

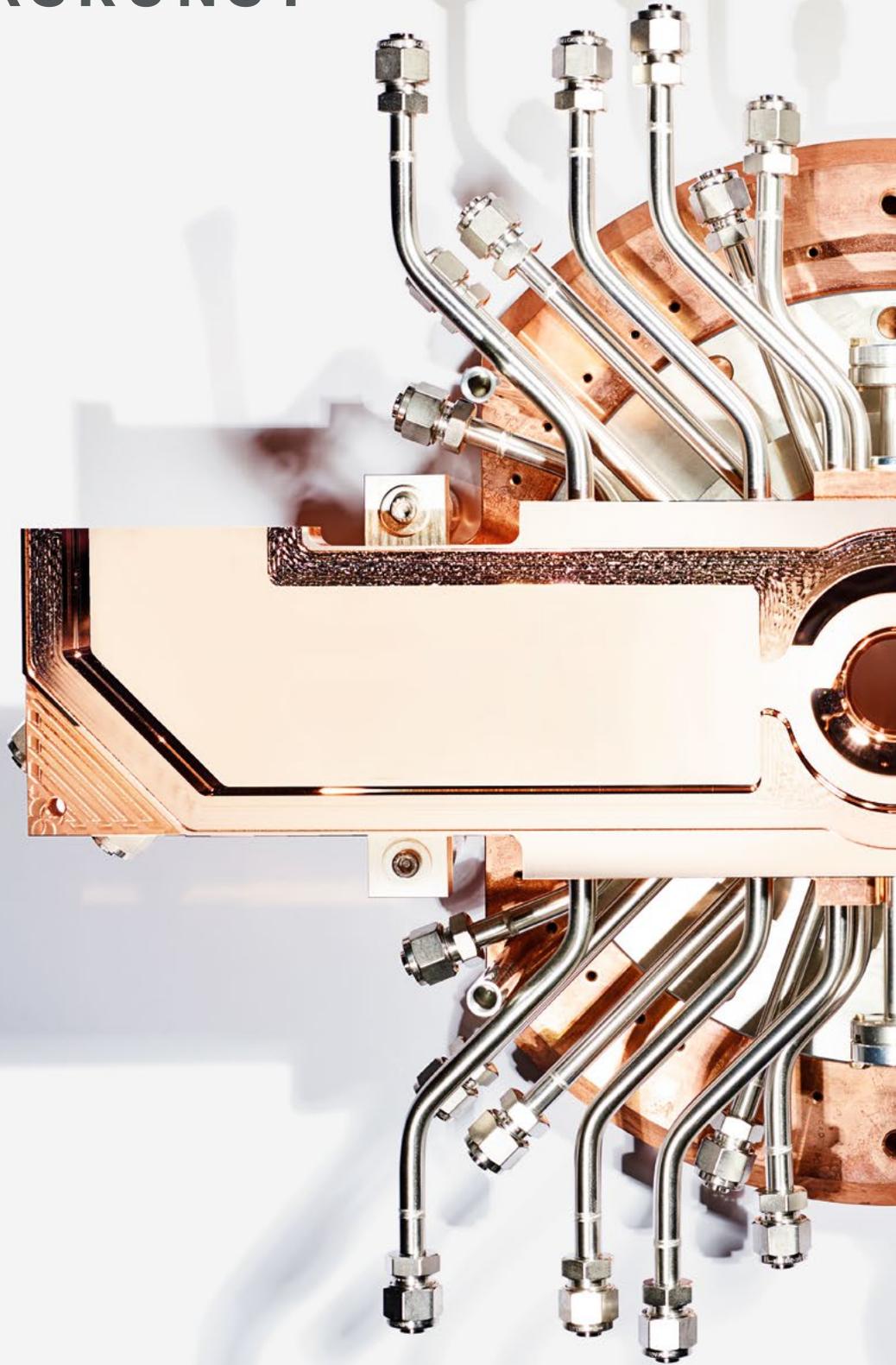
SCHWERPUNKTTHEMA

INGENIEURSKUNST

Das Magazin des Paul Scherrer Instituts

02 / 2017

NSR



SCHWERPUNKTTHEMA: INGENIEURSKUNST

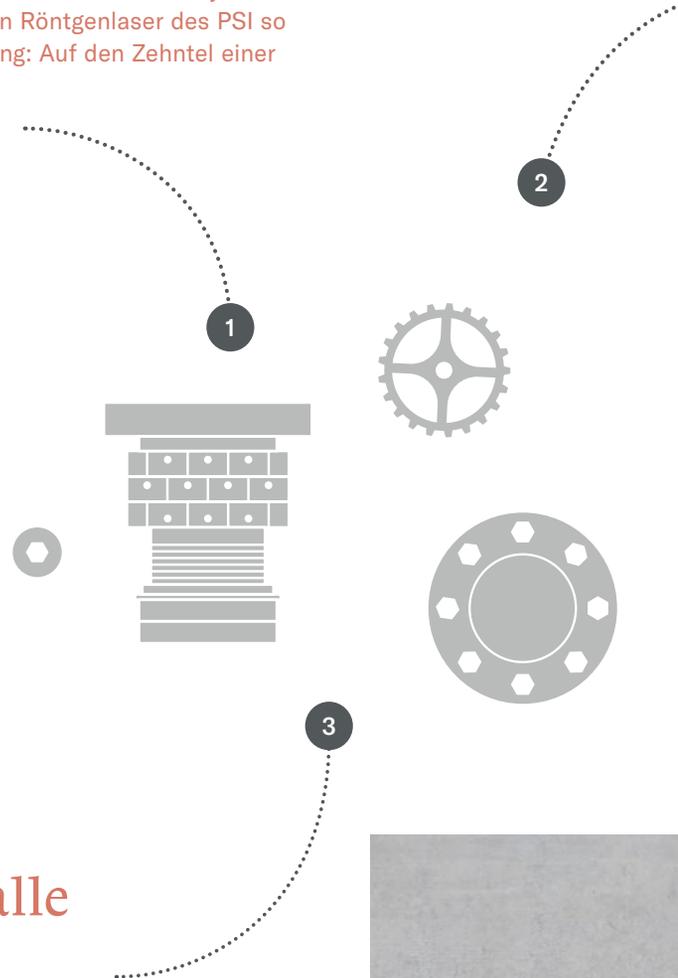


HINTERGRUND

Bis zur Grenze des Machbaren

Erst mussten sich die Ingenieure und die Physiker finden. Doch dann baute die Firma Daetwyler die Undulatoren für den Röntgenlaser des PSI so präzise, wie es eben ging: Auf den Zehntel einer Haaresbreite genau.

Seite 10

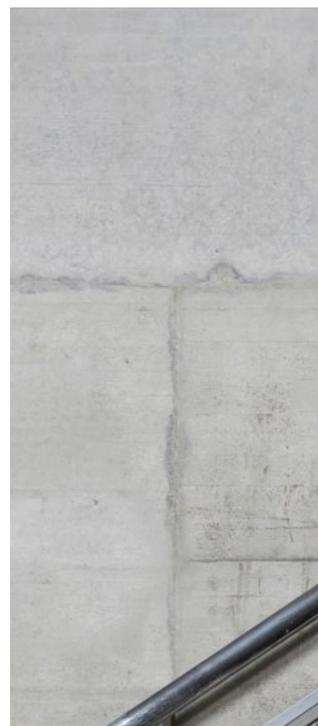


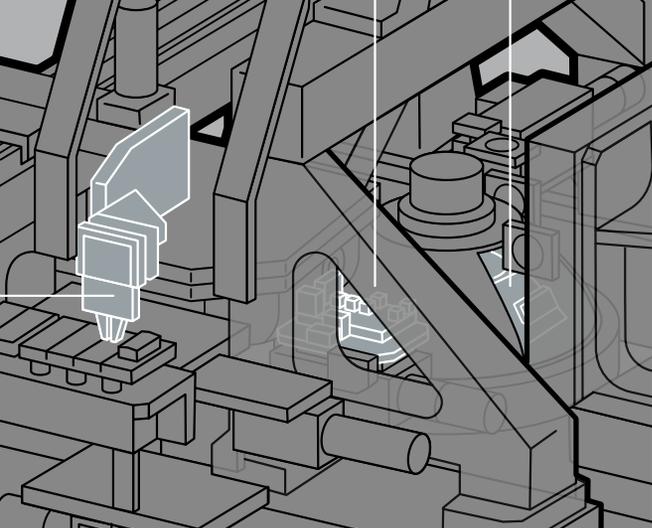
INTERVIEW

Gezielt bessere Metalle entwickeln

Die PSI-Forscherin Helena Van Swygenhoven-Moens untersucht das Innenleben von Metallen. Von der Uhrenindustrie bis zu Turbinenherstellern profitieren Ingenieure davon.

Seite 16





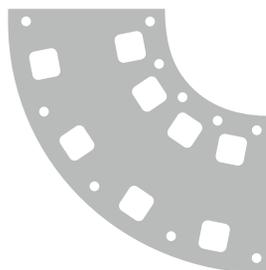
INFOGRAFIK

Präzisionsgerät

Mit Hilfe des Geräts OMNY können an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS feinste Strukturen in 3-D abgebildet werden.

Die Infografik zeigt technische Lösungen, die diese Leistung möglich machen.

Seite 14



INHALT

NACHGEFRAGT

Was machen Sie da, Herr Mesot? 4

DAS PRODUKT

Batterie 6

DAS HELFERLEIN

Gummihandschuhe 7

◊ SCHWERPUNKTHEMA: INGENIEURSKUNST 8

◊ HINTERGRUND

Bis zur Grenze des Machbaren 10

◊ INFOGRAFIK

Präzisionsgerät 14

◊ INTERVIEW

Gezielt bessere Metalle entwickeln 16

IM BILD

Tilman Schildhauer 21

IN DER SCHWEIZ

Aus der Garage in die Welt 22

Die Firma SwissNeutronics stellt im aargauischen Klingnau hochpräzise Neutronenleiter her und verkauft sie weltweit.

IN KÜRZE

Aktuelles aus der PSI-Forschung 26

- 1 Strömung im Metall
- 2 Methan zu Methanol
- 3 Chip in 3-D
- 4 Kupfer im Eis

◊ GALERIE

Ingenieurs-Kunst 28

Technische Geräte aus dem PSI haben eine ganz eigene Ästhetik.

ZUR PERSON

Wieder daheim 34

Nadja Schuler machte im Personalrestaurant des PSI ihre Lehre – und führt nun ein Restaurant ganz in der Nähe.

WIR ÜBER UNS 38

IMPRESSUM 40

AUSBLICK 41

Was machen Sie da, Herr Mesot?

Das Schwerpunktthema dieser Magazinausgabe ist «Ingenieurskunst». Vom Daniel Düsentrieb unserer Kindheit wissen wir «Dem Ingeniör ist nichts zu schwör.» Welche Rolle spielen die einfallreichen Erfinder am PSI? Joël Mesot, Direktor des Paul Scherrer Instituts, antwortet.

Herr Mesot, wo wäre das PSI ohne seine Ingenieure?

1

Es könnte einfach nicht existieren. Wenn wir über unsere Arbeit berichten, reden wir zwar meistens über die wissenschaftlichen Ergebnisse – Strukturen von Biomolekülen, die man für die Entwicklung neuer Medikamente kennen muss, oder Materialien mit neuen Eigenschaften für die Computer der Zukunft. Doch diese Ergebnisse beruhen meist auf Messungen an unseren Grossforschungsanlagen, die nur dank dem Einsatz und der Kreativität der Ingenieure die Anforderungen erfüllen, die die Forschenden für ihre Spitzenforschung brauchen. Das kann bedeuten, dass Anlagen mit einer fast unvorstellbaren Genauigkeit gebaut werden oder Geräte unter aussergewöhnlichen Bedingungen zuverlässig funktionieren: sei es im Vakuum oder bei starken Magnetfeldern. Wo man am PSI hinget, trifft man auf solche Höchstleistungen.

Arbeiten die PSI-Ingenieure nur für die Bedürfnisse des eigenen Instituts?

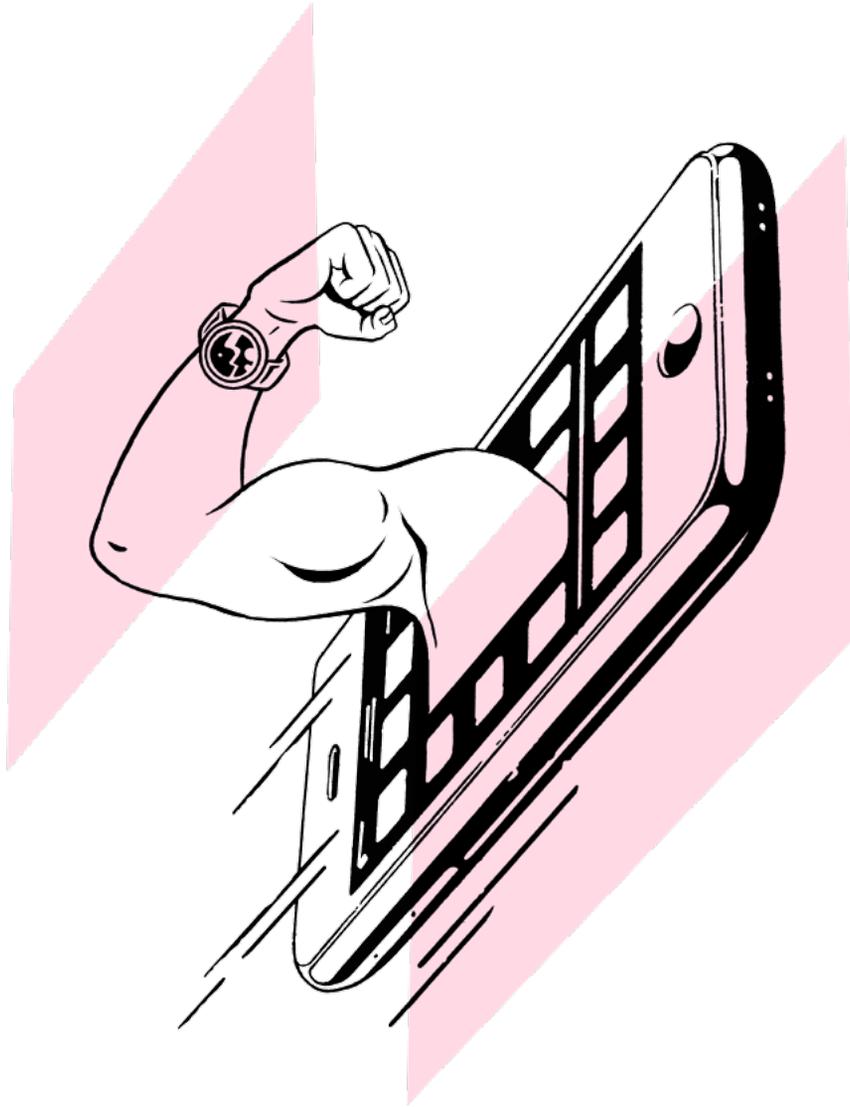
2

Zunächst ist ihre Aufgabe natürlich, Lösungen für die Herausforderungen zu finden, die sich am PSI ergeben. Aber gute Lösungen, die man hier entwickelt, teilen wir dann gerne mit Kollegen anderer Forschungseinrichtungen – genauso wie wir am PSI von deren Ideen profitieren. Sehr intensiv ist der Austausch zum Beispiel bei der Entwicklung von Technologien für Teilchenbeschleuniger, die alle unsere Grossforschungsanlagen antreiben. Bei vielen Projekten kooperieren wir auch eng mit Schweizer Unternehmen, die durch die Kooperation neue Kompetenzen gewinnen und so neue Kunden finden können. Zum Beispiel hat die Firma Schaer in Flaach am PSI wesentliche Teile der Anlage zur Krebsbehandlung mit Protonen gebaut. Dank dieser Erfahrung konnte sie inzwischen ähnliche Anlagen an weiteren Behandlungszentren aufbauen.

