

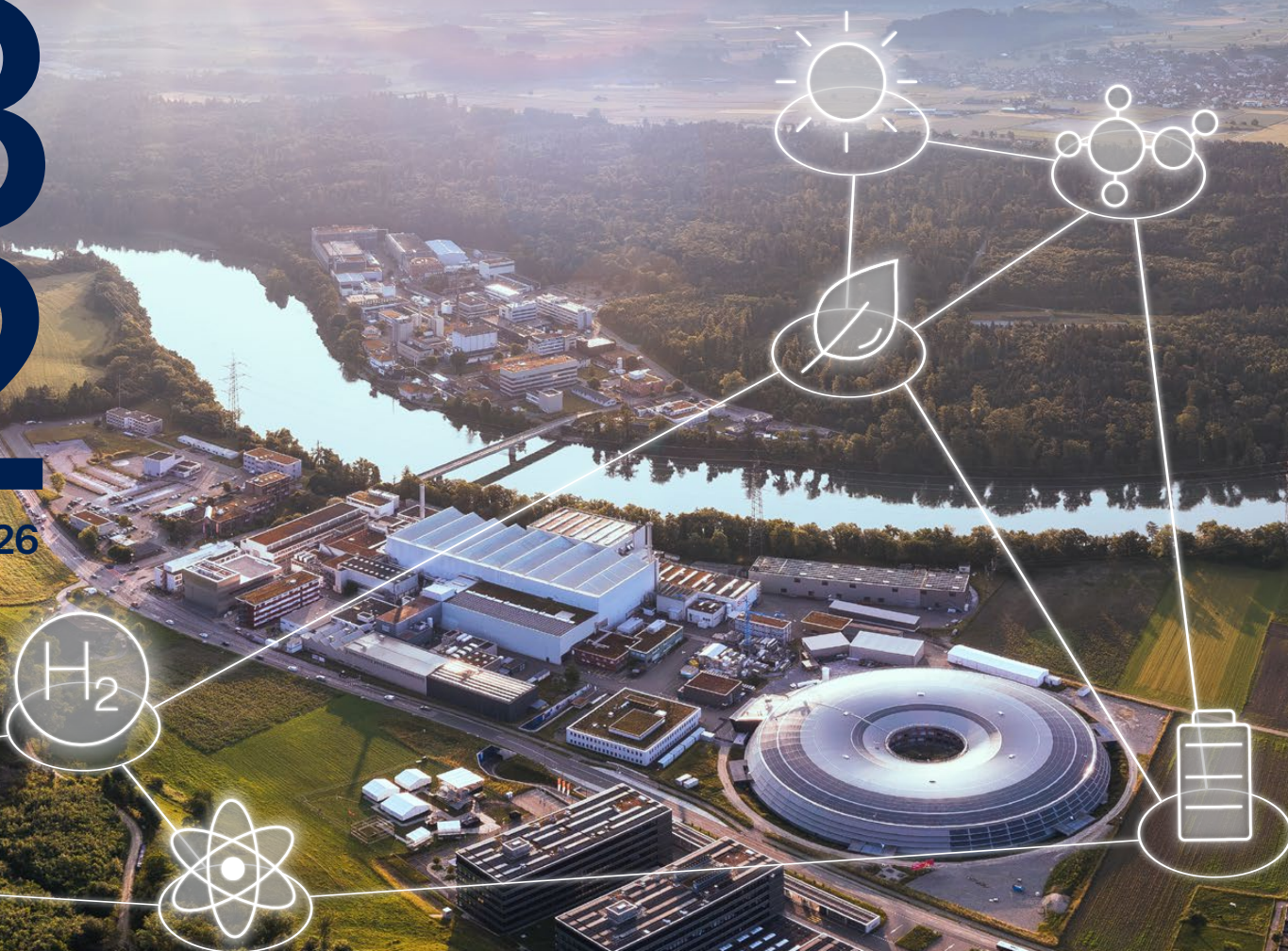
5
2
3
2

#2/2026

Das Magazin des Paul Scherrer Instituts PSI

Energietechnologien

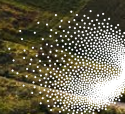
Klimaschutz, Versorgungssicherheit, Innovation für die Gesellschaft –
Forschung für die Energie von morgen



Hintergrund
Erneuerbare Energie
à la carte

Interview
«Gemeinsam
Innovationen marktfähig
machen»

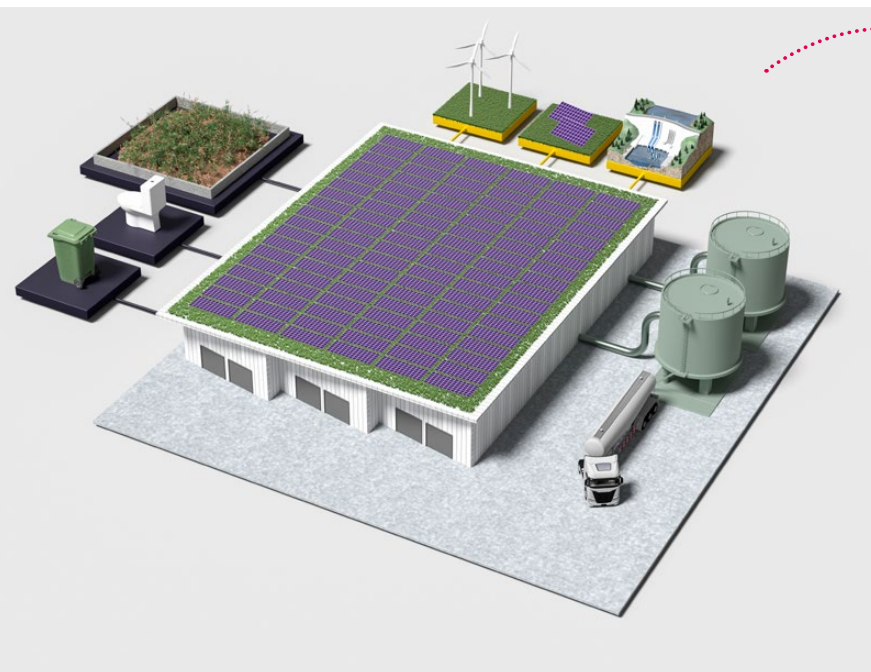
Hintergrund
Sicher und sauber:
Neue Konzepte
für die Kernenergie



PSI

Energietechnologien

Klimaneutral bis 2050, und die Versorgung soll zuverlässig, sicher und bezahlbar bleiben: Wie schaffen wir das? PSI-Forschende arbeiten an vorderster Front an technologischen Lösungen für die Energiewende: an Stromspeichern von morgen, massgeschneiderten Lösungen für Biotreibstoffe und an möglichen Kernreaktoren der nächsten Generation.



