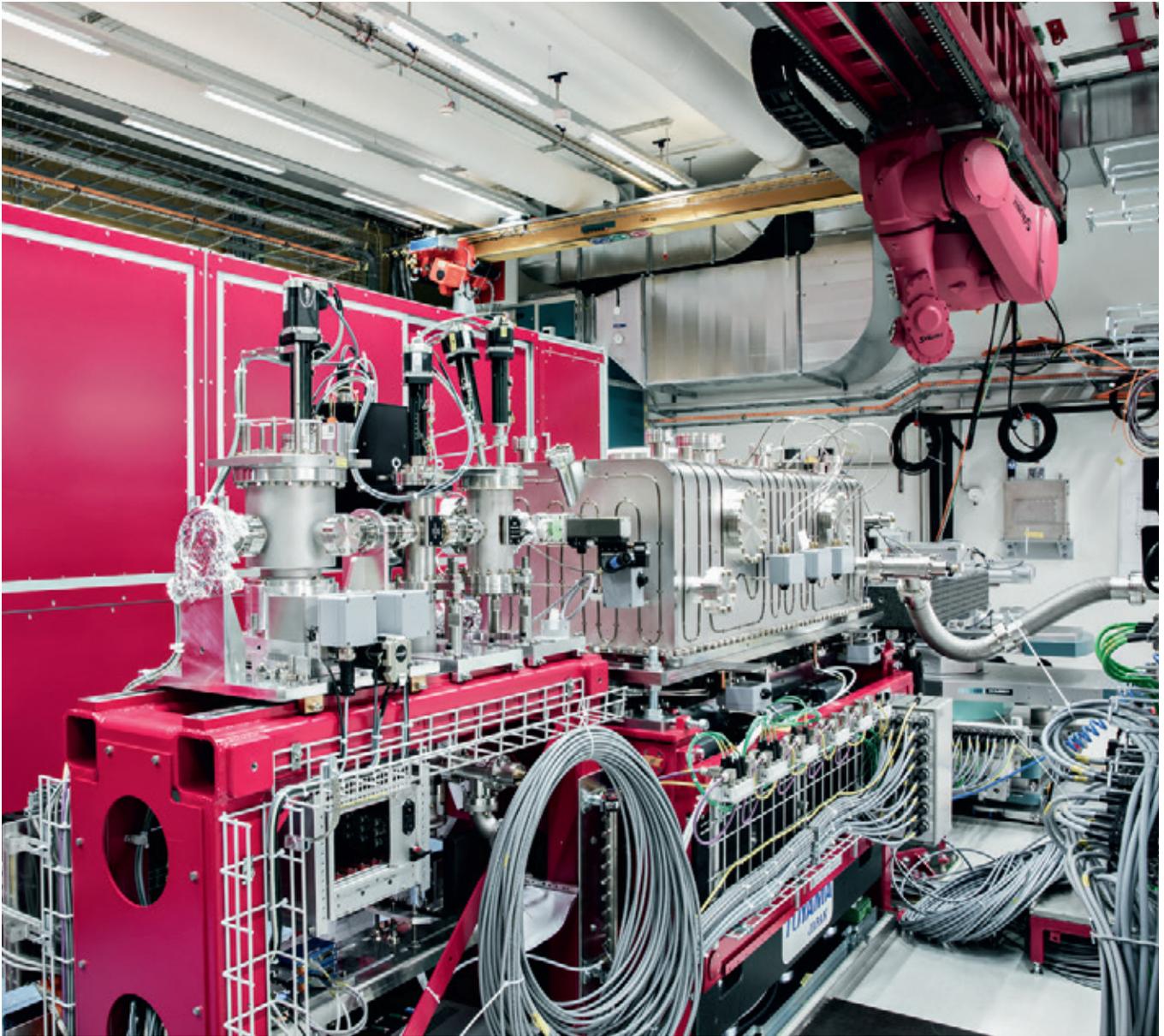
Grafiken
Christoph Frei, ausser:
Seiten 6, 7: Nick Radford;
Seite 20: Laura Hennemann /
Christoph Frei.

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

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

Sie können das Magazin kostenlos
abonnieren unter:
www.psi.ch/5232/5232-abonnieren

PAUL SCHERRER INSTITUT
PSI



Das erwartet Sie in der nächsten Ausgabe

Ende 2017 fanden am SwissFEL, der neuen Grossforschungsanlage des PSI, die ersten Experimente statt. In der kommenden Ausgabe des 5232 geben wir einen Einblick in das Making-of dieses einzigartigen Freie-Elektronen-Röntgenlasers, mit dem sich Kurzfilme von Biomolekülen in Aktion und Materialveränderungen herstellen lassen. Wir schauen den Produzenten und Regisseuren über die Schulter, sind beim Filmdreh dabei und stellen die Stars der Szene vor. Sie erfahren, ob die Anlage bei ihrem Publikum ankommt, was die Kritiker sagen, ob es eine zweite Episode und Spin-offs geben könnte. Und ob vielleicht sogar ein Oscar drinliegt.



Paul Scherrer Institut
5232 Villigen PSI, Schweiz | www.psi.ch | +41 56 310 2111