Profitieren auch Ingenieure, die keine Beschleuniger oder Protonentherapieanlagen bauen, von der Arbeit des PSI?

3

Auf jeden Fall. Denn viele Ergebnisse, die an unseren Grossforschungsanlagen erzielt werden, nützen Ingenieuren. Nur um ein Beispiel zu nennen: Wir arbeiten an verbesserten Metalllegierungen für verschiedenste technische Bauteile. Davon profitieren zum Beispiel die Hersteller von Kraftwerksturbinen. Gleichzeitig stehen die Anlagen auch der Industrie für ihre Untersuchungen offen. Hier wollen wir auch kleinere und mittlere Unternehmen ermutigen, mit ihren Fragestellungen zu uns zu kommen. Das ist Teil unseres Beitrags zur Initiative des ETH-Rats, die die Schweizer Forschung auf dem Gebiet fortgeschrittener Produktionsverfahren stärken soll.



So manches, was am PSI untersucht wird, könnte eines Tages zur Verbesserung eines Alltagsprodukts führen. Zum Beispiel

Batterien

Seit Jahren sind Lithiumionen-Akkus der Standard in Handys, Laptops und vielen weiteren Geräten. Dieser Typus wiederaufladbarer Batterien funktioniert extrem zuverlässig und hat eine sehr hohe Energiedichte – das heisst, in Lithiumionen-Akkus lässt sich vergleichsweise viel Energie speichern.

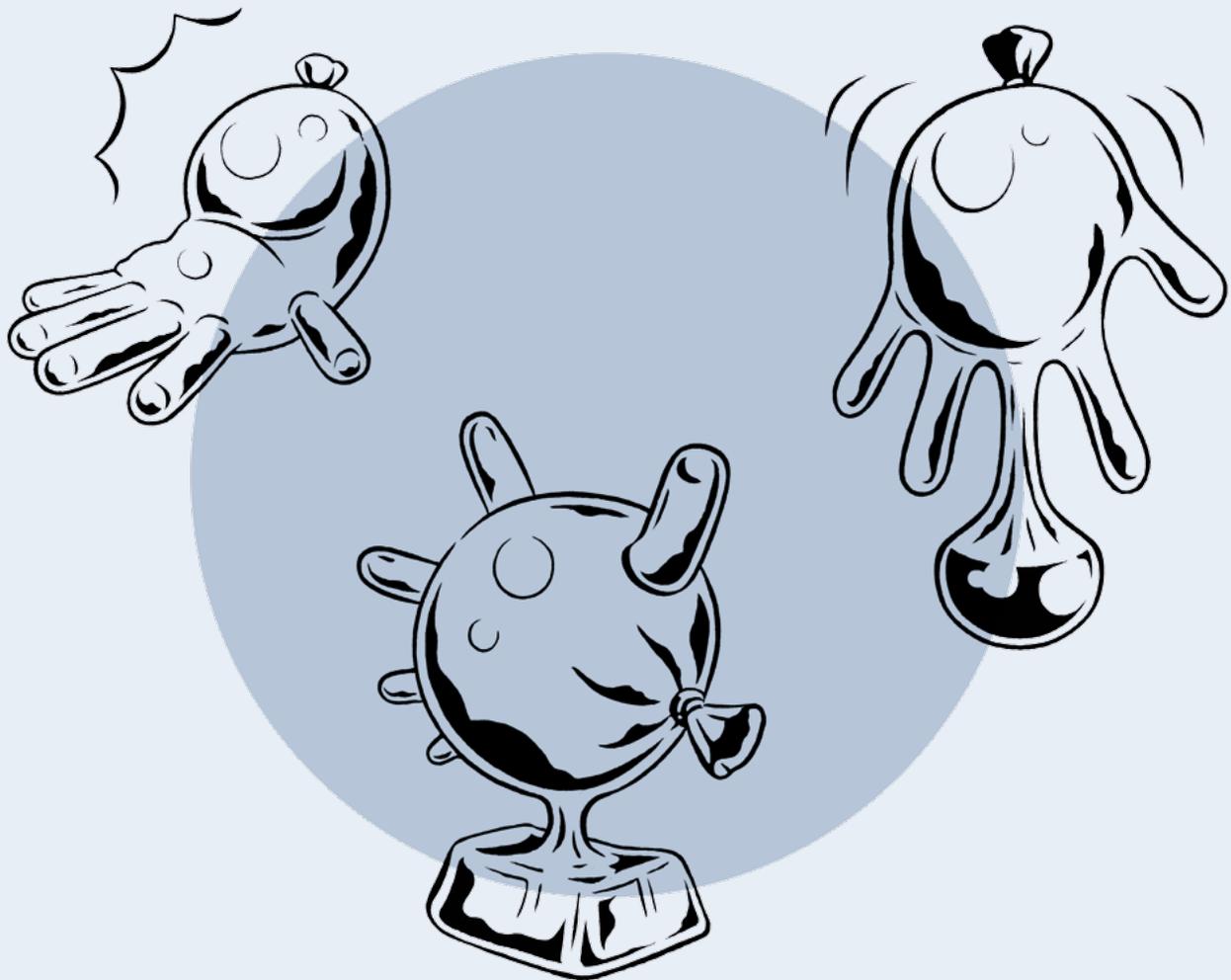
Doch in den Details lassen sich auch Lithiumionen-Akkus noch verbessern – daran arbeiten auch Forschende am PSI. In einem Projekt haben PSI-Forschende sich mit der Tessiner Firma Imerys Graphite & Carbon zusammengetan und dem Grafit, das in den Akkus steckt, Silizium beigemischt. Diese Mischung kann eine etwas grössere Menge der Lithiumionen aufnehmen als der pure Grafit – die so aufgewerteten Akkus liefern also ein wenig länger Strom. Durch die Summe solcher Massnahmen erreichen Forschende und Hersteller, dass die bewährten Lithiumionen-Akkus auf dem Markt kontinuierlich besser werden.

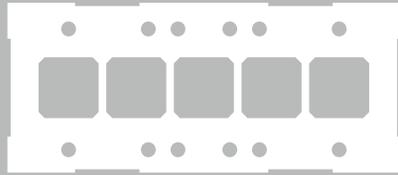
In der Spitzenforschung kommen manchmal überraschend alltägliche Hilfsmittel zum Einsatz: Verbrauchsmaterialien, die Forschende auf Grund ihrer Eigenschaften schätzen und zweckentfremdet benutzen. Zum Beispiel

Gummihandschuhe

Zugegeben: Die dünnen Einweghandschuhe, meist aus Latex gefertigt, sind im Laboralltag allgegenwärtig und schützen Hände vor Chemikalien.

Doch Batterie-Forschende am PSI haben für ihre Laborhandschuhe noch eine weitere Verwendung gefunden. In ihren Chemielaboren bauen sie reihenweise Testbatterien zusammen. Dies geschieht in einem geschlossenen gläsernen Kasten, der statt mit Luft mit einem Schutzgas gefüllt ist; denn die Materialien in der Batterie reagieren empfindlich auf den Sauerstoff in der Luft. Muss eine Testbatterie dann aus dem Glaskasten heraus- und für Untersuchungen in ein anderes Labor gebracht werden, so packen die Forschenden sie einfach in einen Laborhandschuh. Der Handschuh wird noch im Glaskasten luftdicht zugeknötet. Er wird so zu einer einfachen Transporthülle, die im wahrsten Sinne stets zur Hand ist.





HINTERGRUND

Bis zur Grenze des
Machbaren

Seite 10

1

2

INFOGRAFIK

Präzisionsgerät

Seite 14

Ingenieurskunst

Das Paul Scherrer Institut PSI ist das grösste Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Schweiz. Der Themenschwerpunkt dieses Heftes wirft einen Blick auf den ingenieurwissenschaftlichen Aspekt des PSI. Er zeigt, wie die Anforderungen der PSI-Forschungsanlagen Ingenieure zu Höchstleistungen herausfordern und wie Industrieunternehmen von Forschungsergebnissen aus dem PSI profitieren.



INTERVIEW

Gezielt bessere Metalle
entwickeln

Seite 16

3



Eine von 11752 Kupferscheiben, die aneinandergereiht das Herzstück des Linearbeschleunigers am Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL bilden. Die Oberfläche jeder Kupferscheibe muss so exakt glatt sein, dass die höchste Unebenheit 25 millionstel Millimeter nicht überschreitet.

Bis zur Grenze des Machbaren

Erst mussten sich die Ingenieure und die Physiker finden.
Doch dann baute die Firma Daetwyler die Undulatoren
für den Röntgenlaser des PSI so präzise, wie es eben ging:
Auf den Zehntel einer Haaresbreite genau.

Text: Joel Bedetti

Das Hauptquartier der Daetwyler-Gruppe liegt neben dem Flugplatz Bleienbach nahe Langenthal. Von hier aus leiten Peter Daetwyler und sein Sohn Ralph, der vergangenes Jahr die Verantwortung übernommen hat, ihr Familienunternehmen mit etwas über 400 Mitarbeitenden und neun Standorten bis in die USA und China. Die Zeiten sind hart, der starke Franken macht die ausländische Konkurrenz billig, sodass Daetwyler vorletztes Jahr 60 Personen entlassen musste.

Peter und Ralph Daetwyler sowie ihr Projektgenieur Christian Nussbaum sitzen im Chefbüro, vor ihnen liegen die vorbereiteten Mappen mit Visitenkarten und Firmenbroschüren für den Besuch des Journalisten. Zeit ist hier knapp; fast scheint einem, als spüre man den Druck des Weltmarkts im Raum schweben. Doch wenn die Männer von ihrer Zusammenarbeit mit dem PSI erzählen, beginnen sie zu strahlen. «Das ist ein Projekt, das gut geklappt hat!», beginnt Peter Daetwyler.

50 Kilometer weiter nordöstlich sitzen Hans Braun, Projektleiter des SwissFEL, und Thomas Schmidt, Chef der Undulatoren-Entwicklung, in einem engen Büro am PSI. Für den Besuch stellen sie ein Modell der Undulatoren, die sie zusammen mit Daetwyler produziert haben, auf den Tisch. Braun und Schmidt sind ein eingespieltes Team; sie korrigieren sich gegenseitig, flachsen sich gut gelaunt an und erinnern beim Kaffeemachen ein wenig an zerstreute Wissenschaftler: «Brauchst du Kapseln?», fragt Braun. «Nein», antwortet Schmidt aus der Küche und kommt wieder. «Aber Tassen.» Als sie nach kurzer Suche unbenutzte Tassen gefunden haben, geht Schmidt wieder in die Küche, kehrt nochmals zurück und fragt: «Ach ja – Milch und Zucker?»

Physiker und Ingenieure

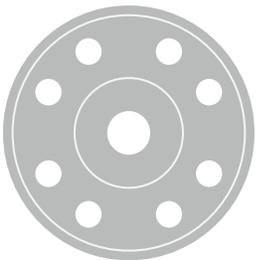
Die Kooperation des PSI mit der Firma Daetwyler, die Hochpräzisionsmaschinen für die Druckindustrie herstellt, begann nicht ohne Skepsis. Sie erforderte das Zusammenkommen zweier Welten: jener der Physiker und jener der Ingenieure. Hier die Grundlagenforscher mit ihren Experimenten, dort die Praktiker, die für den Markt produzieren.

Die Geschichte der beiden Partner begann im Mai 2009, als das PSI mehrere Dutzend Firmen zu sich einlud. Das PSI hatte gerade den Bau eines 740 Meter langen und 275 Millionen Franken teuren Röntgenlasers namens SwissFEL beschlossen und suchte nach Produzenten für die Komponenten. Besonders heikel war die Suche nach einem Hersteller für die Undulatoren. In diesen Geräten werden Elektronen von 1060 aufgereihten Magneten hin- und hergejagt und so dazu gebracht, das gewünschte Röntgenlicht zu erzeugen. Doch das funktioniert nur, wenn die Bauteile auf wenige tausendstel Millimeter genau montiert sind.

Das PSI hätte damit eine Firma in Japan, wo einer von weltweit zwei vergleichbaren Röntgenlasern steht, beauftragen können. «Doch wir wollten Knowhow in der Schweiz produzieren», sagt PSI-Projektleiter Hans Braun. Daetwyler gehörte an jenem Firmtag im Jahr 2009 nicht zu den Unternehmen, die das PSI im Auge hatte. Doch bei René Hartmann, CEO von Daetwyler, war der Ehrgeiz geweckt. «Ohne ihn wäre die Kooperation nicht zustande gekommen», sagt Hans Braun heute. Hartmann, der seine Dissertation am PSI verfasst hatte, überzeugte Braun und sein Team, dass Daetwyler die 20 Tonnen schweren Undulatoren mit der nötigen Präzision fertigen könne.

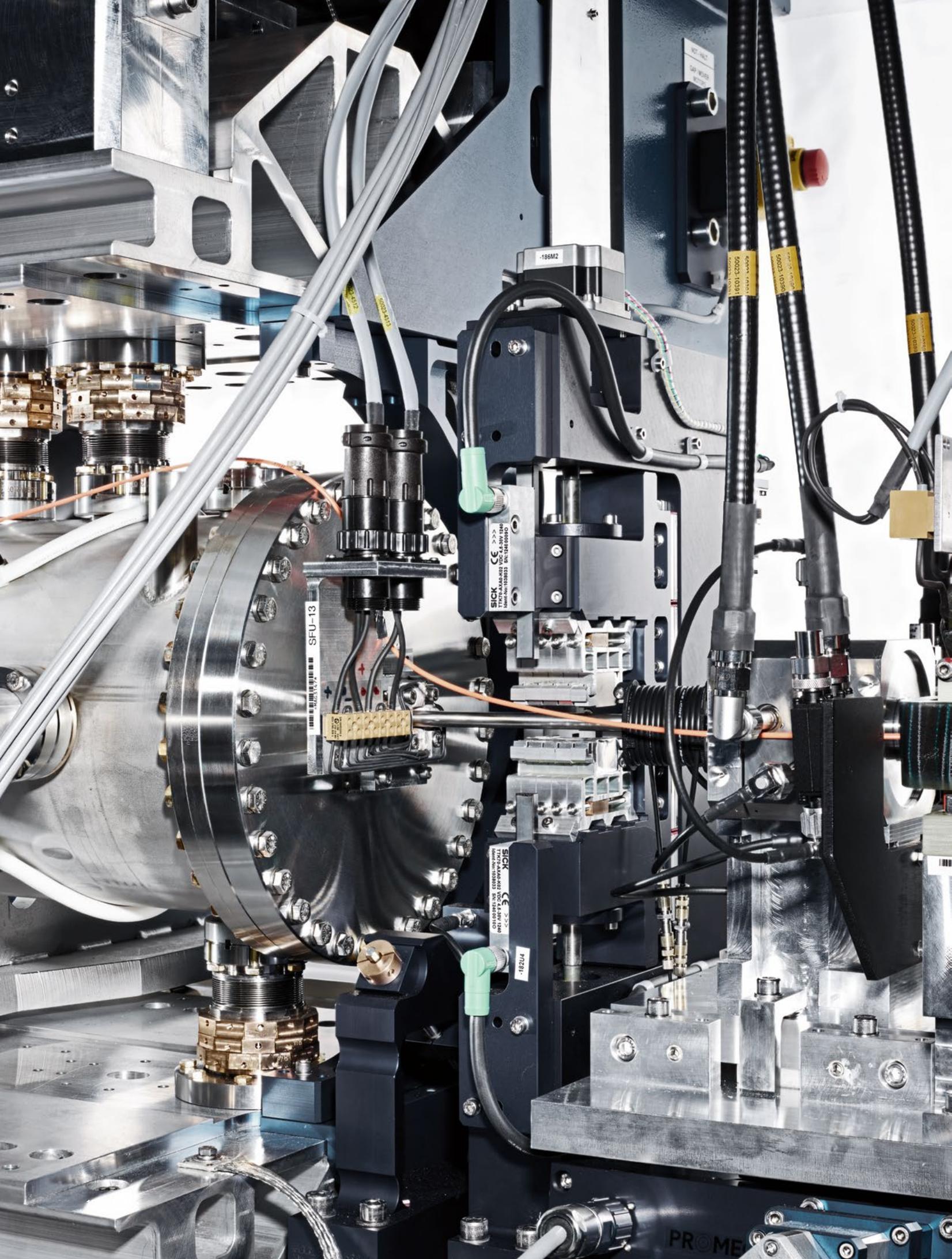


Im SwissFEL: Peter Daetwyler (links), Verwaltungsratspräsident der Daetwyler AG, und Hans Braun, SwissFEL-Projektleiter am PSI, besuchen noch einmal die fertig aufgestellten Undulatoren.