Hintergrund

Erneuerbare Energie à la carte

Ein Blick ins Jahr 2050: Der Strom kommt vom eigenen Solardach, das Gas aus Küchenabfällen, das Kerosin ist synthetisch. Was heute noch Science-Fiction klingt, wird in Labors und Demonstrationsanlagen am PSI bereits erprobt – und kann in Zukunft unsere Städte und Regionen versorgen.

Seite 8



Interview

«Gemeinsam Innovationen marktfähig machen»

Ein Versorger, der nachhaltig und dezentral denkt: Hans-Kaspar Scherrer führt die Aargauer Eniwa AG. Im Gespräch erklärt er, warum Batterien allein nicht durch den Winter helfen – und was Forschung braucht, um im Markt anzukommen.

Seite 14

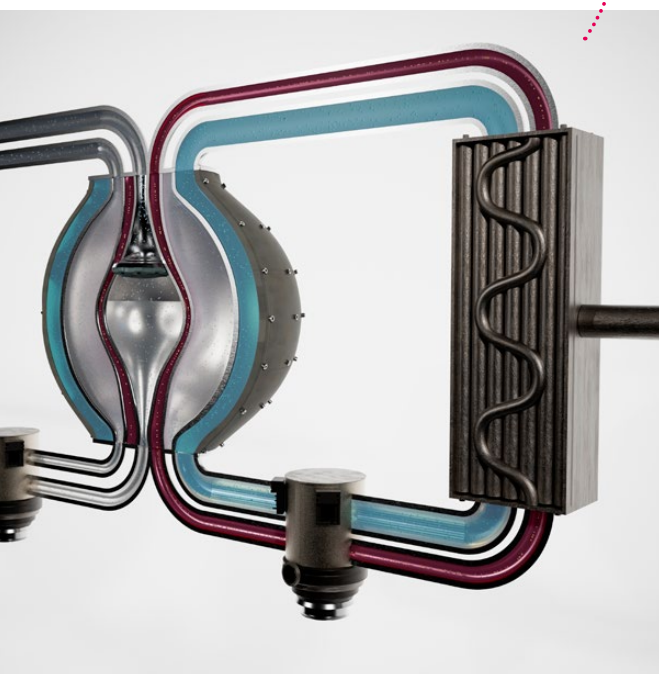


Hintergrund

Sicher und sauber: Neue Konzepte für die Kernenergie

Reaktoren, die ohne Pumpen und ohne Strom sicher bleiben. Geschmolzenes Salz statt Wasser als Kühlmittel. Und technologische Durchbrüche für die Fusion. Am PSI entstehen die Materialien und Modelle, die solche Reaktoren brauchen – dank Anlagen, die es weltweit nur hier gibt.

Seite 16



Inhalt

Editorial

Mit Innovation zur Energiewende 4

Schwerpunktthema

Energietechnologien 6

Hintergrund

Erneuerbare Energie à la carte 8

Interview

**«Gemeinsam Innovationen
marktfähig machen»** 14

Hintergrund

**Sicher und sauber: Neue Konzepte
für die Kernenergie** 16

Im Bild

Innovative Materialwissenschaft 19

Alltag & Forschung

Schockgefrieren 20

In der Schweiz

Von Heuschnupfen bis Wolkenbildung 22

Das Citizen-Science-Projekt Pollen Watch bringt Menschen aus der ganzen Schweiz zusammen – auf der Spur von Pollen und Klima.

In Kürze

Aktuelles aus der PSI-Forschung 26

- 1 Wie das menschliche Auge Farben erkennt
- 2 Schmieröl im Abgas von Flugzeugen
- 3 Virtuelle Gewebefärbung in 3D
- 4 Dünger aus der Nachbarschaft

Galerie

PSI-Kollektion «Arbeitskleidung» 28

«Form follows function»: Die PSI-Modenschau präsentiert, wie sich verschiedene Tätigkeiten in ihrer Kleidung widerspiegeln.

Lebenswege

Mit Salz gegen den Strom 34

Ein ehemaliger PSI-Physiker tüftelt in Meiringen an Energiespeichern aus gewöhnlichem Kochsalz.

Wir über uns

Impressum 39

Ausblick 39

Mit Innovation zur Energiewende

Hitzewellen und Dürre – der vergangene Sommer macht den Klimawandel hier in der Schweiz spürbar: Extremwetter werden häufiger und intensiver. Doch jedes Zehntelgrad, um das wir die Erderwärmung begrenzen, zählt. Deshalb müssen wir schnellstmöglich unseren Ausstoss von Treibhausgasen reduzieren. Die Schweiz hat sich das Ziel gesetzt, bis 2050 Netto-Null zu erreichen.

Die Energiewende ist entscheidend für den Klimaschutz. Dabei soll unsere Energieversorgung zuverlässig und sicher bleiben. Die gute Nachricht: Viele verschiedene Technologien entstehen und werden weiterentwickelt. Und das PSI forscht an den meisten davon – nicht nur im Labor, sondern auch immer wieder bis hin zu Demonstrationsanlagen, die den direkten Weg zur Umsetzung zeigen.

Für das Energiesystem von morgen wird es entscheidend sein, den Strom aus Solar- und Windkraftanlagen sowohl für die Nacht als auch für die Wintermonate zu speichern. Am PSI verfolgen wir dafür mehrere Ansätze – von leistungsfähigeren Batterien aus ressourcenschonenden Materialien bis zur Umwandlung von Strom in saisonal speicherbare chemische Substanzen wie Wasserstoff und Methan. Auch die Kernenergie ist ein wichtiger Teil unserer Forschung – mit klarem Fokus auf Sicherheit, Abfallreduktion und neue Technologien für eine verlässliche, kohlendioxidfreie Versorgung mit Strom und Wärme.