«Wir wollten Knowhow in der Schweiz produzieren.»

Hans Braun,
SwissFEL-Projektleiter, PSI



SFU-13

196M2

SICK
CE
TYPE: AAB-022
ID: 15480880
SN: 15480880

191281

50023 10391

046301 10099

50023 10391

PROMET

Bild links: Ein dreidimensionales Puzzle mit vielen Schrauben: Die SwissFEL-Undulatoren wurden hauptsächlich von der Firma Daetwyler hergestellt, enthalten aber auch Komponenten, die von anderen Unternehmen zugeliefert wurden und die sich perfekt einpassen müssen.

Bild rechts: Präzise bis ins Detail: Eine der 20 «Säulen», die jeder einzelne Undulator enthält. Sie dienen als extrem genaue, höhenverstellbare Verbindungen zwischen Vakuum- und Nicht-Vakuum-Bauteilen. Hersteller ist die Schweizer Firma Comvat AG.



Doch auch im Daetwyler-Hauptquartier selbst musste Hartmann für die Kooperation werben. «Normalerweise produzieren wir Maschinen, die nach einem Monat schmutzig sind», sagt Projekt-Ingenieur Nussbaum, der seine Ausbildung am «Tech» im nahen Burgdorf absolviert hat. «Diese sterile Welt der Wissenschaft war uns fremd.»

Aluminium statt Titan

René Hartmann erwies sich als ein guter Redner. «Er riss uns mit, sodass wir zum Schluss doch daran glaubten», erzählt Nussbaum. Peter Daetwyler stellte einige der besten Leute ab, die sich nun alle zwei Wochen mit den PSI-Forschern trafen. «Das brauchte Mut», sagt SwissFEL-Projektleiter Hans Braun rückblickend. Anfangs basierte die Kooperation auf einem Handschlag; die Finanzierung war nicht einmal für den Prototyp der Undulatoren gesichert. «Aber für uns war es eine Möglichkeit, in einen neuen Bereich vorzudringen», erklärt Peter Daetwyler seine damalige Risikobereitschaft. Erst im Dezember 2011 konnten das PSI und die Daetwyler AG den Vertrag für den Prototypen unterzeichnen. Das Geld dafür stammte aus einem Konjunkturpaket, das der Bund für die Exportwirtschaft beschlossen hatte.

Trotzdem mussten sich Physiker und Ingenieure erst aufeinander einstellen. Daetwyler-Projekt-Ingenieur Christian Nussbaum grinst, als er von einem der ersten Treffen mit den PSI-Physikern erzählt:

«Wir fragten: «Wie genau muss die Anlage sein?» Sie antworteten: «Naja, nicht auf den Nanometer genau» und lachten. Dann wurden sie ernst: «Aber auf den Mikrometer geht schon, oder?»»

Die Daetwyler-Ingenieure erklärten den Physikern, dass die Genauigkeit, die sie wünschten, nicht machbar sei.

Auch bei der Materialauswahl mussten sie die Physiker erden. «Einmal wollten sie die Magnetführungen aus Titan machen», erzählt Nussbaum. «Als sie unsere Offerte sahen, fragten sie schnell, ob Aluminium auch in Ordnung sei.»

Trotzdem merkte man bei Daetwyler schnell, dass es sich bei den Undulatoren-Entwicklern des PSI nicht um Fantasten handelte; deren Leiter Thomas Schmidt war zuvor schon am Bau der PSI-Forschungsanlage SLS beteiligt gewesen. Handkehrum lernten auch die Daetwyler-Ingenieure dazu, weil die PSI-Physiker sie bis an die Grenze ihres Könnens trieben. Bei Daetwyler weiss man, dass man Teile bereits vor der Montage bemalen muss, weil ein Anstrich danach ein Gerät verziehen kann. Weil auch Temperaturschwankungen ein Material dehnen oder schrumpfen lassen, war die Daetwyler-Montagehalle konstant mit 24 Grad beheizt. Doch für die Undulatoren, fanden die Ingenieure heraus, musste die Temperatur nicht nur in der Mitte der Halle, sondern auch oben und unten exakt gleich sein. Also baute Daetwyler eine Bodenheizung ein. Damit kann die Firma heute auch Geräte für andere Kunden präziser montieren als zuvor.

Feier mit Bundesrat

Als 2013 der Prototyp der Undulatoren montiert war, organisierte Peter Daetwyler eine gemeinsame Feier in der Montagehalle. Sogar sein Freund Bundesrat Johann Schneider-Ammann schaute vorbei. Inzwischen war die Finanzierung der zwölf restlichen Undulatoren gesichert. Die Produktion konnte anlaufen. Das Vertrauen zwischen den Physikern und Ingenieuren war inzwischen so gewachsen, dass das PSI die Abnahmekontrolle der Undulatoren Christian Nussbaum von Daetwyler überliess.

«Normalerweise produzieren wir Maschinen, die nach einem Monat schmutzig sind.»

Christian Nussbaum,
Projektingenieur, Daetwyler AG

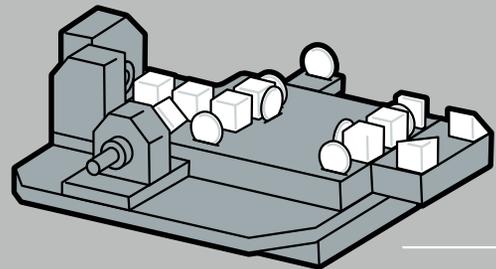
Transportiert wurden die Geräte in einem LKW-Container mit Luftkissenfederung und Heizung – und bei Nacht, weil der Lastwagen dann langsam fahren konnte. Thomas Schmidt vom PSI begleitete elf der zwölf Fahrten. Nicht, weil er musste, sondern weil er dabei sein wollte.

Wie eingespielt die beiden Teams auch auf einer persönlichen Ebene waren, zeigt sich noch heute am Bedauern über den Tod von René Hartmann, der die Kooperation bald überschattete. Bei Hartmann war die tödliche Nervenkrankheit ALS entdeckt worden. Ingenieur Christian Nussbaum erzählt, wie man den Mails seines Vorgesetzten plötzlich ansah, dass ihm das Schreiben Mühe bereitete. Anfang 2016 hielten Daetwyler und PSI eigens für Hartmann eine Feier im SwissFEL-Tunnel im Würenlinger Wald ab. Sie fuhren ihn im Rollstuhl den 740 Meter langen Tunnel entlang, in dem bereits einige Undulatoren standen. «Er konnte nicht mehr sprechen», erzählt Christian Nussbaum, «aber man sah ihm an, wie sehr er sich freute.» Wenige Wochen später starb er.

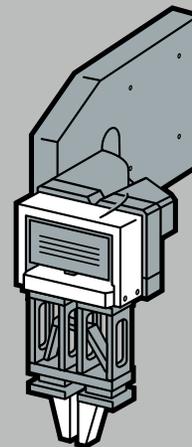
Im Sommer 2016 wurde der letzte Undulator angeliefert, kurz vor Weihnachten wurde der SwissFEL offiziell eingeweiht. Doch die Zusammenarbeit zwischen Daetwyler und dem PSI ist nicht beendet. Für die zweite Strahllinie des grossen Röntgenlasers sind sechzehn Undulatoren eines neu konzipierten Modells notwendig. Das Spiel geht wieder von vorne los: Die Daetwyler-Ingenieure werden den PSI-Physikern erklären, was machbar ist und was nicht. Bereits im Sommer soll mit dem Bau des nächsten Prototyps begonnen werden.

Dank der neuen Kompetenz hat Daetwyler bereits weitere Kundschaft aus der Wissenschaft gewonnen, zum Beispiel das Helmholtz-Zentrum Berlin. Oft kamen diese Aufträge dank der Empfehlung des PSI zustande. Bei Daetwyler habe man immer nach der besten Lösung gesucht, anstatt auf die Kosten zu schießen, betonen Hans Braun und Thomas Schmidt. Ein Geschäft wie jedes andere, erklärt Peter Daetwyler, sei dieser Auftrag nicht gewesen. «Das war eine Investition in unsere Zukunft. Wir haben unseren Horizont erweitert.» ♦

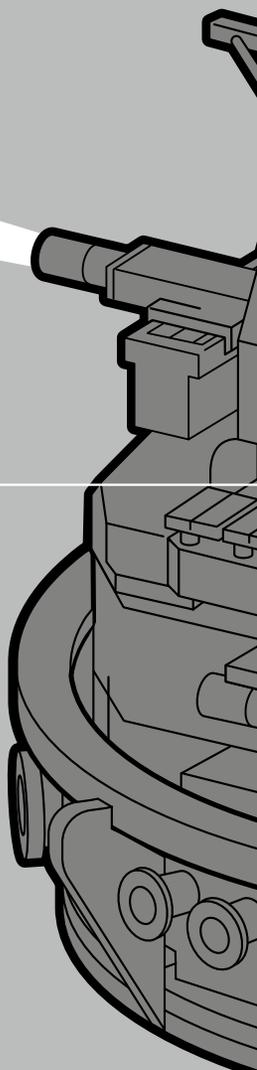
Präzisionsgerät



Diese Anordnung von Linsen, Prismen und anderen optischen Komponenten leitet einen feinen Laserstrahl zum Probenhalter und zurück und bestimmt damit die Position der Probe, während diese verschoben und gedreht wird. Erst diese zentrale Erfindung machte das OMNY-Instrument insgesamt möglich. Das Prinzip wurde patentiert und in Fachartikeln vorgestellt.

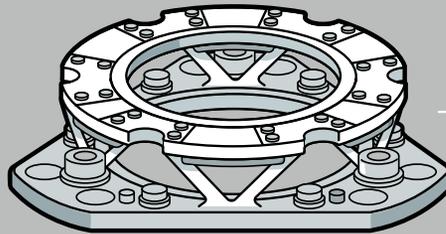
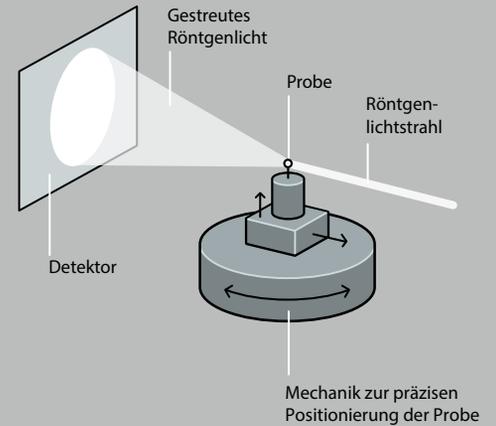


Oftmals werden mehrere ähnliche Proben nacheinander untersucht. Dieser Greifer kann die Proben automatisch aus einem Magazin entnehmen und für das nächste Experiment auf dem Probenhalter platzieren. Damit der Greifer auch bereits gekühlte biologische Proben transportieren kann, ist er selbst auf rund minus 170 Grad Celsius gekühlt.

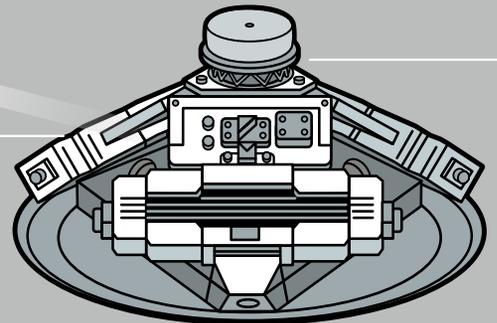


OMNY ist der Name eines neuen Geräts, das es ermöglicht, dreidimensionale Bilder vom Inneren verschiedener Objekte zu erzeugen – dabei werden selbst millionstel Millimeter kleine Strukturen sichtbar. Dafür wird das Objekt viele Male mit Licht aus der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS des PSI durchleuchtet – jeweils an verschiedenen Stellen und aus verschiedenen Richtungen. Der Lichtstrahl wird von den Strukturen im Inneren der Probe teilweise abgelenkt – Fachleute sagen «gestreut» – und dann von einem Detektor registriert. Aus den vielen Einzelmessungen lässt sich am Computer dann der innere Aufbau des untersuchten Objekts rekonstruieren.

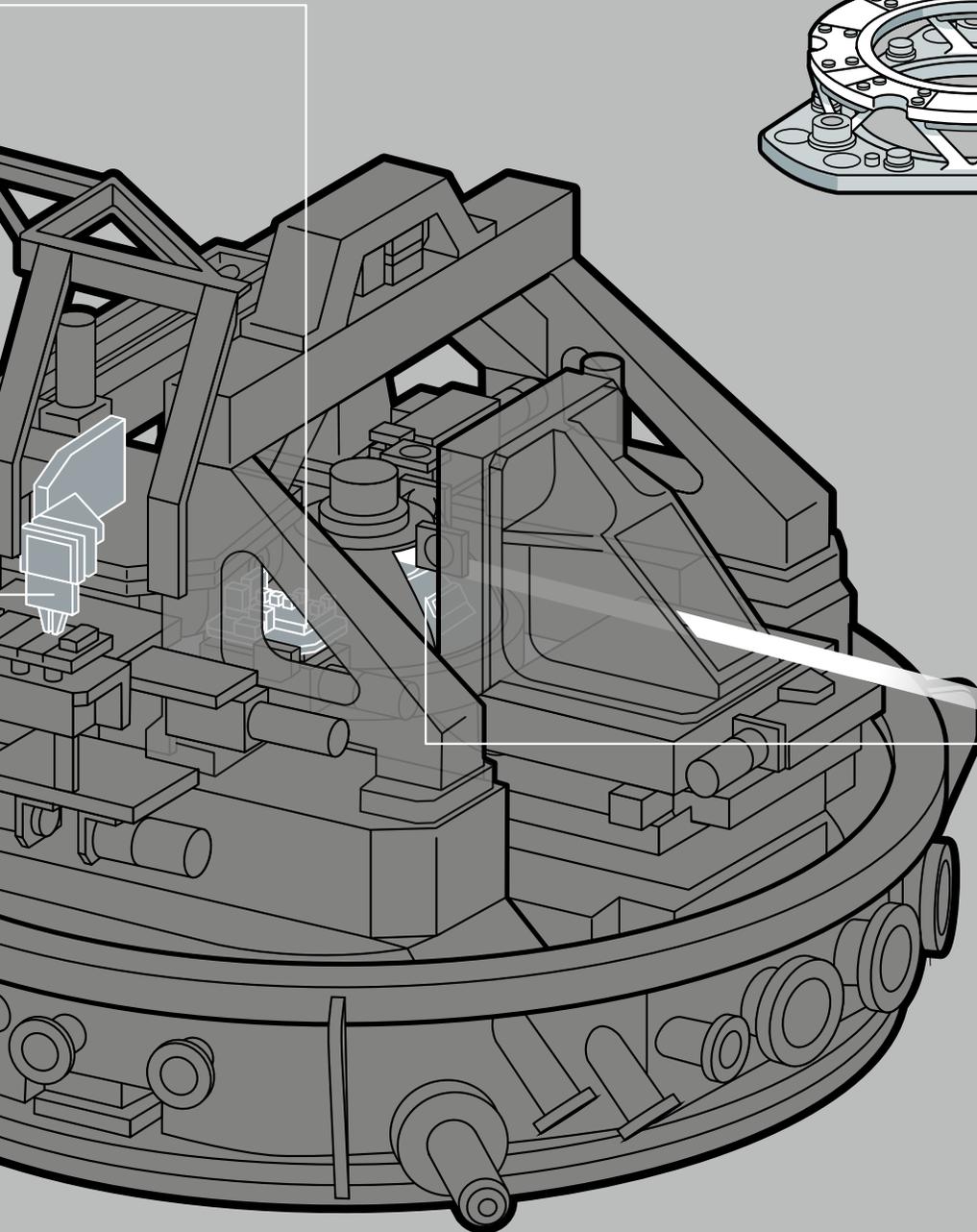
Das OMNY-Instrument übernimmt unter anderem die nanometergenaue Positionierung der Probe durch ihre exakte Verschiebung und Drehung. Zusätzlich kann die Probe darin stark gekühlt werden, sodass sich beispielsweise auch biologisches Gewebe untersuchen lässt, das sich sonst während der Messungen verändern würde. OMNY ist ein Beispiel für die technischen Meisterleistungen der PSI-Mitarbeitenden an den Experimentierplätzen des PSI.



Auf dieser runden Struktur befindet sich der Probenhalter, auf dem die zu untersuchende Probe montiert ist. Die Struktur selbst ist fest mit der darunterliegenden Mechanik verbunden, die die Probe sehr schnell bewegt. Sie dient gleichzeitig als thermische Isolierung, das heisst, sie sorgt dafür, dass die gekühlte Probe sich nicht durch die Mechanik erwärmt. Die Isolierung und die feste Verbindung stehen eigentlich im Widerspruch, sodass die PSI-Forscher hier einen angemessenen Kompromiss entwickeln mussten.



Mit diesem komplexen mechanischen System kann die Probe während des Experiments auf das Tausendstel eines Millimeters genau positioniert werden. Das Gerät bewegt die Probe sehr schnell von einer Messposition zur nächsten, sodass das gesamte Experiment in kurzer Zeit durchgeführt werden kann. Das System wird inzwischen in Lizenz von einem externen Unternehmen hergestellt und vertrieben.





Gezielt bessere Metalle entwickeln

Helena Van Swygenhoven-Moens untersucht an den Grossforschungsanlagen des PSI das Innenleben von Metallen. Die Uhrenindustrie verlangt nach kleinen robusten Federn und Ingenieure wollen grosse Turbinenschaufeln ohne Materialverspannungen.

Interview: Judith Rauch

ZUR PERSON

Helena Van Swygenhoven-Moens wurde 1955 in Belgien geboren. Nach Physikstudium und Promotion arbeitete sie als Wissenschaftlerin an der Freien Universität Brüssel. 1989 zog sie mit ihrem Ehemann in die Schweiz. Nach einer Babypause stieg sie 1991 am PSI wieder in die Forschung ein – mit einem Marie-Heim-Vögtlin-Stipendium des Schweizerischen Nationalfonds. Seit 2005 ist sie zudem Professorin für Materialwissenschaften an der ETH Lausanne (EPFL).

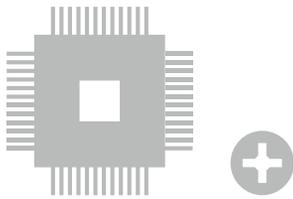
5232: Die Forschungsergebnisse Ihrer Arbeitsgruppe am PSI kommen unmittelbar den Ingenieurwissenschaften zugute. Teilweise arbeiten Sie direkt mit Technikkonzernen zusammen. Können Sie ein Beispiel für solche gemeinsamen Projekte geben?

Helena Van Swygenhoven-Moens: Ein gutes Beispiel ist unser gemeinsames Projekt mit der Firma General Electric in Baden. Es ging um die Turbinenschaufeln von Kraftwerken. Nach deren Herstellung verbleiben Restspannungen im Material. Diese Spannungen führen zu einer Veränderung der sogenannten Mikrostruktur des Metalls – und das kann die Turbinenschaufel schwächen. Einer meiner Doktoranden hat eine komplexe Methode entwickelt, um die Restspannungen gezielt in ganz bestimmten, entscheidenden Bereichen im Inneren der Turbinenschaufel zu messen: In den feinen Stegen, die zwischen den inneren Lüftungskanälen der Schaufel liegen. Er hat dafür die Möglichkeiten der Neutronentomografie und der Neutronenstreuung kombiniert – und Neutronen gibt es eben an der Neutronenquelle SINQ des PSI. Dank unserer Forschungsergebnisse bekam das Unternehmen damals Hinweise, seine Turbinenherstellung zu optimieren.

Untersuchen Sie immer so grosse Werkstücke?

Nein, die Grossforschungsanlagen des Paul Scherrer Instituts eignen sich auch für Detail-Untersuchungen an sehr kleinen Objekten. 2016 hat eine meiner Doktorandinnen ein besonderes Metall untersucht, das für die kleinen Federn in Uhren verwendet wird. Bei all seinen Vorteilen hat dieses Material auch einen Nachteil: wir Wissenschaftler sagen, es kriecht. Das heisst, wenn eine geringe Kraft darauf wirkt, verformt es sich mit der Zeit. Die Doktorandin hat dieses Materialverhalten hier am PSI an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS untersucht und die Forschungsergebnisse in einer Fachzeitschrift veröffentlicht. Daraufhin hat uns eine Schweizer Firma kontaktiert und jetzt haben wir ein KTI-Projekt mit dieser Firma – ein anwendungsorientiertes Forschungsprojekt, das von der Kommission für Technologie und Innovation der Schweizerischen Eidgenossenschaft unterstützt wird. Genauer gesagt sind sogar drei Firmen daran beteiligt: der Hersteller des Materials, der Hersteller der Federn und eine Uhrenfirma. Der Weg führte also von der Grundlagenforschung über die angewandte Forschung bis zur Verbesserung eines Produkts.





Kleine Verspannungsmaschine:
Vielseitig. In dieser kleinen mehrachsigen Verspannungsmaschine lassen sich neue Materialien untersuchen, von denen es noch keine grossen Mengen gibt. Die Maschine wurde kürzlich im Rahmen eines Förderstipendiums des Europäischen Forschungsrats von der Forschungsgruppe von Van Swygenhoven-Moens entwickelt.

«Realistische Material- Verformungen passieren in mehrere Richtungen zugleich.»

Helena Van Swygenhoven-Moens,
Materialwissenschaftlerin, PSI

Die Menschheit verarbeitet Metall seit 10 000 Jahren. Warum gibt es da noch immer etwas zu erforschen und zu verbessern?

Metall ist ja nicht gleich Metall: Schon Aluminium ist etwas ganz anderes als Gold. Und schon sehr früh haben Menschen unterschiedliche Legierungen entwickelt. Doch heute können wir die Mikrostruktur von Metallen sichtbar machen und dadurch gezielt bessere Metalle entwickeln. Grob gesagt kann man sich ein Metall so ähnlich vorstellen wie einen Zuckerwürfel, der ja aus tausenden winziger kristalliner Zuckerkörner besteht: Auch Metalle bestehen aus lauter winzigen Körnern. Früher waren diese Körner vergleichsweise gross, zum Beispiel 50 tausendstel Millimeter. Aber mit neuen Verfahren lassen sich heute nanostrukturierte Metalle herstellen, bei denen diese Körner 50 millionstel Millimeter klein sind.

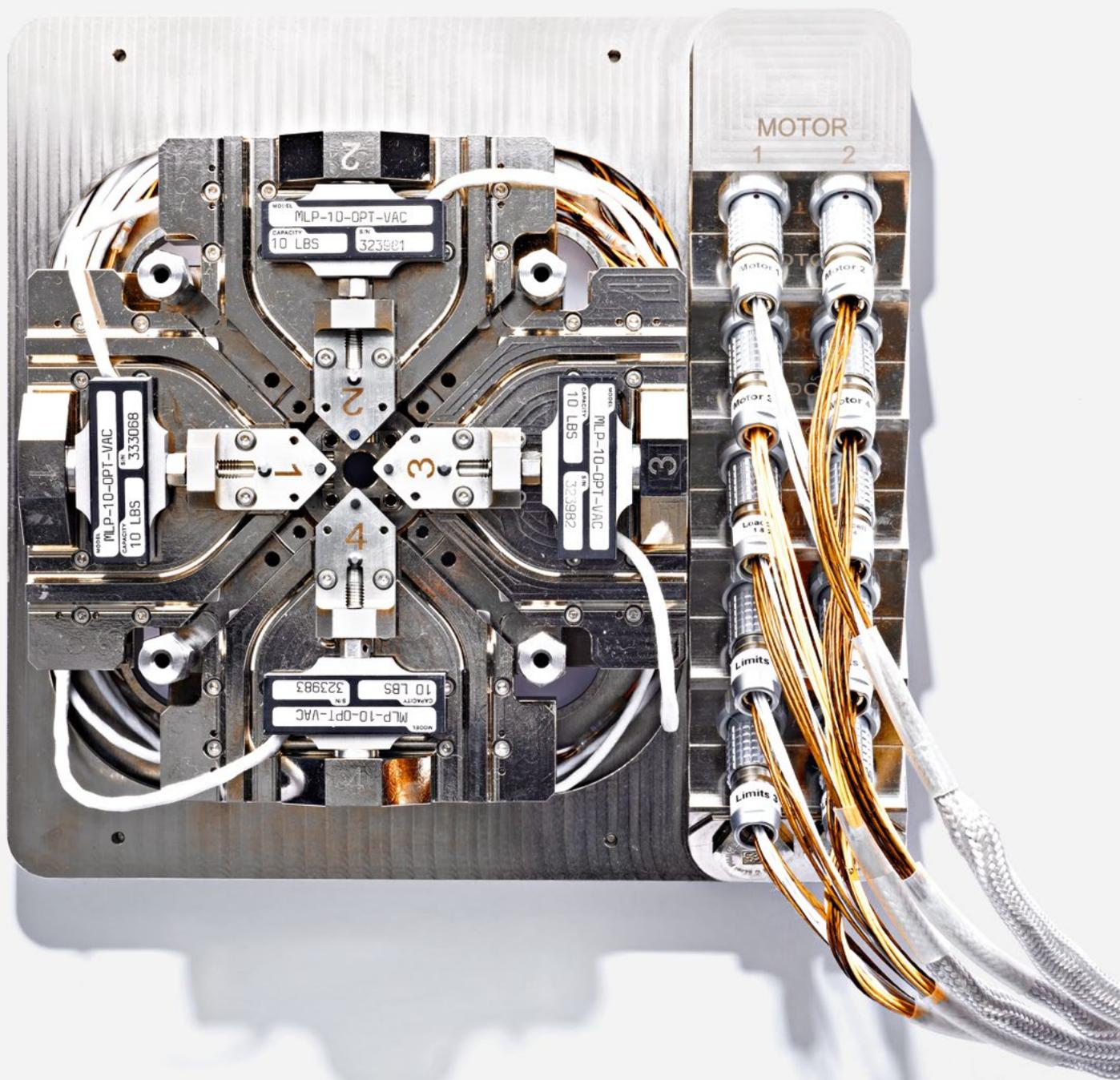
Was für Folgen hat das?

Die Verformbarkeit eines Metalls hängt sehr stark von seiner Mikrostruktur ab. Heutzutage sind belastbare und zugleich leichte Materialien gewünscht, beispielsweise für die Auto- und

Luftfahrtindustrie. Dieses Ziel versucht man mit unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen und unterschiedlichen Strukturierungen, darunter eben auch mit Nanostrukturierung, zu erreichen. Solche massgeschneiderten Materialien zu erforschen und weiter zu verbessern ist ein wichtiger Bereich, in dem Materialforscher und Ingenieure zusammenarbeiten.

Ende 2013 bekamen Sie von der EU eine Förderung von 2,5 Millionen Euro, um eine Frage aus der Grundlagenforschung zu lösen. Worum ging es da?

Oft dreht sich unsere Forschung darum, die Ergebnisse von Computersimulationen experimentell zu überprüfen – oder solche Simulationen mit Daten zu bestücken. Aber 90 Prozent dessen, was wir über die Verformung von Metallen wissen, kommt aus uniaxialen Verformungsexperimenten: Man nimmt eine Probe und zieht entlang einer Richtung daran – also vorne und hinten. In der Praxis passieren allerdings viel kompliziertere Verformungen: In mehrere Richtungen gleichzeitig; oder es gibt eine Richtungsänderung während der Verformung. Man stelle sich



beispielsweise vor, wie ein Blech verformt wird, um zur Motorhaube eines Autos zu werden. Das Ziel meines Projekts «MULTIAX» war also, Apparate zu entwickeln, in denen man Metallproben in mehrere Richtungen verformt und während dieser Verformung die Änderung der Mikrostruktur beobachtet. Diese Beobachtung geschieht bei grösseren Metallstücken an der Neutronenquelle SINQ des PSI. Kürzlich haben wir eine weitere mehrachsige Verformungsmaschine entwickelt, die sehr klein ist, sodass wir darin ganz neue Materialien untersuchen können, von denen es noch keine grossen Mengen gibt. Die Maschine kann man in der SLS einsetzen oder auch in einem Raster-Elektronenmikroskop.

Könnte es im Zuge der aktuellen Entwicklungen in der Schweiz und Europa für Wissenschaftler in der Schweiz schwerer werden, solche EU-Förderungen zu bekommen?

Durch die Masseneinwanderungsinitiative sah es eine Zeit lang sehr danach aus, ja. Zum Glück konnten die negativen Auswirkungen gesetzlich wieder abgewendet werden. Für die Schweiz wäre ein Ausschluss aus den EU-Förderungen ein grosser Nachteil, denn das Land ist insgesamt sehr erfolgreich im Anwerben von europäischen Stipendien. Mit Forschungsmitteln unterstützt werden wir aber auch von der Schweizer Uhrenindustrie, auch in der Grundlagenforschung. Zwei meiner Doktoranden arbeiten an neuen Goldlegierungen. Im Moment sind Rottöne gewünscht, Sie können das bereits in den Uhrengeschäften sehen. Und es gibt den Wunsch, kleine Komponenten direkt im 3-D-Drucker herzustellen.

Was macht die Metallforschung eigentlich attraktiv für junge Forscher?

Sie war zwischenzeitlich tatsächlich nicht mehr sehr attraktiv und es war schwierig, motivierten Nachwuchs zu finden. Aber Herausforderungen wie der 3-D-Druck oder andere neue Herstellungsmethoden haben frischen Wind in die Metallurgie gebracht. In der Medizintechnik, also beispielsweise bei der Herstellung von Titan-Prothesen, ist der 3-D-Druck zwar bereits angekommen; aber für komplexere Legierungen gibt es hier noch viel Forschungsbedarf.

Am PSI führen Sie Ihre Experimente an grossen und komplexen Grossforschungsanlagen wie SLS und SINQ durch – sind diese Anlagen wirklich nötig?

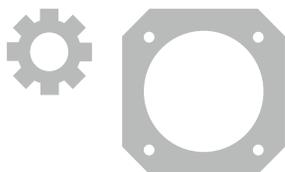
Für viele Standarduntersuchungen wären diese Grossgeräte tatsächlich übertrieben. Aber in unseren anspruchsvollen Experimenten können wir mit einem einzigen Test sehr vieles herausfinden, was man früher in etlichen kleinen Schritten erforscht hat. Das spart Zeit und somit Geld.

Und welche Ihrer Wünsche bleiben noch offen?

Ich arbeite oft und gerne mit den Ingenieuren von technischen Firmen zusammen. Mit unseren Grossforschungsanlagen und unserem Methoden-Knowhow können wir dem Werkplatz Schweiz etwas bieten. Das möchte ich zukünftig verstärkt machen. ♦

«Die Herausforderungen des 3-D-Drucks haben frischen Wind in die Metallurgie gebracht.»

Helena Van Swyghoven-Moens,
Materialwissenschaftlerin, PSI





Tilman Schildhauer

Tilman Schildhauer erforscht, wie sich die Prozesse in einem Wirbelschichtreaktor optimieren lassen. Dieser erzeugt künstliches Erdgas, also Methan, etwa indem er Wasserstoff aus erneuerbarem Strom mit Kohlendioxid aus Biogas verbindet. Schildhauer arbeitet an einer Pilotanlage mit, die genau dieses Power-to-Gas-Verfahren unter die Lupe nehmen will. Ziel ist, erneuerbare Energien aus Biomasse, Wind und Sonne zu speichern, damit sie nach Bedarf eingesetzt werden können und nicht ungenutzt verloren gehen.