Jedoch lässt sich nicht alles auf Elektrizität umstellen. Denken Sie an die Luftfahrt. Unsere Antwort sehen Sie auf diesem Foto: Gemeinsam mit dem Zürcher Unternehmen Metafuels haben wir auf dem PSI-Areal kürzlich eine Demonstrationsanlage für sogenannte Sustainable Aviation Fuels SAF eingeweiht. Hier kann aus erneuerbaren Quellen besonders effizient synthetisches Kerosin hergestellt und auf die Kommerzialisierung des Verfahrens hingearbeitet werden. Zugleich ist dieses Projekt ein hervorragendes Beispiel dafür, wie unsere Forschung gemeinsam mit der Industrie Innovationen im Dienste der Gesellschaft hervorbringt.

Wenn wir heute konsequent in die Wissenschaft investieren, schaffen wir die Lösungen von morgen. Vielgleisig und gemeinsam gelingt die Versorgungssicherheit und die Energiewende – und damit ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen.
Ihr Christian Rüegg, PSI-Direktor





Die Energielandschaft der Zukunft

Die Energieversorgung von morgen wird vielfältig und dezentral in der Schweiz verankert sein. Es braucht Batterien aus verfügbaren Rohstoffen, nachhaltige Flüssigtreibstoffe aus Abfall und Strom, Kernreaktoren einer neuen Generation. PSI-Forschende arbeiten an diesen und weiteren Spitzentechnologien – und erproben gemeinsam mit Unternehmen, was davon den Weg in den Markt findet.

Text: Bernd Müller

Spitzenforschung für die Schweiz von morgen

In der fünfundzwanzig Meter hohen Anlage PANDA testen PSI-Forschende passive Kühlsysteme für Nuklearreaktoren der vierten Generation. Batterien spielen eine wichtige Rolle als kurzfristige Stromspeicher – doch sie müssen aus leichter verfügbaren Materialien bestehen. Und auch auf der Ebene der Moleküle als Energieträger treiben PSI-Forschende innovative Ansätze voran, indem sie künstliches Kerosin aus nachhaltigen Rohstoffen herstellen. Ihr patentiertes Verfahren wird bereits in einer Demonstrationsanlage erprobt.



1

Hintergrund

Erneuerbare Energie à la carte

Seite 8

2

Interview

«Gemeinsam Innovationen marktfähig machen»

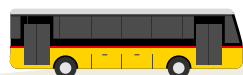
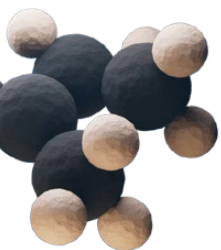
Seite 14

3

Hintergrund

Sicher und sauber: Neue Konzepte für die Kernenergie

Seite 16



Erneuerbare Energie à la carte

Wasserstoff statt Heizöl, Batterien aus Gartenerde, Fliegen ohne Flugscham:
Eine Welt, in der es saubere Energie im Überfluss gibt, ist näher als viele denken.
Forschende am PSI entwickeln die Schlüsseltechnologien dafür.

September 2050. Andrea Rossi checkt die App des Energiemanagers. Ein roter Balken warnt: nicht genug Sonnenlicht. Es regnet in Strömen, schon seit Tagen. Ein blauer Balken daneben macht Hoffnung: Die Batterie im Keller hat noch Saft für 24 Stunden, und der Akku im Elektroauto könnte auch noch Energie zuschiessen – eine längere Fahrt steht morgen nicht an. Und so ist es wie fast jeden Tag: Rossi zahlt nichts für den Strom, die Sonne liefert ausreichend, und die Batterie hält alles im Plus.

Die All Electric Society steht vor der Tür: eine Gesellschaft, in der klimaneutral erzeugte Elektrizität die zentrale Energieform darstellt. Gebäude werden mit Wärmepumpen geheizt, auf den Strassen fahren Elektroautos und auch die Industrie steigt von Öl und Gas vermehrt auf Strom um. Sonne, Wind und Wasserkraft werden diesen Stromhunger nur zeitweise decken können. Mal gibt es viel zu viel davon, mal zu wenig. Kurzfristige Lücken werden von Batterien überbrückt, ausserdem braucht es Langzeitspeicher. Der Bedarf ist gewaltig: Europa braucht bis 2050 Stromspeicher für rund hundert Terawattstunden,

heute sind es gerade mal fünf. Die Schweiz ist dabei in einer relativ komfortablen Lage. Szenarien errechnen einen Bedarf von rund vierzehn Terawattstunden, wovon acht schon installiert sind in Form von Pumpspeicherkraftwerken.

Dann bauen wir halt mehr Batterien. Aber so einfach ist es nicht. Sie bestehen aus kritischen Materialien: Kobalt wird unter teils menschenunwürdigen Bedingungen in Zentralafrika abgebaut und das begehrte Lithium kommt teilweise aus China, das auch die Herstellung von Lithiumionen-Batterien dominiert – mit entsprechender Abhängigkeit im Kleingedruckten. «Nur mehr vom Gleichen können wir uns nicht länger leisten», warnt Sarbajit Banerjee.

Der Chemiker und Materialwissenschaftler leitet das Labor für Batterieforschung am Zentrum für Energie- und Umweltwissenschaften des PSI. Dort erforscht er Batteriekonzepte aus Materialien, die es in grossen Mengen überall gibt: in Industrieabfällen oder in mineralhaltigen Thermalquellen. «Vielleicht finden wir sie sogar in der Erde im eigenen Garten.»

Die vierzig Forschenden in Banerjees Team haben ein halbes Dutzend Konzepte auf dem Prüfstand. Die eine perfekte Batterie wird es dabei nicht geben, eher viele verschiedene. Kleine Batteriefabriken könnten sich überall in der Schweiz ansiedeln und jeweils die Varianten bauen, für die es passende Rohstoffe in der Nähe gibt (siehe auch Seite 34). Banerjee ist Anfang 2025 von der Texas A&M University mit zwölf Forschenden in die Schweiz gezogen. «Das PSI ist der ideale Ort für unsere Forschung», sagt er. Sein Team gehört zu denen, die die Grossforschungsanlagen am PSI am intensivsten nutzen. An diesen verwendet er Synchrotronlicht, Neutronen- und Myonenstrahlen für komplementäre Messungen und macht damit sichtbar, wie eine Batterie altert und warum sie kaputt geht.