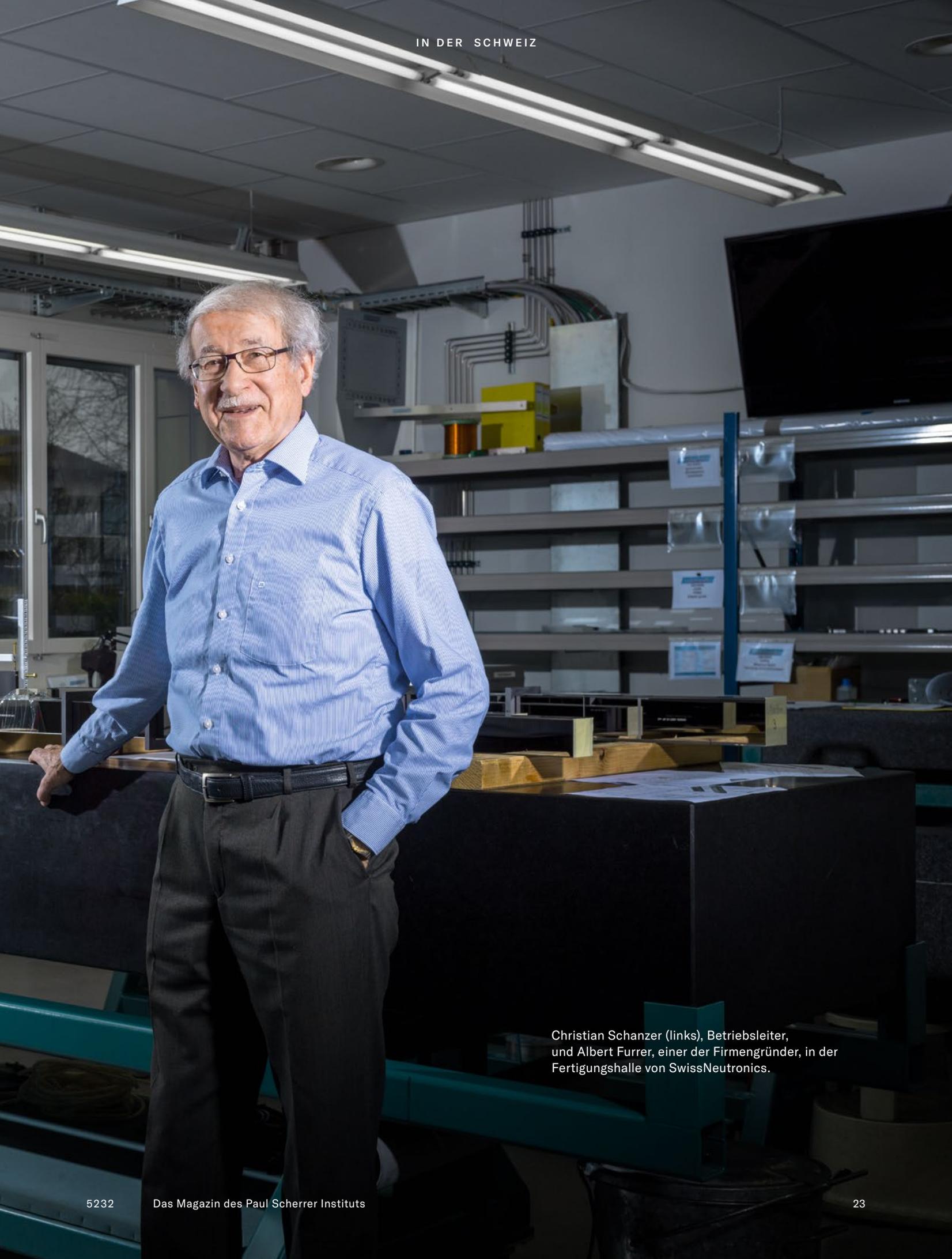
A man with glasses and a goatee, wearing a dark blue button-down shirt, is sitting on a black workbench in a laboratory or workshop. He is smiling and looking towards the camera. The background features large windows with a view of trees and buildings, and various pieces of equipment and tools on the workbench.

Aus der Garage in die Welt

IN DER SCHWEIZ

Im Jahr 1999 gründeten PSI-Forschende die Spin-off-Firma SwissNeutronics. Heute hat das Unternehmen 15 Mitarbeitende, verkauft hochpräzise Bauteile an Forschungseinrichtungen weltweit und hat doch noch immer seinen Sitz in der Kleinstadt Klingnau – nicht weit entfernt vom PSI.

Text: Laura Hennemann



Christian Schanzer (links), Betriebsleiter, und Albert Furrer, einer der Firmengründer, in der Fertigungshalle von SwissNeutronics.

Acht Millionen Franken – das wäre in den 1990er Jahren eine zu hohe Ausgabe für die Forschenden des PSI gewesen. Acht Millionen hätte es damals gekostet, bestimmte hochpräzise Bauteile – sogenannte Neutronenleiter – bei einer externen Firma zu bestellen. Der Betrag liess sich im veranschlagten Projekt-Gesamtbudget nicht unterbringen. Eine kreative Lösung musste her. «Wir haben uns also entschlossen, diese Neutronenleiter selbst herzustellen», erzählt Albert Furrer. Dass dieser Entschluss weitreichende Folgen haben würde – darunter die Gründung des inzwischen ältesten PSI-Spin-offs SwissNeutronics – war damals noch nicht abzusehen.

Furrer ist eigentlich schon seit 12 Jahren pensioniert. Aber von solchen Formalitäten lässt er sich nicht aufhalten. Am PSI hat der emeritierte Professor der ETH Zürich und Mitbegründer der PSI-Neutronenforschung weiterhin ein Büro für sich alleine. Das Büro ist sehr klein und riecht – dem PSI-weiten Rauchverbot zum Trotz – deutlich nach Tabak. Auf dem Schreibtisch liegt zwischen Papierstapeln eine Pfeife. Davor sitzt Furrer, graue Haare, grauer Schnurrbart, Brille und freundliches Lächeln, und sieht im Vergleich zu einem Foto aus der Gründungszeit von SwissNeutronics nicht sehr verändert aus.

Vom Fenster seines Büros aus kann man einen Teil der PSI-Areals West sehen. Auf diesem Gelände befindet sich die Neutronenquelle SINQ des PSI, eine der hiesigen Grossforschungsanlagen – sie nimmt ein ganzes Gebäude ein. Die Anlage wurde 1997 eingeweiht. Mit Neutronenleitern, die Furrer und seine damaligen PSI-Kollegen selbst entworfen und hergestellt hatten.

«Macht das doch auch für uns»

Zur Inbetriebnahme der SINQ, erinnert sich Furrer, gab es eine grosse internationale Konferenz in Interlaken, natürlich mit einem Ausflug ans PSI. «Da sahen also 700 Leute aus der ganzen Welt unsere selbst gebauten Neutronenleiter und einige sagten: «Das können wir auch gebrauchen für unsere Neutronenquelle. Macht das doch auch für uns, wir würden es euch abkaufen!»»

Furrer und die anderen Neutronenforschenden dachten darüber nach. Die Idee reizte sie. «Aber uns war klar: So etwas ist nicht Aufgabe eines Forschungsinstituts.» Also gründeten Furrer und einige seiner Kollegen im Jahr 1999 die Firma SwissNeutronics. Furrer ist bis heute Mitglied der Geschäftsleitung der Firma – parallel zu seinem Status als Emeritus der ETHZ.

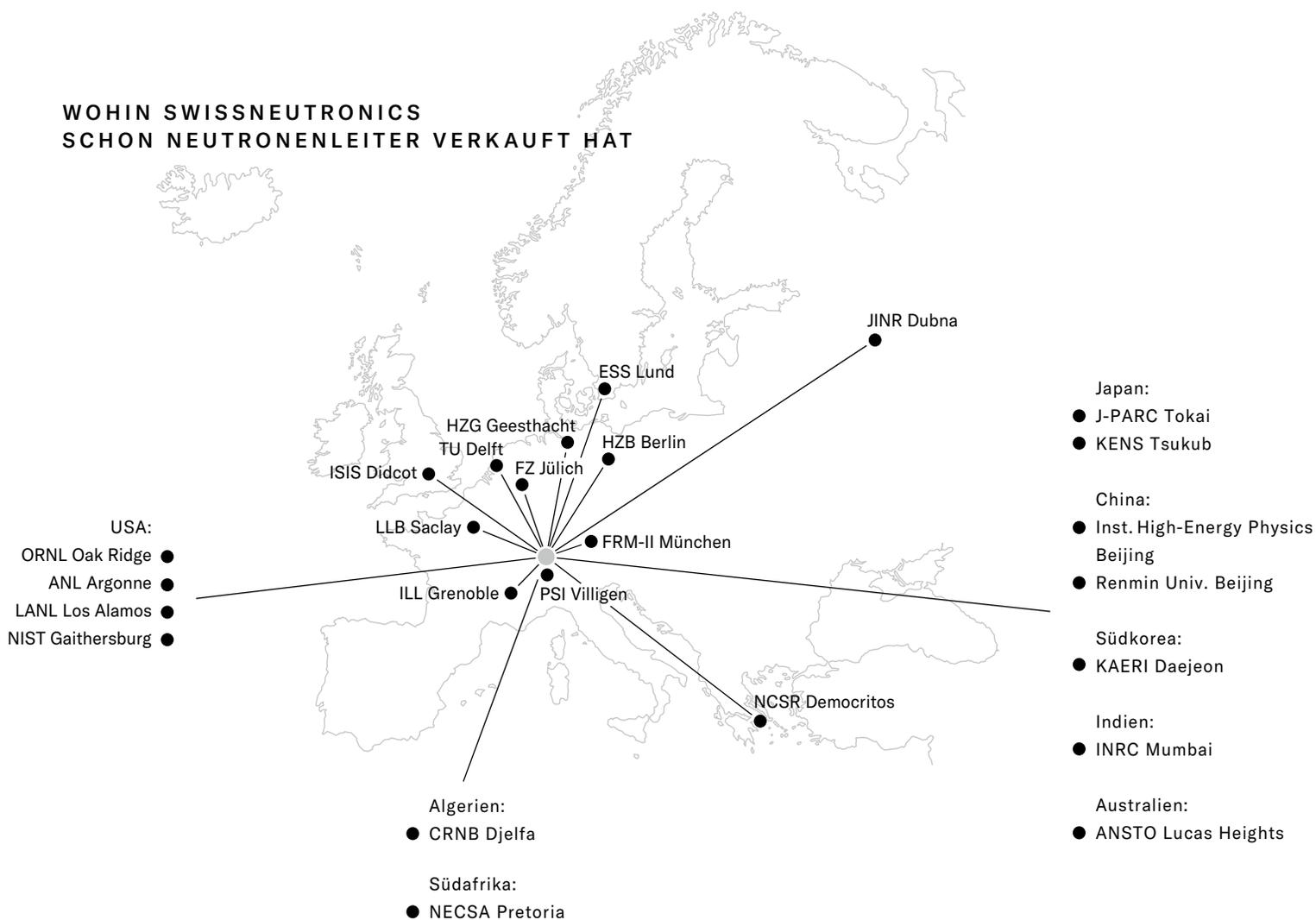
«Wir haben damals tatsächlich in der Garage von einem dieser Kollegen angefangen, in einer Privatgarage in Birmenstorf», lacht Furrer. Insgesamt waren sie fünf Gründungsmitglieder. In der Garage klebten die Physiker jeweils vier lange, schmale Glasplatten zu einem viereckigen Rohr zusammen. Die langen Glasstücke hatten sie zuvor mit einer hauchdünnen Lage Metall überzogen. Diese Beschichtung auf der Innenseite der Rohre macht sie zu Neutronenleitern. Diese werden in der Forschung benötigt, um die Neutronen von der Neutronenquelle zu den verschiedenen Experimentierstationen zu führen. Dort werden die Neutronen ähnlich genutzt wie Röntgenstrahlen in der Medizin: Neutronen durchdringen Objekte – metallische Bauteile, Versteinerungen, historische Werkstücke – und machen ihr Innenleben sichtbar.

Für das Aufbringen der entscheidenden Metallbeschichtung durften die frischgebackenen Unternehmer die am PSI entwickelte Herstellungsrezeptur benutzen und auch die Beschichtungsmaschinen des PSI selbst. «Für beides hatten wir in den Anfangsjahren einen Lizenzvertrag mit dem PSI abgeschlossen», stellt Furrer klar: SwissNeutronics ist von Beginn an eine eigenständige Firma, die keine Sondervorteile am PSI bekommt, nur weil die Gründer vorher hier gearbeitet haben.

Die Garagenzeit dauerte nicht lange. Schon im Jahr 2000 bezog SwissNeutronics ein Gewerbegebäude in Klingnau – einer Kleinstadt rund fünf Kilometer nördlich vom PSI. 2004 folgte eine Betriebsvergrößerung mit Umzug innerhalb von Klingnau in das jetzige Gebäude. Dort empfängt Christian Schanzer, seit 2007 Betriebsleiter bei SwissNeutronics, mit einem festen Händedruck. Die Haare zu kurz geschoren, als dass ihre Farbe erkennbar wäre, Brille, besonnene Ausstrahlung. Er steht im Eingangsbereich von SwissNeutronics, der von einem schwarzen glänzenden Granitboden veredelt wird. Darüber hängt allerdings ein leichter Geruch nach Maschinenöl und gibt einen Eindruck von Mechanikwerkstatt, Polierraum, Aufdampfanlage und Fertigungshalle, die hinter dem Bürotrakt liegen.

«Unser Kerngeschäft sind ganz klar die Neutronenleiter, damit machen wir 80 Prozent unseres Umsatzes», so Schanzer. «Aber der Markt dafür ist eben ein besonderer.» Weltweit gibt es derzeit rund 20 Neutronenquellen, die als Kunden infrage kommen. SwissNeutronics, das inzwischen fünfzehn Mitarbeitende beschäftigt, hat darum noch ein zweites Standbein aufgebaut: Um die Neutronenleiter so exakt zu positionieren, dass es dem Anspruch der Forschenden genügt, arbeitet SwissNeutronics mit besonderen Lasertrackern. Diese Lasertracker

WOHIN SWISSNEUTRONICS
SCHON NEUTRONENLEITER VERKAUFT HAT



und deren Bedienung bietet SwissNeutronics den Firmen in der Umgebung als Dienstleistung an. In der Nachbargemeinde Döttingen, erzählt Schanzer, sitzt die Redaktion der Regionalzeitung «Die Botschaft». «Die hatten eine Weile das Problem, dass die Druckmaschinen das Papier zerrissen haben. Also haben sie uns beauftragt. Wir sind mit unserem Lasertracker gekommen und konnten auf weniger als einen Millimeter genau feststellen, was an den Maschinen wie austariert werden musste.»

Durch Aufträge wie diese kommen die Mitarbeitenden von SwissNeutronics in den Austausch mit anderen lokalen und Schweizer Firmen. «Wir bestellen auch unsere Rohstoffe und Bauteile, wann immer es geht, bei Firmen in der unmittelbaren Umgebung», so Schanzer. Andersherum jedoch kann ihnen im Inland nur einer die Neutronenleiter abkaufen: das PSI.

Das «Swiss» im Namen verpflichtet

Die Nähe zum PSI ist für SwissNeutronics vor allem wichtig, weil die Qualitätsüberprüfung weiterhin an

der hiesigen Neutronenquelle SINQ stattfindet. Einer der Messplätze, «Narziss», ist nur für Testzwecke eingerichtet. Hier hat SwissNeutronics einen pauschalen Anteil der verfügbaren Experimentierzeit gebucht. «An Narziss messen wir 20 Prozent der Bauteile durch, die nachher im Endprodukt an den Kunden geliefert werden – das ist unser Anspruch in Punkto Qualitätskontrolle», erklärt Schanzer.

Qualität ist das Stichwort, auf das es hier immer und immer wieder ankommt. «Was ich als Kind über Schweizer Präzision gehört habe, finde ich hier wieder: Zuverlässigkeit, Pünktlichkeit und Qualität», erklärt Schanzer, der ursprünglich aus Bayern kommt. SwissNeutronics hat weltweit zwei Konkurrenten: eine Firma im deutschen Heidelberg, eine in Budapest. «Die Schweiz ist ganz klar kein Niedriglohmland», fährt Schanzer fort. «Trotzdem können wir uns international behaupten. Dabei hilft uns das «Swiss» im Namen durchaus. Und verpflichtet uns, unsere Schweizer Qualitäten immer aufrecht zu halten.» ◆

Aktuelles aus der PSI-Forschung

1 Strömung im Metall

Wie Wasser fließt, strömt und Wirbel bildet, lässt sich mit einem eingestreuten farbigen Pulver leicht sichtbar machen. In flüssigem Metall dagegen liess sich die Strömungsdynamik bislang nicht beobachten – schliesslich ist Metall undurchsichtig. Die metallverarbeitende Industrie ist jedoch hieran interessiert, um die Herstellungsprozesse von Gussmetallen zu verbessern. Forschende der Universität Lettlands haben nun gemeinsam mit PSI-Wissenschaftlern eine Methode entwickelt, die diesen Wunsch erfüllt: Sie durchleuchteten flüssiges Gallium mit Neutronenstrahlen an der Neutronenquelle SINQ des PSI. Für Neutronen ist Gallium durchsichtig. Dem Gallium hatten die Forschenden kleine, für die Neutronen undurchsichtige Partikel beigemischt, die – analog zum farbigen Pulver im Wasser – die Strömung im Inneren des flüssigen Metalls sichtbar machten.

Originalveröffentlichung:
M. Ščepanskis et al., Metallurgical and Materials Transactions B 2017,
DOI: 10.1007/s11663-016-0902-8

2 Methan zu Methanol

Bei der Förderung von Erdöl wird auch gasförmiges Methan frei, das heutzutage meist noch vor Ort ungenutzt verbrannt wird. Durch einen neu entwickelten einfachen und effizienten Umwandlungsprozess lässt sich diese Verschwendung jedoch womöglich abwenden: Forschenden des PSI und der ETH Zürich ist es erstmals gelungen, aus einer Kombination von Methan und Wasser nutzbares Methanol herzustellen. Methanol ist flüssig und lässt sich daher einfacher transportieren als Methan und es kann beispielsweise als Treibstoff verwendet werden oder als Grundstoff für die chemische Industrie. Eines Tages könnte der neu entwickelte Prozess in kompakten technischen Anlagen zum Einsatz kommen, die sich sogar direkt auf den Ölfeldern errichten liessen.

Weitere Informationen:
<http://psi.ch/h1P7>

Originalveröffentlichung:
V.L. Sushkevich et al., Science 2017,
DOI: 10.1126/science.aam9035

3 Chip in 3-D

Forschende des PSI haben detaillierte 3-D-Röntgenbilder eines handelsüblichen Computerchips erstellt. Dabei konnten sie als Erste zerstörungsfrei die Verläufe der innen liegenden, teilweise nur 45 Nanometer (45 millionstel Millimeter) breiten Stromleitungen und die 34 Nanometer hohen Transistoren sichtbar machen. Heutzutage müssen Chip-Hersteller, die den Aufbau ihrer Chips untersuchen wollen, diese bei der Untersuchung zerstören. Die Messungen haben die Forschenden an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS des PSI durchgeführt und dabei ein Röntgen-Tomografieverfahren eingesetzt, das sie in den vergangenen Jahren entwickelt haben. Dieses Mal haben sie ein kleines herausgeschnittenes Stück aus dem Chip untersucht. Ziel ist nun, das Verfahren so weiterzuentwickeln, dass die Industrie damit komplette Chips untersuchen kann.

Weitere Informationen:
<http://psi.ch/6abJ>

Originalveröffentlichung:
M. Holler et al., Nature 2017,
DOI: 10.1038/nature21698

Seit rund

2700

Jahren wird in Südamerika Kupfer abgebaut und verhüttet.

Für die Untersuchung wurde auf

6300

Metern über dem Meer ein Eiskern aus dem Illimani-Gletscher in Bolivien entnommen.

139

Meter tief haben die Forschenden in das Eis des Gletschers gebohrt.

4 Kupfer im Eis

Südamerika versorgt den halben Globus mit Kupfer. Doch wann die Kupferproduktion dort begann, blieb bislang unklar – erst aus der Zeit der Moche-Kultur, zwischen 200 und 800 n. Chr., hat man zahlreiche Kupferobjekte entdeckt. Durch die Analyse des Eises am Illimani-Gletscher in den bolivianischen Anden fanden nun Forschende des PSI heraus, dass in Südamerika bereits etwa ab dem Jahr 700 v. Chr. Kupfer gewonnen wurde. Für ihre Untersuchung haben die Forschenden dem Gletscher durch eine Bohrung einen 139 Meter langen Eiskern entnommen. Sie konnten so den Kupfergehalt des Schwebstaubes untersuchen, der sich zu verschiedenen Zeiten in der Atmosphäre befand. Der Schwebstaub lagert sich auf dem Gletscher ab, was dessen Eis zu einem natürlichen Archiv macht, in dessen Schichtungen die Umweltverschmutzung vergangener Zeiten gespeichert ist.

Weitere Informationen:

<http://psi.ch/FDxs>

Originalveröffentlichung:

A. Eichler et al., Scientific Reports 2017, DOI: 10.1038/srep41855

Ingenieurs-Kunst

Der Schwerpunkt dieser Ausgabe des Magazins heisst Ingenieurskunst. Die Kunst, die hier gemeint ist, ist zunächst die Kunst, Geräte zu entwerfen und herzustellen, die technische Spitzenleistungen möglich machen. Diese Galerie soll zeigen, dass sich dieser Begriff auch anders verstehen lässt, wenn man die Geräte von ihrer eigentlichen Funktion losgelöst als Kunstwerke mit einer ganz eigenen Ästhetik betrachtet.

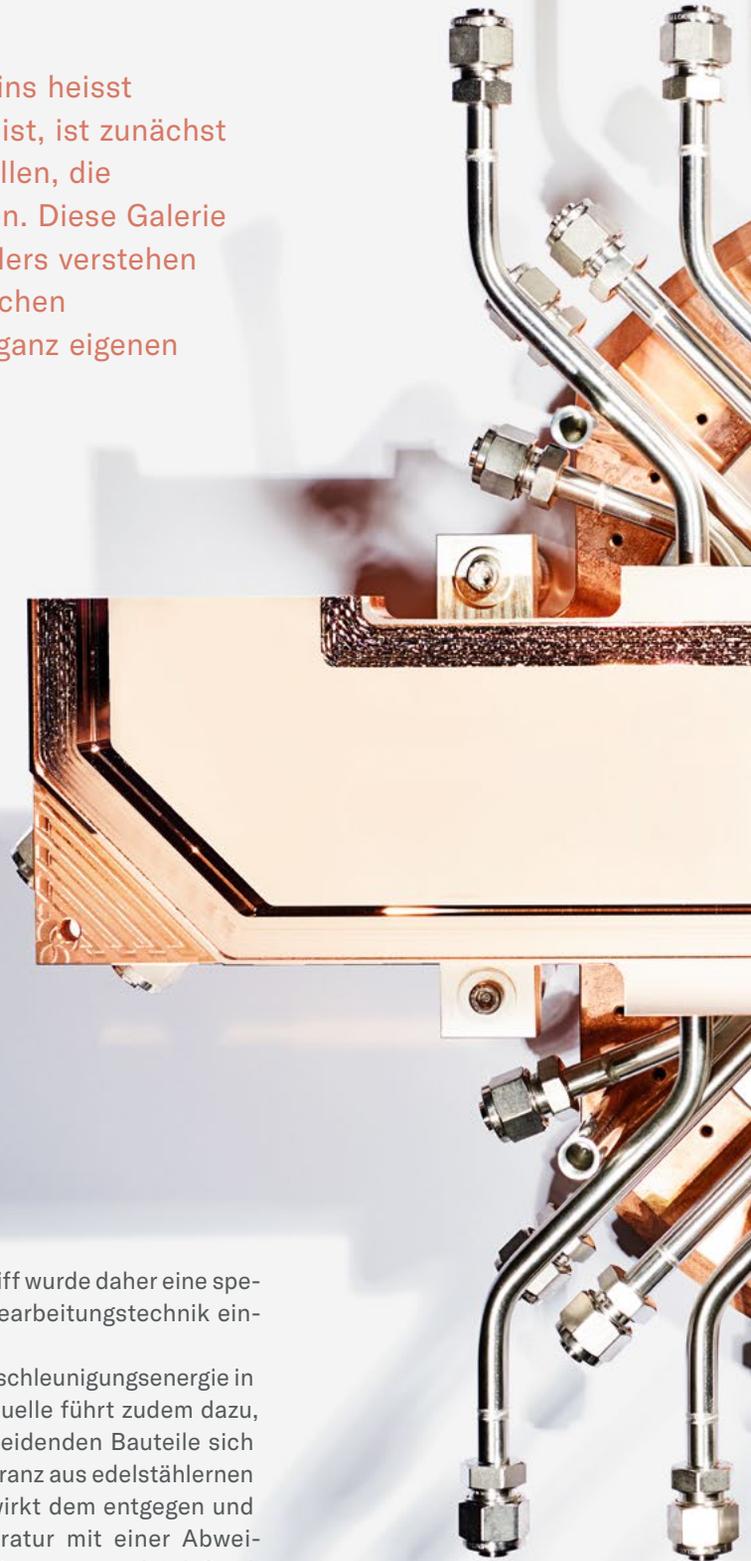
Elektronenquelle

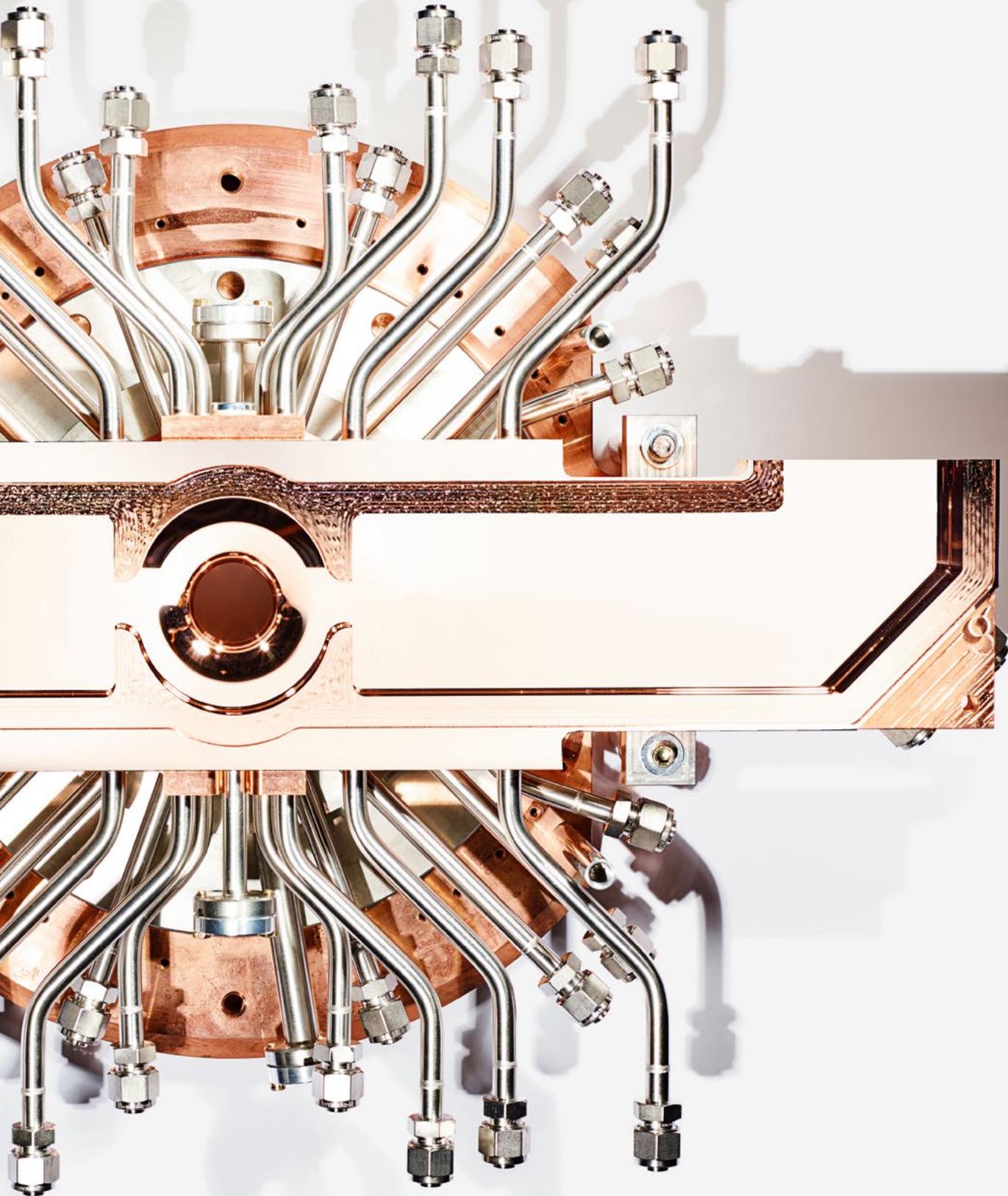
Hier beginnt die Reise der namengebenden freien Elektronen des Freie-Elektronen-Röntgenlasers SwissFEL. Im Inneren der autoradgrossen Quelle werden die Elektronen aus einer Halbleiterschicht ausgeschlagen und schon auf den ersten Zentimetern ihres Wegs auf beinahe Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. So schnell treten sie dann aus der zentralen Öffnung der Elektronenquelle aus.

Für die perfekte Beschleunigung muss die Innenseite der Quelle eine extrem glatte Kupferoberfläche haben. Für

den finalen Schliff wurde daher eine spezielle Diamantbearbeitungstechnik eingesetzt.

Die hohe Beschleunigungsenergie in der Elektronenquelle führt zudem dazu, dass die entscheidenden Bauteile sich erwärmen. Ein Kranz aus edelstählernen Wasserrohren wirkt dem entgegen und hält die Temperatur mit einer Abweichung von wenigen tausendstel Grad Celsius konstant.