Egal wie viele Batterien wir auch bauen – sie werden niemals vollständig chemische Treibstoffe wie Öl, Gas und Kerosin ersetzen können, vor allem dort nicht, wo es auf geringes Gewicht ankommt.



«Nur mehr vom Gleichen können wir uns nicht länger leisten.»

Sarbajit Banerjee
Forscher am Zentrum für Energie- und Umweltwissenschaften
des PSI

Batteriefabrik



Lithiumionen-Batterien kommen heute auf eine Energiedichte von 300 Wattstunden pro Kilogramm. Bis 1000 Wattstunden pro Kilogramm wurden im Labor schon erreicht und dürften auch in der Massenfertigung möglich sein. Aber Benzin hat eine Energiedichte von 12 000 Wattstunden pro Kilogramm. Die Lösung: chemische Treibstoffe aus erneuerbaren Energien.

Nachhaltiges Gas aus heimischen Bioabfällen

Oktober 2050. Was darf es denn heute sein? Wasserstoff für die Brennstoffzelle, Methan für die Spitzenlast der Heizung? Oder hundert Liter Methanol für den Traktor? Früher hat Urs Widmer Heizöl verkauft,

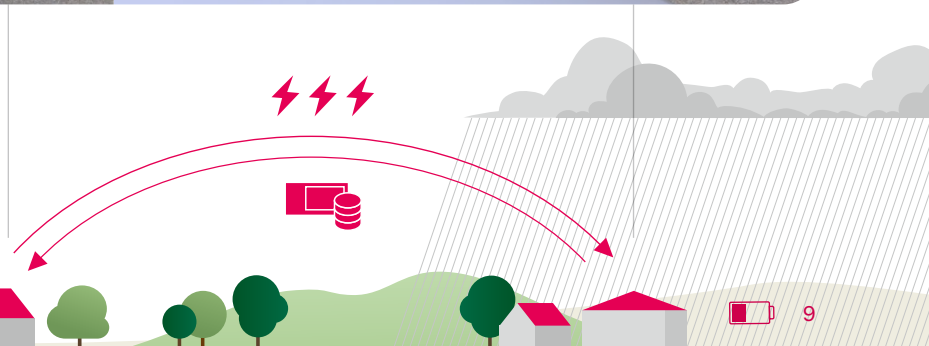
sein Grossvater Heinz ganz früher auch Kohle. Den fossilen Rohstoff importierte er aus Ölfeldern in Saudi-Arabien oder aus Kohleflözen im Ruhrgebiet. Heute kommt der Rohstoff – Biomasse und sauberer Strom – aus dem eigenen Kanton. Daraus macht das Aargauer Unternehmen die Treibstoffe, die seine Kundschaft benötigt – passend zu Jahreszeit und Wetter. Jeweils mit minimalen klimaschädlichen Emissionen produziert und darauf bedacht, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern.

Druck, Wärme – und Millionen Jahre: So macht die Erde aus feuchter Biomasse Rohöl und Erdgas. Wir haben diese Zeit nicht – wir benötigen diese Energieträger sofort. Unsere modernen Energieträger aus Biomasse sollen zudem den Kohlenstoffkreislauf so

Strom, auch wenn die Sonne nicht scheint

Solarzellen auf dem Dach, eine Batterie im Keller, das Elektroauto als zusätzlicher Puffer: Gebäude können einen Teil ihres Stroms selbst erzeugen und speichern. Doch das Wetter spielt nicht überall zur gleichen Zeit mit – an einem Ort scheint die Sonne, ein paar Kilometer weiter ist sie von Wolken verdeckt.

Überschüssiger Strom muss deshalb dorthin fließen, wo er gerade gebraucht wird. Batterien überbrücken solche Schwankungen. PSI-Forschende entwickeln dafür Konzepte aus Rohstoffen, die in der Region verfügbar sind.



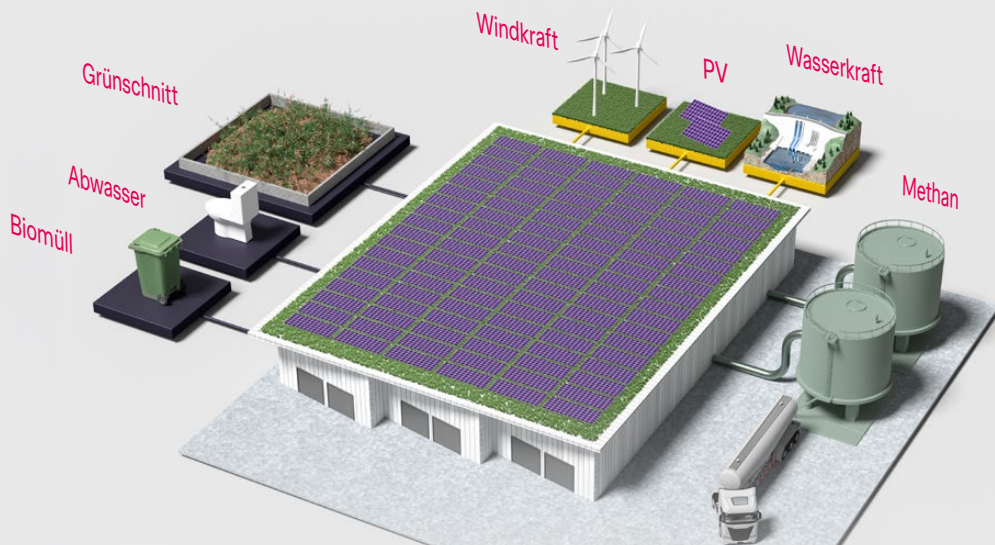


«Wir machen aus feuchten Abfällen Wasserstoff oder Methan. Wie die Erde – nur viel schneller.»