Patiententisch für die Protonentherapie

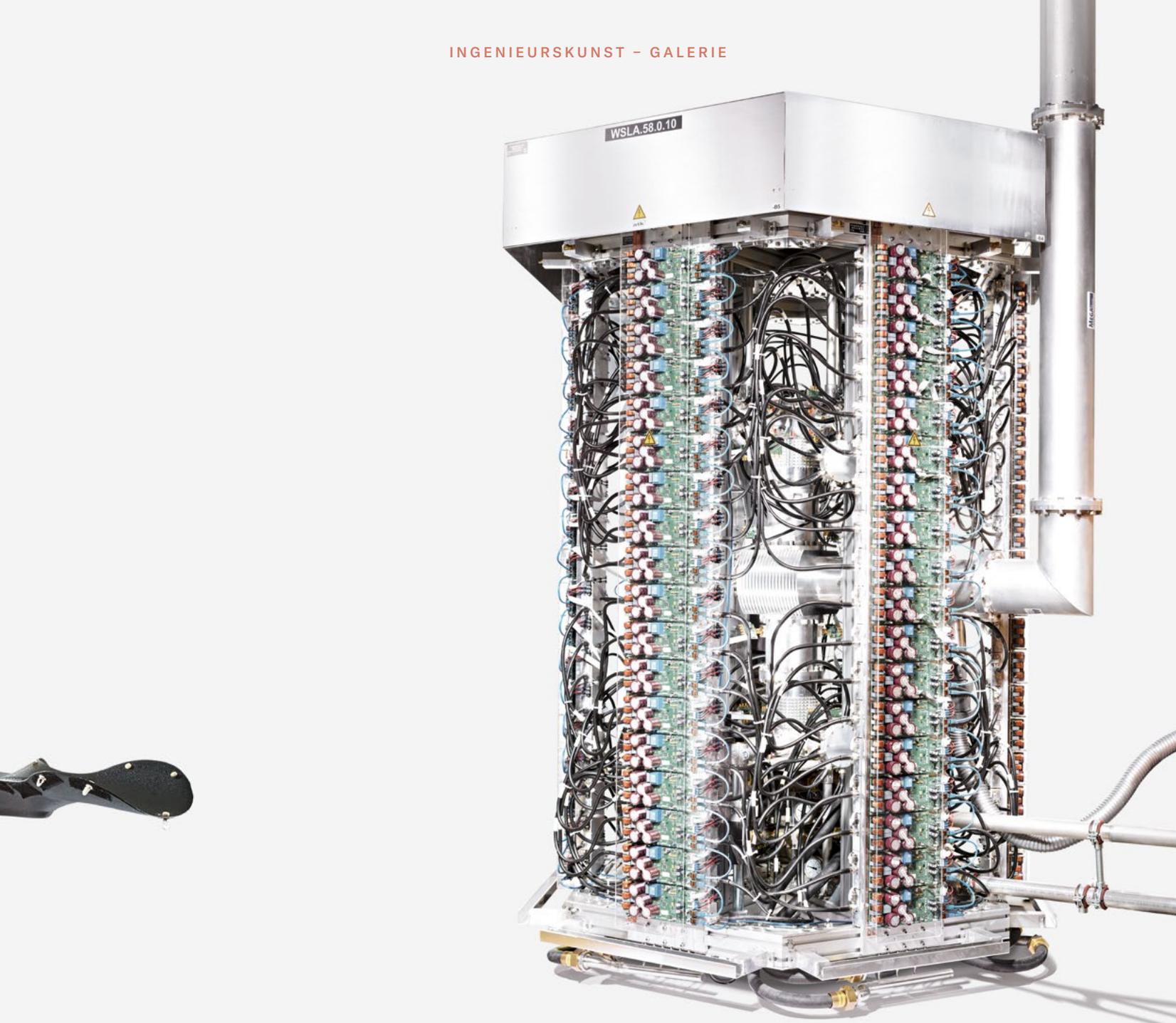
Am PSI werden Patienten, die an bestimmten Krebserkrankungen leiden, mit Protonenstrahlen behandelt. Die Protonen zerstören den Tumor effizient und schädigen das umliegende gesunde Gewebe so gut wie nicht. Entscheidend für den Erfolg der Behandlung ist, dass der Strahl genau auf den Tumor trifft.

Dazu trägt dieser Patiententisch bei, auf dem die Liege befestigt wird, auf der wiederum der Patient ruht. Der Tisch lässt sich millimetergenau bewegen, so dass der Patient präzise im Strahl positioniert werden kann. Unter dem Gewicht von Liege und Patient biegt sich der

Tisch jedoch unweigerlich durch. Eine der Ingenieursleistungen dieses Tisches besteht daher darin, dass sich diese Biegung exakt voraussagen und somit bei der Planung der Behandlung berücksichtigen lässt.

Der Tisch wurde in einer Kooperation zwischen PSI und der Firma Schaer Proton AG aus Flaach ZH entwickelt. Inzwischen vertreibt Schaer Proton Patiententische an Protonentherapiezentren weltweit.





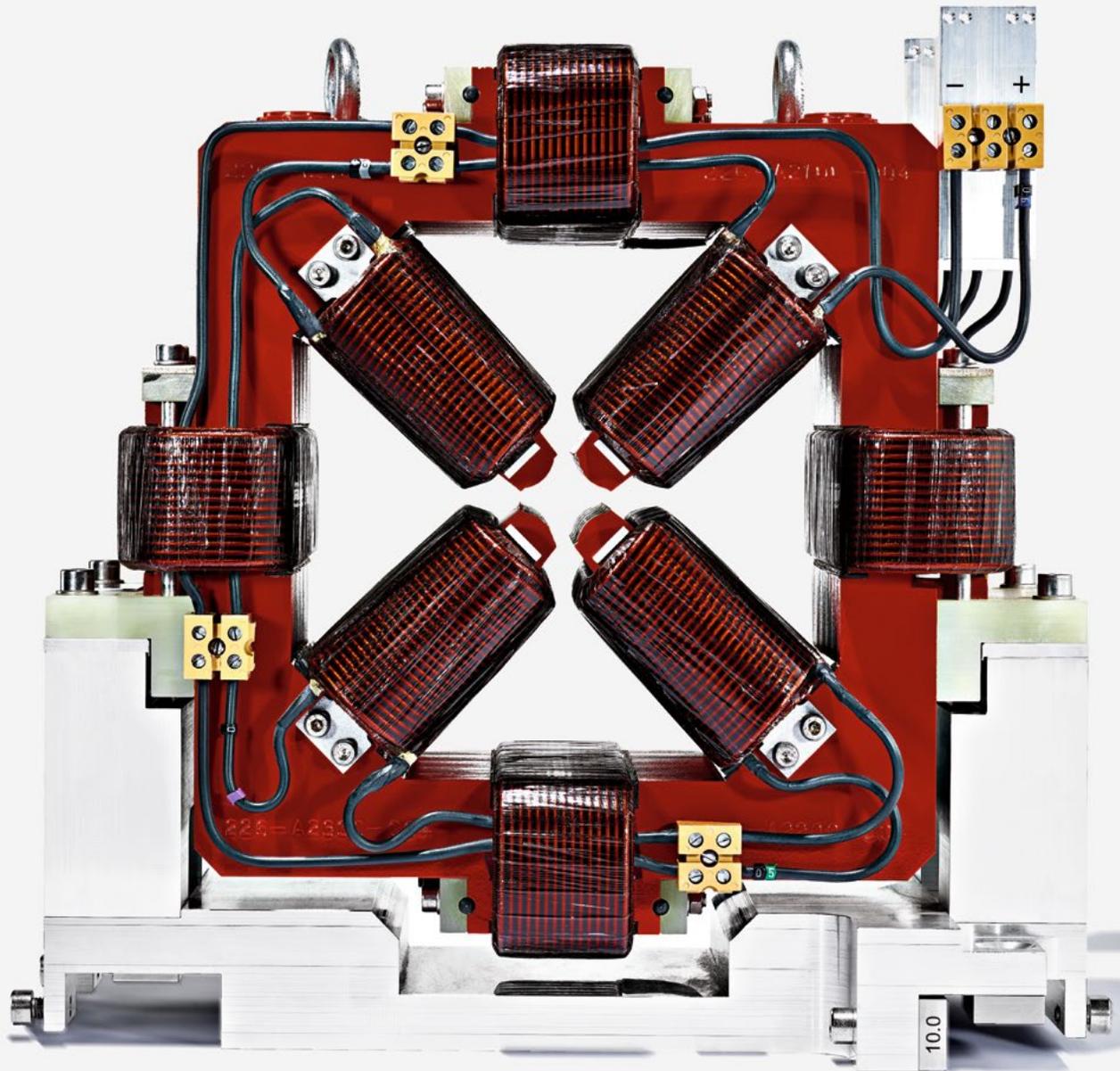
Hochfrequenzverstärker

Noch ist dieses mannshohe Stück Elektrotechnik ein Prototyp, der ausführlich getestet wird. Bald aber soll dieser Verstärker ein starkes elektrisches Wechselfeld erzeugen, das die Elektronen der SLS weiter beschleunigt. Die so beschleunigten Elektronen strahlen dann das charakteristische Röntgenlicht ab, das in zahlreichen Experimenten genutzt wird.

Die derzeit noch eingesetzten Vorläufer dieses Verstärkers sind sogenannte Klystrons. Sie sind deutlich grösser und benötigen umfangreiche zusätzliche Geräte beispielsweise zur Kühlung und

Abschirmung. Der neue Verstärker hat zudem den Vorteil, dass er aus 108 identischen Bauteilen besteht. Die einzelnen Bauteile sind in sechs Säulen angeordnet und untereinander mit vielen Kabeln verbunden, sodass sich ihre Wirkung addiert. Sollte eines dieser Bauteile defekt werden, lässt es sich unkompliziert austauschen.

Den Verstärker-Prototypen haben Ingenieure und Techniker am PSI entwickelt und gebaut. Inzwischen wird er in PSI-Lizenz von der Aargauer Firma Ampegon AG hergestellt.



Quadrupol-Magnet

Dieser rund 20 Zentimeter grosse Quadrupol-Magnet ist einer von Hunderten speziell entwickelter Magnete, die an den Teilchenbeschleunigern des PSI zum Einsatz kommen. Sie alle sorgen dafür, dass die Teilchenstrahlen in den Beschleunigern genau den vorgegebenen Bahnen folgen und sind daher für die hohe Qualität der Grossanlagen des PSI unerlässlich.

Die Magnete werden in einer engen Zusammenarbeit zwischen Physikern und Ingenieuren entworfen – die Physiker definieren die Eigenschaften, die die Magnete haben müssen, die Ingenieure

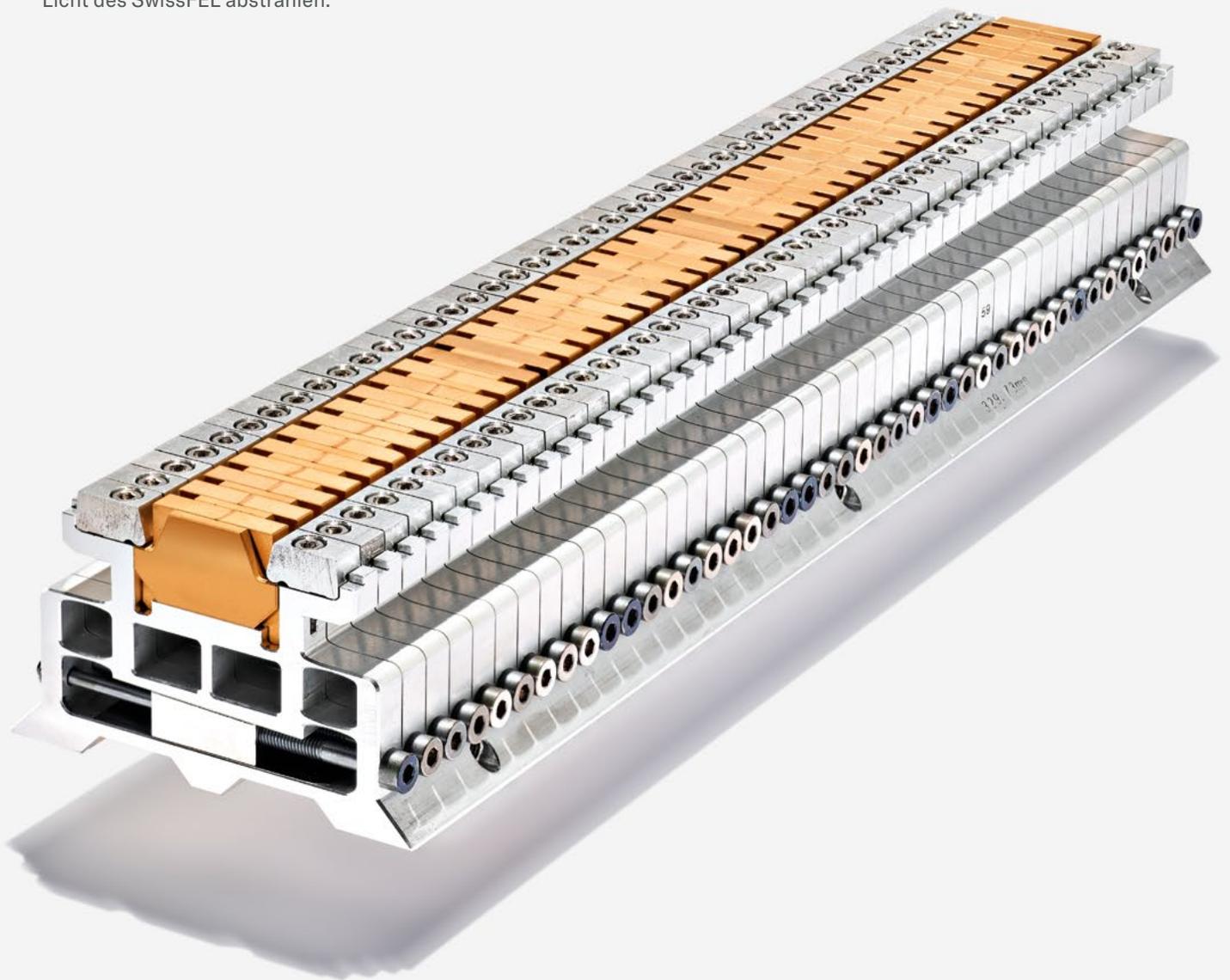
suchen nach Lösungen, um diese praktisch umzusetzen.

Da es nicht möglich ist, die Magnete von vorneherein so zu entwerfen und zu bauen, dass sie den hohen Anforderungen genügen, müssen die Physiker und Ingenieure die fertigen Magnete vermessen und für den Einsatz im Beschleuniger «qualifizieren». Bei Grossserien optimieren sie mit der Zeit immer weiter den Produktionsprozess. Die benötigten magnetischen Messsysteme wurden vom PSI in Zusammenarbeit mit dem CERN entwickelt und stellen selbst eine Höchstleistung der Ingenieurskunst dar.

Magnetstruktur

Magnetstrukturen wie diese sind das Kernstück der Undulatoren am Freielektronen-Röntgenlaser SwissFEL. Über eine Strecke von 60 Metern sind jeweils zwei solcher 33 Zentimeter langen Magnetstrukturen spiegelbildlich übereinander montiert. Dazwischen bleibt ein waagerechter Spalt von rund drei Millimetern, durch den die auf fast Lichtgeschwindigkeit beschleunigten Elektronen hindurchfliegen. Die goldgelben Teile der Magnetstrukturen sind kleine Einzelmagnete aus Neodym. Sie zwingen die Elektronen auf einen engen Slalom-Kurs, die dadurch das besondere Licht des SwissFEL abstrahlen.

Um für die Elektronen das Magnetfeld an jedem Punkt entlang ihrer Strecke optimal einzustellen, lässt sich jeder einzelne Magnet durch eine Schraube minimal in der Höhe verstellen. Die Reihe der Schrauben ist an der unteren Kante der Magnetstruktur zu sehen. Diesen ausgeklügelten Verstellmechanismus entwickelten Physiker und Ingenieure am PSI – und sie bauten dazu passend einen Roboter, der automatisiert die Undulatorstrecke entlangfährt und alle Schrauben justiert.



Wieder daheim

Im Personalrestaurant «Oase» des Paul Scherrer Instituts lernte Nadja Schuler einst kochen. Nach abenteuerlichen Lehrjahren ist sie in die Heimat zurückgekehrt, um ihren Traum zu verwirklichen: Wirtin zu werden.

Text: Joel Bedetti

Nadja Schuler ist eine 31-jährige Frau mit einem Blick, der vor Ehrgeiz sprühen kann, die Welt aber trotzdem nicht allzu ernst nimmt. «Wann warst du das letzte Mal hier? Vor drei Monaten?», fragt Franz Jonke, der langjährige Betriebsleiter der PSI-Gastronomie. Schuler schaut sich in der Oase, dem Personalrestaurant des PSI, um und lacht. «Eher vor einem Jahr.»

Hier in der Oase hat ihre Karriere begonnen, die sie bis nach Shanghai geführt hat. Hier hatte Franz Jonke ein riesiges Warenbuffet aufgebaut und sie eins nach dem anderen abgefragt, als sie Bammel vor der Lehrabschlussprüfung hatte. Vor vier Jahren ist Nadja Schuler in die Gegend zurückgekehrt, um den «Hirschen» in Villigen zu übernehmen. Doch für regelmässige Besuche ihrer alten Lehrstätte reicht die Zeit nicht. Zu hektisch ist das Leben als Wirtin und Mutter geworden.

Eigentlich wollte Nadja Schuler ja gar nicht in die Gastronomie. Ihr Grossvater wirtete, ihre Mutter ebenso, also wollte sie etwas anderes machen. Sie schnupperte bei einem Maler. Der sagte ihr: «Du kannst das schon machen, Nadja, aber willst du das wirklich?» In der letzten Schnupperwoche, als sie draussen in der Kälte Mauern abdeckte, entschied sie: Nein.

Die zweite Schnupperlehre machte Nadja Schuler in der Oase. Und blieb gleich: denn hier konnte sie ihre Kreativität ausleben. Franz Jonke hatte die Aargauer Kochgilde mitbegründet, gewann mit ihr 1996 die Kocholympiade in Berlin und verwandelte damit die Oase in die «Heimatbasis der Schweizer Kochelite», wie die «Mittelland Zeitung» einmal schrieb. Jonke lässt alle Neustifte an einem regionalen Kochwettbewerb antreten. «So merke ich auch, ob jemand ambitioniert ist», sagt er. Nadja

Schuler übte abends und am Wochenende in der leeren Oase das Gelieren. Am Wettbewerb gewann sie den ersten Platz, obwohl sie in der Aufregung die vorbereiteten Fasnachtsküechli zu Hause vergessen hatte.

Nach der Lehre trat Schuler eine Stelle in dem Gasthof an, in den sie immer wieder zurückkehren sollte: Dem «Hirschen» in Villigen. Nächtelang übte sie in der Küche für den Eintritt in die Aargauer Kochgilde, mit der sie mit 21 Jahren am «Culinary World Cup» in Luxemburg den Siegerpokal gewann. «Bei Nadja konnte man nicht sagen: Jetzt lass mal gut sein», erinnert sich ihr ehemaliger Mitstreiter Balz Züger, heute Küchenchef im Pflegezentrum Süssbach in Brugg. «Sie wollte immer alles so perfekt wie möglich machen.»

In den Wintersaisons kündete Schuler jeweils im «Hirschen», trat eine Saisonstelle in einem Berg-hotel an. In der Zimmerstunde schnallte sie sich das Snowboard unter die Füsse. Eines Tages in den Alpen erreichte sie ein Anruf aus Villigen. Der Wirt des «Hirschen» war schwer erkrankt. Die Besitzerin des «Hirschen» fragte Nadja Schuler, ob sie mit einem 20-jährigen Kollegen zusammen die Küche übernehmen würde. Schuler hatte bereits einem Spitzenrestaurant am Zürichberg zugesagt. Doch das Pflichtgefühl überwog. Sie kehrte nach Villigen heim. Die Aufgabe wuchs den beiden Jungköchen bald über den Kopf. Schulers Kollege warf nach einem Jahr das Handtuch, sie bald darauf. Zwar war sie schon damals entschlossen, vor 30 ein Restaurant zu führen. Aber sie war noch nicht bereit.



Mittagsservice

Der Mittag naht, Nadja Schuler muss zurück in den «Hirschen». Sie lacht, als sie auf den Gehweg vor der Oase, die genau zwischen den Busstationen PSI West und Ost liegt, tritt. «Der Buschauffeur liess mich immer genau hier raus.» Vor dem «Hirschen» im alten Ortskern von Villigen empfängt Schuler ein Neujahrsküsschen vom Weinlieferanten aus Alpnach. Drinnen serviert ihr Mann Stephane Wirth, 30, Chef de Service, Stammgästen den Kaffee. Heute bleibt es ruhig über Mittag; bloss eine Männergruppe und Handwerker schneien herein. Am Nachmittag bleibt Nadja Schuler bei ihrem zweijährigen Sohn Even. Der Abendbetrieb wird streng werden. Ein 60-köpfiges Ingenieurbüro holt das Weihnachtessen nach. Nadja Schuler wird mit ihrer Jungköchin Sarah Bumann ins Schwitzen kommen, wie immer, wenn der «Hirschen» brummt.

Doch sie mag es nicht anders. Mitte Zwanzig machte Nadja Schuler ein Zusatzlehre als Diätköchin und nahm eine Stelle in einer Privatklinik mit gewöhnlichen Arbeitszeiten an. Abends konnte sie wieder in die Guggenmusik gehen; Schuler ist begeisterte Fasnächtlerin. Doch das Adrenalin des Restaurantbetriebs fehlte ihr. Sie kündete und reiste nach Shanghai, wo sie im Schweizer Pavillon der Weltausstellung von 2010 kochte und auch ihren späteren Mann kennenlernte.

Nach einer weiteren Station in einem Engadiner Gourmethotel erhielt sie die Anfrage einer Investorengruppe, zusammen mit Wirth den Luzerner Gasthof «Schlössli» zu führen. «Eine harte Lektion», sagt Nadja Schuler heute. Als die Lieferanten nach kurzer Zeit nur noch Cash akzeptierten, schwante ihr Ungutes. Kurz darauf gingen die Investoren Bankrott. Schuler und Wirth wurden um einige Monatslöhne geprellt. Danach wollten die beiden auf eigenen Füßen stehen. Sie machten sich auf die Suche nach einem eigenen Betrieb.

Ein Kreis schliesst sich

2013 hörte Nadja Schuler, dass der «Hirschen» einen Pächter suchte. Ihr Mann war erst skeptisch, in die ländliche Gegend zu ziehen. In ihren kühnsten Träumen hatte auch sie sich etwas anderes vorgestellt: Ein kleines Restaurant, vielleicht in Zürich, wo sie experimentell kochen könnte. Doch

2005

Lehrabschluss am PSI

2013

Übernahme des «Hirschen»

13

Gault-Millau-Punkte

die Pacht des «Hirschen» konnten sie sich leisten, hier kannte Schuler die Leute, hier war ihr Zuhause. Also sagten sie zu. Nadja Schuler war 28 Jahre alt und Wirtin. Sie brachten im altherwürdigen «Hirschen» neue Vorhänge an und statteten den Keller, der als Abstellraum gedient hatte, mit Antikmöbeln aus. Sie setzten gehobene Landküche auf die Speisekarte; seit 2015 trägt der «Hirschen» 13 Gault-Millau-Punkte.

Draussen dunkelt es ein. Nadja Schuler hantiert in weisser Kutte und zurückgebundenen Haaren in der Küche. Sie hört, wie die Gäste eintrudeln, mit ihren Mänteln die Garderobe füllen. Sarah Bumann schneidet zackig Brot für den Apéro. Die Teller für die Vorspeise sind ausgerichtet, das Schweinsfilet im Teigmantel im Wärmer. Die Faxmaschine vom Vorraum rattert, Laufkundschaft ist gekommen und wünscht Barsch. Die Küchenhilfe trifft ein, es wird eng und heiss, Anweisungen wie «Achtung rechts» oder «Kannst du schicken» durchzucken die Hektik, ohne die leidenschaftliche Köche nicht leben können.

Nach Küchenschluss kehrt Nadja Schuler zum schlafenden Even zurück, der nun das Zentrum ihres Lebens ist. Dafür übt Jungköchin Sarah Bumann in ihren Zimmerstunden in der Küche des «Hirschen», genauso wie es Nadja Schuler als 22-Jährige tat. Vor kurzem ist Sarah Bumann der Aargauer Kochgilde beigetreten, im Oktober haben sie eine Goldmedaille aus Stuttgart heimgebracht. Ein Kreis schliesst sich im «Hirschen»: Eine neue Karriere nimmt ihren Lauf. ♦





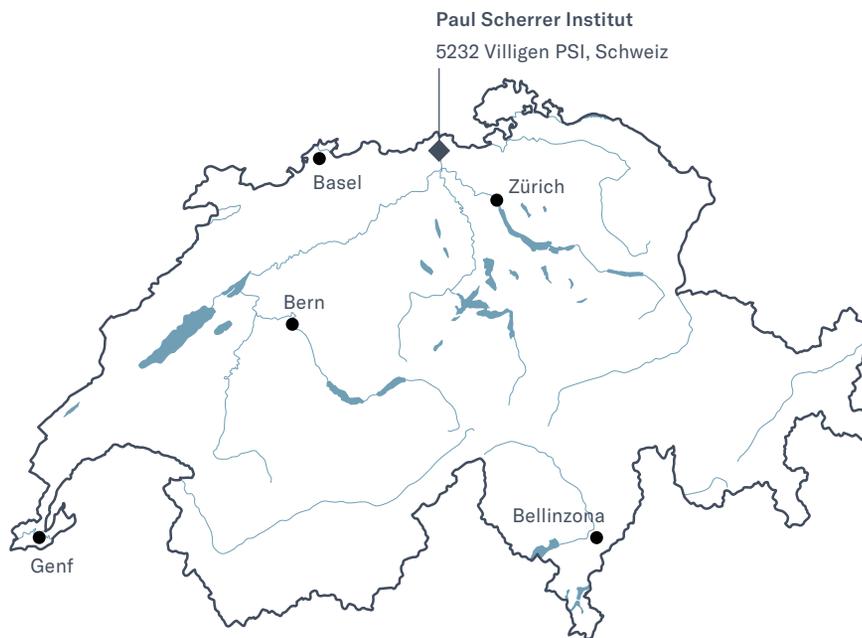
«Sie wollte schon immer
alles so perfekt wie möglich
machen.»

Balz Züger,
Küchenchef im Süssbach Restaurant, Brugg

WIR ÜBER UNS

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





4

schweizweit einzigartige
Grossforschungsanlagen

900

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 2100 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 Bun-des 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 unterschiedlichsten Fachgebieten arbeiten, können durch Experimente an solchen Grossforschungsanlagen wesentliche Erkenntnisse für ihre Arbeit gewinnen. Gleichzeitig sind Bau und Be-trieb derartiger Anlagen mit einem so grossen Aufwand verbunden, dass For-schergruppen an den Hochschulen und in der Industrie an der eigenen Einrich-tung solche Messgeräte nicht vorfinden werden. Deshalb stehen unsere Anla-gen 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 Ex-perimente durchgeführt werden können, reicht die Zeit nie für alle eingegan-genen Bewerbungen. Rund ein Drittel bis die Hälfte der Anträge muss abge-lehnt werden.

Etwa 1900 Experimente werden an den Grossforschungsanlagen des PSI jährlich durchgeführt. Die Messzeit ist am PSI für alle akademischen Forschen-den 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 2/2017 (Mai 2017)
ISSN 2504-2262

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

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

Design und Art Direction
Studio HübnerBraun

Fotos
Scanderbeg Sauer Photography,
ausser:
Seiten 2/3 unten, 16, 38:
Markus Fischer;
Seiten 26/27: University of Alaska
Fairbanks/Matt Nolan;
Seiten 35–37: Tina Sturzenegger
Fotografie;
Seite 41: Paul Scherrer Institut.

Grafiken
Studio HübnerBraun,
ausser:
Seiten 3, 14/15: Christoph Frei;
Seiten 6, 7: Benedikt Rugar.

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

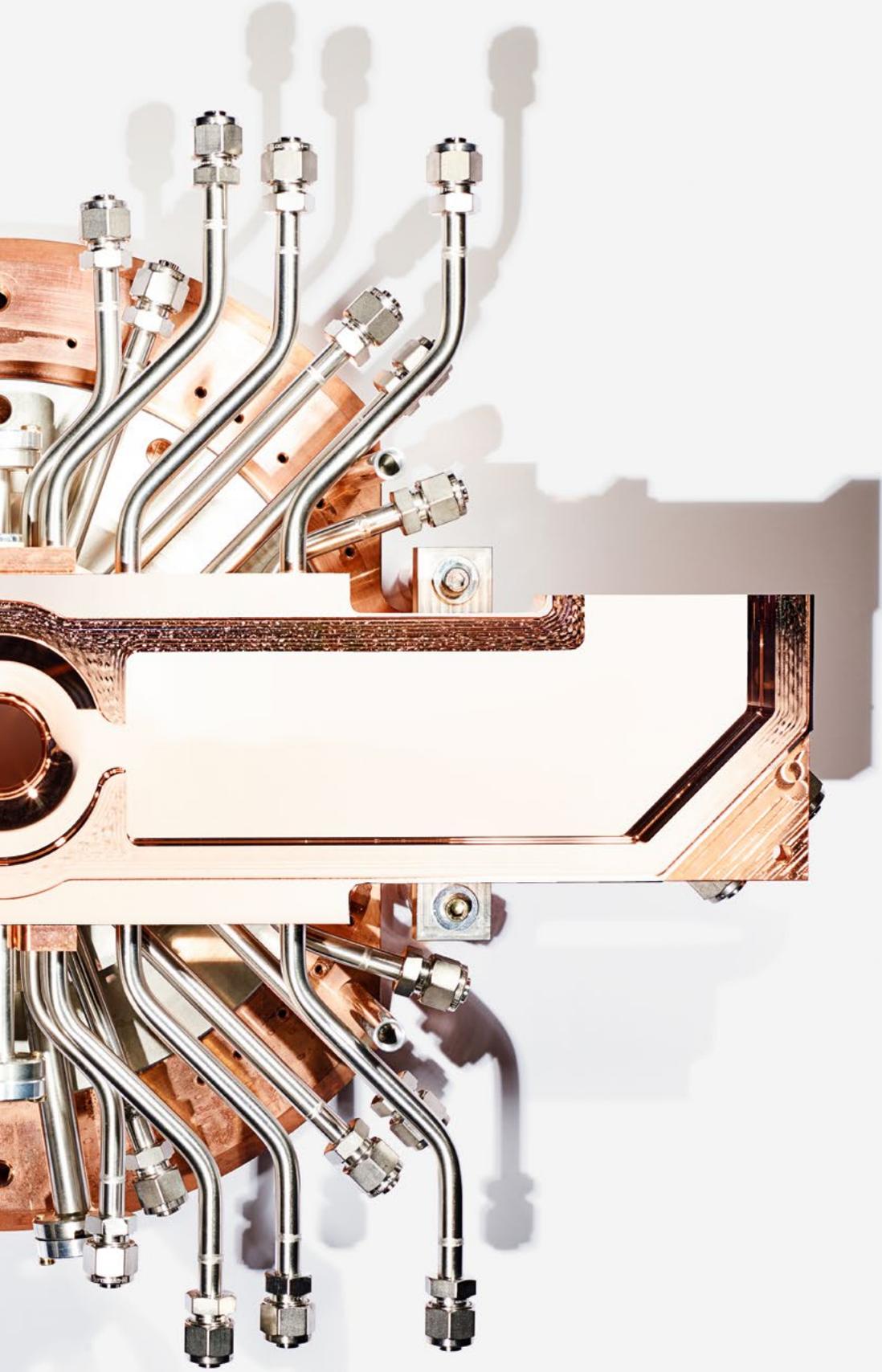
Im Internet finden Sie 5232 unter:
www.psi.ch/media/5232Magazin





Das erwartet Sie in der nächsten Ausgabe

In der vorliegenden Ausgabe von 5232 haben wir auf Seite 27 von Forschenden berichtet, die Metallspuren in südamerikanischem Gletschereis untersucht haben und so bestimmen konnten, wann die Menschen in Südamerika mit der Verarbeitung von Kupfer begannen. Dies ist aber nur eine Art, wie Untersuchungen am PSI helfen, Historisches und Prähistorisches zu verstehen. So haben Forschende 1,6 Milliarden Jahre alte, versteinerte Algen mit Röntgenlicht am PSI untersucht und auf diese Weise Einblick in die Frühzeit des Lebens auf der Erde erhalten. Mit Neutronen durchleuchteten sie eine Buddha-Figur, vermutlich aus dem 14. Jahrhundert, und offenbarten in ihrem Hohlkörper getrocknete Blumen. Wie man am PSI in die Vergangenheit schaut und welche Erkenntnisse Historiker, Archäologen und Paläontologen damit gewinnen, erfahren Sie in der kommenden Ausgabe.



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