David Baudouin
Forscher am Zentrum für Energie- und Umweltwissenschaften
des PSI

weit wie möglich schliessen, also kaum mehr Kohlendioxid an die Atmosphäre zurückgeben als jene Menge, die die Pflanzen zu ihrem Wachstum aufgenommen hatten. Gülle, Toilettenabwasser, Algen, Küchenabfälle, ausgepresste Rübenschnitzel aus der Zuckerproduktion stehen zur Verfügung – bisher weitgehend ungenutzt. Doch es gibt ein Problem: Diese feuchten Abfälle bestehen zu mehr als siebzig Prozent aus Wasser. Das erschwert ihre effiziente Nutzung als Energiequelle.

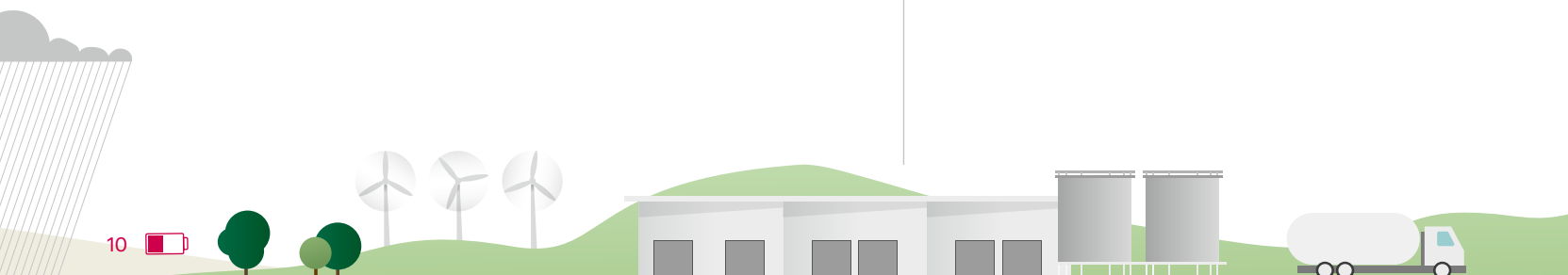
PSI-Forschende haben daher ein Verfahren namens «katalytische hydrothermale Vergasung» entwickelt. Hierbei muss das Wasser nicht verdampft werden. Katalysatoren senken die Prozesstemperatur von 600 auf 400 Grad Celsius. Ein Katalysator ist ein Stoff, der chemische Reaktionen erleichtert oder ermöglicht, dabei aber nicht verbraucht wird. Auch 400 Grad Celsius klingt noch nach viel, ist aber ein



Energie aus feuchten Abfällen

Gülle, Toilettenabwasser, Küchenmüll: Feuchte Bioabfälle bleiben als Energiequelle bisher weitgehend ungenutzt, weil sie zu über siebzig Prozent aus Wasser bestehen. Bei der am PSI entwickelten katalytischen hydrothermalen Vergasung muss dieses Wasser nicht verdampft werden: Katalysatoren

senken die Prozesstemperatur von 600 auf 400 Grad. Heraus kommen je nach Katalysator Methan oder Wasserstoff. Aus Wasserstoff und Kohlendioxid lassen sich anschliessend weitere Energieträger und chemische Rohstoffe herstellen.



echter Durchbruch, denn es bedeutet einen deutlich niedrigeren Energiebedarf. So werden kostengünstigere Anlagendesigns möglich.

«Wir machen also aus den feuchten Abfällen Wasserstoff oder Methan. Wie die Erde – nur viel schneller», sagt David Baudouin. Der Chemieingenieur forscht am Zentrum für Energie- und Umweltwissenschaften des PSI an Katalysatormaterialien. Die Gruppe, in der Baudouin arbeitet, hat Katalysatoren entwickelt und patentiert, die auf das jeweilige Endprodukt optimiert sind.

Nutzende haben die Wahl: Mit einem Katalysator aus Ruthenium lässt sich Methan sowie Kohlendioxid herstellen. Ein Platin-Katalysator hingegen ist optimiert, Wasserstoff plus Kohlendioxid zu produzieren. Und wer Wasserstoff und Kohlenmonoxid benötigt, kann einen Palladiumkatalysator verwenden.

Gerade Wasserstoff wird künftig eine zentrale Rolle spielen als chemischer Energiespeicher. Neben der katalytischen hydrothermalen Vergasung lässt er sich auch mittels Elektrolyse herstellen, die Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff spaltet. Beide Optionen haben jeweils ihre Stärken: Die hydrothermale Vergasung nutzt Ausgangsstoffe, die sonst lediglich Abfall wären. Die Elektrolyse hingegen punktet mit ihrer Reaktionsgeschwindigkeit: Sie lässt sich in Sekunden an- und ausschalten und kann somit rasch auf Stromspitzen aus Wind und Solaranlagen reagieren, diesen Energieüberschuss einfangen und speichern.

Elektrolyseure gibt es seit rund 140 Jahren. Moderne Elektrolyseure nutzen meist seltene Edelmetalle wie Iridium und Platin sowie Membranen aus fluorierten Kohlenwasserstoffen (PFAS) – ein Ewigkeitsmaterial, das sich in der Umwelt nicht abbaut und im Körper anreichern kann. Immer mehr Hersteller von Elektrolyseuren schwenken daher nun auf alkalische Medien um.

Emiliana Fabbri, ebenfalls Forscherin am Zentrum für Energie- und Umweltwissenschaften des PSI, entwickelt neue alkalische Katalysatoren, die aus Nickel, Eisen und anderen, leicht verfügbaren, günstigen Rohstoffen bestehen. Mit Erfolg: die alkalischen Elektrolyseure ihrer Gruppe erreichen eine Effizienz von fast achtzig Prozent – vergleichbar mit sauren Varianten mit PFAS-Membran. Ob sie auch so lange halten, prüft Fabbri an der Synchrotron

Lichtquelle Schweiz SLS des PSI im Zeitraffer. Mehrere Tausend Mal schaltet sie die Zelle ein und aus. Zusammen mit Computersimulationen und KI-Modellen erlauben die Veränderungen im Material eine Prognose zur Langzeitstabilität. «Das PSI ist der beste Ort, um das zu untersuchen», sagt Emiliana Fabbri. «Wir nutzen alle Einrichtungen gemeinsam und arbeiten alle an einer gemeinsamen Mission – der Energietransformation.»

Für diese Transformation ist Wasserstoff erst der Anfang. Mit Kohlendioxid lassen sich daraus organische Moleküle bauen wie Methan oder Methanol – und komplexere Moleküle in Chemikalien für die Industrie wie Kunststoffe, Reinigungsprodukte oder Pharmazeutika, an denen das PSI ebenfalls arbeitet.

«Dank unserer verschiedenen Katalysatoren können wir den Prozess so steuern, dass verschiedene Endprodukte entstehen – quasi à la carte», sagt David Baudouin.

Wie in einem Nobelrestaurant zeigt die Speisekarte eine begrenzte Auswahl. Baudouins Verfahren kann beispielsweise kein Kerosin erzeugen. Doch in einem Nachbarlabor arbeitet ein Team genau daran: an klimaneutralem Treibstoff für die Luftfahrt.



«Wir arbeiten an einer gemeinsamen Mission – der Energietransformation.»

Emiliana Fabbri
Forscherin am Zentrum für Energie- und Umweltwissenschaften
des PSI

Kerosin, klimaneutral

November 2050. Margaux Martin reist dieses Jahr wieder nach Kreta – und zum ersten Mal ohne Flugscham. «Fliegen Sie zu dreissig Destinationen weltweit – mit gutem Gewissen.» Die Werbung der gerade gegründeten Airline Ökofly hat die Genferin überzeugt. Die Jets mit dem grünen Logo fliegen klimaneutral, dank Kerosin, das aus erneuerbarem Strom hergestellt wird.

Flugzeugturbinen sind wählerisch: Die Moleküle des Treibstoffs sollten zwischen zehn und sechzehn Kohlenstoffatome lang sein. Bei Benzin sind sie kürzer, bei Diesel länger. Wenn Erdöl raffiniert wird, fällt ein Gemisch an, aus dem man die Varianten abtrennt. Marco Ranocchiari, Leiter des Labors für Energietechnologien und Innovation am Zentrum für Energie- und Umweltwissenschaften des PSI, geht einen anderen Weg: Der Chemiker baut die Molekülketten aus ihren Einzelteilen auf, bis sie die gewünschte Länge haben.

Im Sommer 2026 hat Ranocchiari's Team zusammen mit dem Zürcher Unternehmen Metafuels auf dem PSI-Campus eine weltweit einmalige



Marco Ranocchiari, Chemiker am Zentrum für Energie- und Umweltwissenschaften des PSI, stellt aus Methanol künstlichen Flugzeugtreibstoff her: Das neuartige Aerobrew-Verfahren wurde gemeinsam mit dem Unternehmen Metafuels entwickelt und patentiert.

Anlage eingeweiht: Das neuartige Verfahren namens Aerobrew, das in dieser Kooperation gemeinsam entwickelt und patentiert wurde, wird hier nun unter realen Bedingungen erprobt. Aus Methanol entstehen in dieser Demonstrationsanlage Kohlenwasserstoffe des Kerosins in passender Länge. Sie können bis zu fünfzig Prozent fossilem Kerosin beigemischt werden, nachdem das Verfahren offiziell zugelassen ist.

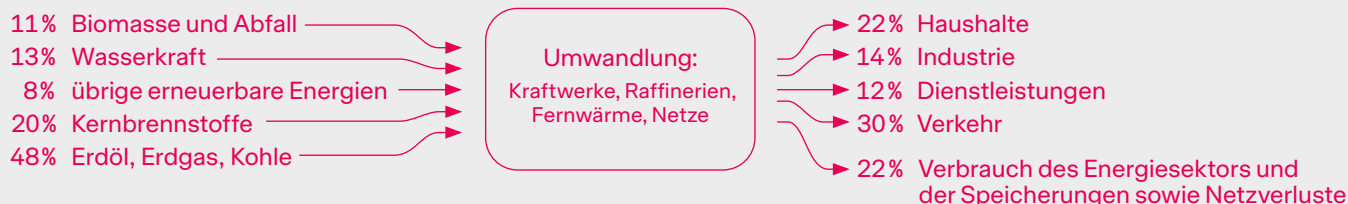
Für den Anfang ist Aerobrew nur auf fünfzig Liter pro Tag ausgelegt. Aber: «Wir ebnen hier den Weg für die Ausweitung auf industrielle Mengen», verspricht Ranocchiari. An der ESI-Plattform des PSI (ESI steht für: Energy System Integration) testen Forschende gemeinsam mit Unternehmen Prototypen für Power-to-X-Technologien – die Umwandlung von Biomasse, Kohlendioxid und grünem Strom in Gase und Treibstoffe. Aerobrew ist an die ESI-Plattform angeschlossen und die jüngste Ergänzung dieser einzigartigen Einrichtung.

Aktuell stösst der weltweite Luftverkehr jährlich 800 Millionen Tonnen Kohlendioxid aus. Der Netto-Ausstoss liesse sich mit Aerobrew reduzieren: Es soll im Betrieb kein zusätzliches Kohlendioxid entstehen, sondern auch hier lediglich freigesetzt werden, was zuvor aus erneuerbaren Quellen eingefangen wurde. Entsprechend muss der Ausgangsstoff Methanol ebenfalls künstlich erzeugt werden.

Die klassische künstliche Methanol-Herstellung aus Kohlendioxid und Wasserstoff braucht hohen Druck von mindestens achtzig bar. Die Industrie bekommt diesen Druck gleichsam gratis, indem sie mit der ohnehin anfallenden Reaktionswärme Kompressoren antreibt. Bei einer dezentralen Anlage, die von Elektrolyse-Wasserstoff und Kohlendioxid ausgeht, fehlt diese Wärme, der Druck muss elektrisch erzeugt werden. Das senkt den Wirkungsgrad.

Tilman Schildhauer vom Zentrum für Energie- und Umweltwissenschaften hat eine clevere Abkürzung gefunden: Ein poröses Adsorptionsmittel schleust laufend Wasser und Methanol aus dem Reaktionsraum. Das zwingt den chemischen Prozess, ständig neues Methanol nachzuproduzieren. Schon bei dreissig bar – dem typischen Druck

Anteile am Schweizer Energieeinsatz heute:



Daten: Schweizerische Gesamtenergiestatistik, BFE (2026)

der Wasserstoffelektrolyse – verdoppelt sich die Ausbeute – ganz ohne elektrischen Kompressor. Noch ist die Technologie im Laborstadium, eine Testanlage soll kommendes Jahr in Betrieb gehen. Dann wird sich zeigen, ob sich das Konzept gegenüber dem etablierten Hochdruckverfahren auch wirtschaftlich lohnt.

Wichtig ist Schildhauer, dass sich das Adsorptionsmittel wieder vollkommen aufbereiten lässt. Das gilt ebenso für die Batterieelektroden von Sarbajit Banerjee und für die Katalysatoren von David Baudouin und Emiliana Fabbri: Was die einzelnen Forschungsgruppen im Labor entwickeln, soll am Ende erneut vollständig zurück in den Kreislauf gelangen. «Wir werden hier am PSI die Forschung zu zirkularen Stoffkreisläufen ausbauen», sagt Thomas J. Schmidt, Leiter des Zentrums für Energie- und Umweltwissenschaften. «Somit tragen wir nicht nur zur Nachhaltigkeit des Energiesystems bei, sondern auch zur Schonung der natürlichen Ressourcen unseres Planeten.» ●



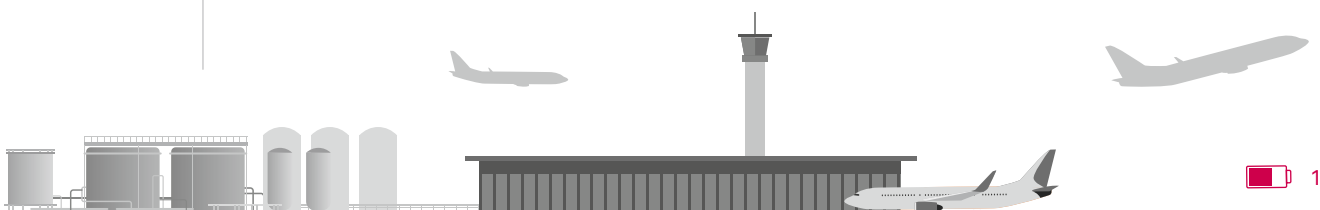
«Wir tragen nicht nur zur Nachhaltigkeit des Energiesystems bei, sondern auch zur Schonung der natürlichen Ressourcen unseres Planeten.»

Thomas J. Schmidt
Leiter des Zentrums für Energie- und Umweltwissenschaften
des PSI

Klimaschonend abheben

Aus nachhaltig gewonnenem Wasserstoff und eingefangenen Kohlendioxid kann grünes Methanol hergestellt werden. In einem katalytischen Prozess lassen sich dann die Methanol-Moleküle zu den längeren Ketten eines

synthetischen Flugtreibstoffs zusammensetzen. Dieser ist im Kreislauf nahezu klimaneutral: Beim Verbrennen in der Flugzeugturbine wird nur jenes Kohlendioxid freigesetzt, das zuvor gebunden wurde.



«Gemeinsam Innovationen marktfähig machen»

Die Eniwa AG versorgt dreiunddreissig Gemeinden rund um Aarau mit Strom, Fernwärme und Gas – zunehmend aus erneuerbaren Quellen. Hans-Kaspar Scherrer, CEO von Eniwa, über dezentrale Netze, saisonale Energiespeicherung und erfolgreiche Kooperationen mit dem PSI.

Die Schweiz möchte bis 2050 klimaneutral werden. Was ist Ihre Sicht auf das Thema?

Hans-Kaspar Scherrer: Wir sind auf gutem Weg. In unser Gasnetz speisen wir heute schon dreissig Prozent Biogas, bis 2040 wollen wir auf hundert Prozent kommen. Wir haben 2025 die Anlage «Green Power Aarau» in Betrieb genommen. Sie vergärt pro Jahr 25 000 Tonnen organische Abfälle aus Haushalten zu Methan. Heraus kommen Naturdünger sowie ein Gas, das fünfundsechzig Prozent Methan und fünfunddreissig Prozent Kohlendioxid enthält. Das Kohlendioxid entlassen wir heute noch in die Atmosphäre, in Zukunft wollen wir es im Sommer mit Wasserstoff zu weiterem Methan umwandeln und im Winter über das Abscheiden und Speichern negative Emissionen erzeugen.



Hans-Kaspar Scherrer, CEO der Eniwa AG

Warum ist Gas im Energiemix weiterhin wichtig?

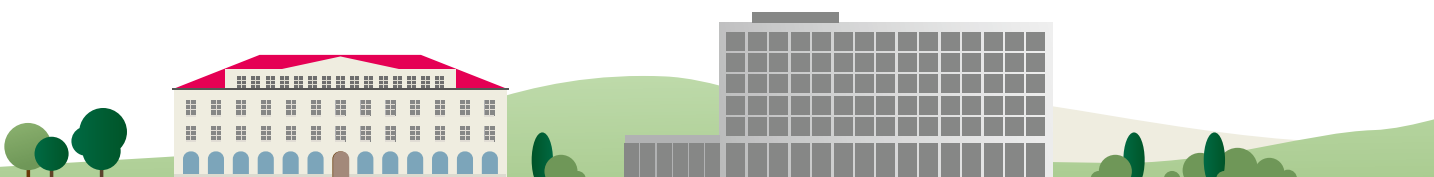
Die Schweiz steckt in einem Dilemma: Im Sommer produzieren die vielen Photovoltaikanlagen zu viel Strom, im Winter zu wenig. Batterien sind gut, um nachts die Lücke mit Solarenergie vom Tag zu schliessen. Aber sie können keine Energie vom Sommer in den Winter verschieben. Das geht nur mit Molekülen: Wasserstoff, Methan, Methanol.

Wäre das ein möglicher Weg in die Energieunabhängigkeit?

Das glaube ich nicht. Gas aus erneuerbaren Quellen ist teuer. Die Industrie, die unter hartem Kostendruck steht, tut sich damit schwer. Es ist deutlich billiger, erneuerbaren Wasserstoff oder Methanol aus sonnenreichen Ländern zu importieren. Fünfzig Prozent Energieautarkie halte ich in der Schweiz für wirtschaftlich sinnvoll und machbar, viel mehr vermutlich nicht.

Was sollte im Stromnetz passieren, damit die Energiewende gelingt?

Die Stromerzeugung muss dezentraler werden. Im Sommer können wir den Strom schon heute komplett dezentral erzeugen – durch die vielen Photovoltaikanlagen. Im Winter brauchen wir derzeit noch zentrale Einspeisung aus grossen Kraftwerken. Bisher wurde das Netz genau für dieses Liefermodell ausgebaut. Wir brauchen nun mehr dezentrale Stromproduktionsanlagen im Winter: zum Beispiel Blockheizkraftwerke und Brennstoffzellen, die mit Wasserstoff oder Methan gespeist werden – Gase, die wir im Sommer mit überschüssigem Strom erzeugen.



Wo sehen Sie weitere Herausforderungen?

Wir brauchen eine stärkere Digitalisierung des Stromnetzes: Der Einbau intelligenter Stromzähler kommt jetzt erst in Fahrt und bildet eine wichtige Grundlage für die Nutzung von Flexibilitäten und den Einsatz von dynamischen Tarifen. Hinzu kommt in der Schweiz eine strikte Regulierung. Das Gesetz erlaubt uns in der Grundversorgung praktisch keine Gewinne, beziehungsweise sind sie auf rund fünfundzwanzig Franken pro Kunde und Jahr gedeckelt. Das reicht nicht für die nötigen Investitionen und ist langfristig eine Gefahr für Innovationen. Und selbst bei Wind- und Wasserkraftprojekten gibt es immer jemand, der Einspruch einlegt; so beispielsweise bei den sechzehn Projekten eines Runden Tisches Wasserkraft aus dem Jahr 2021. Das verzögert viele Projekte – manche wurden bereits abgebrochen und Millionen Franken Projektentwicklungskosten abgeschrieben.

Wie können Forschung und Industrie gut zusammenspannen?

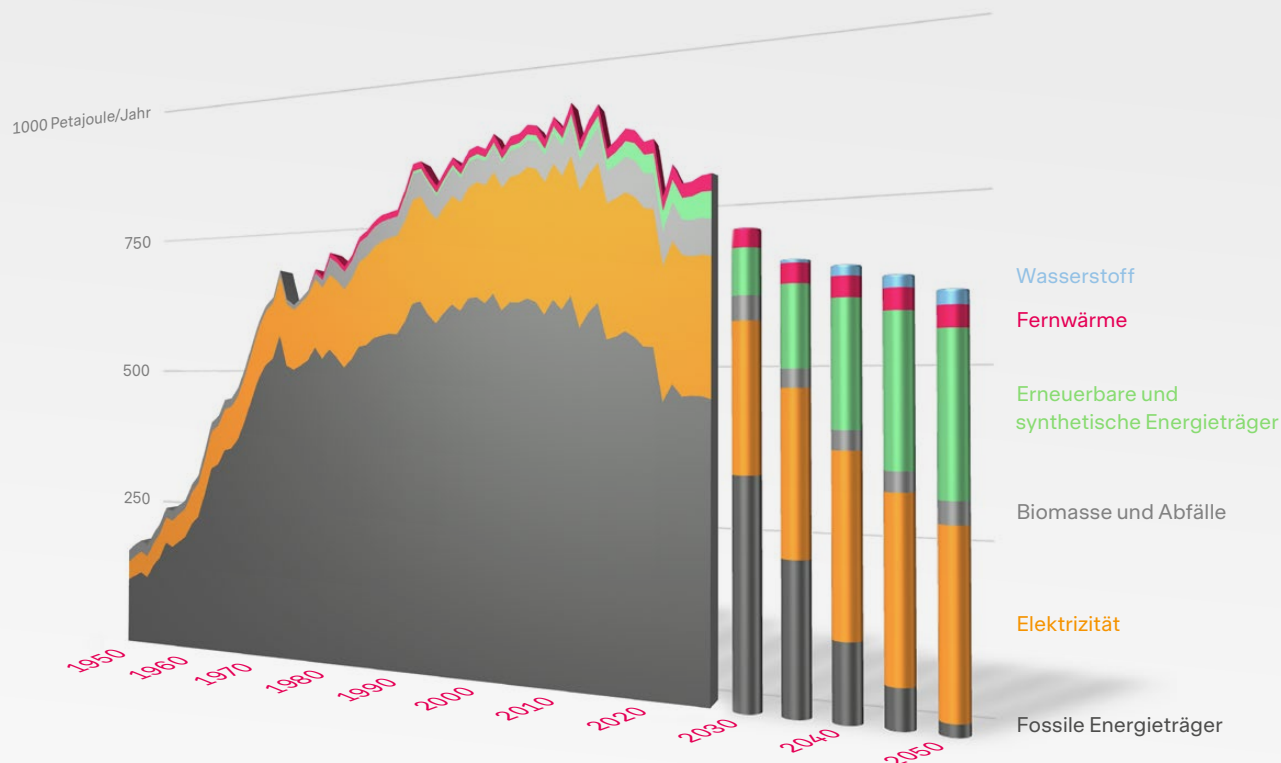
Entscheidend ist, dass wir gemeinsam Innovationen marktfähig machen. In der Vergangenheit gab es spannende Pilotprojekte, die nach zwei Jahren wieder abgebaut wurden, sobald die Forschungsphase zu Ende war. Wir Versorger brauchen industrielle Anlagen, die verlässlich und wirtschaftlich Energie produzieren – wie bei Green Power Aarau. Das PSI weiss das und unterstützt uns langfristig dabei.

Unverzichtbar ist das PSI zudem als Ausbildungsstätte. Das Land braucht Nachwuchs, um die neue Energiewelt zu bauen und Innovationen in den Markt zu bringen. Auch wir bei Eniwa bilden sechzig Lehrlinge in elf Berufen aus. Und wir haben immer wieder Studierende mit PSI-Verbindung, die bei uns eine Abschlussarbeit machen oder angestellt sind.

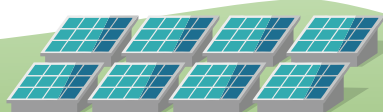
Fossil verliert, Strom dominiert

Bis 2010 stieg der Energieverbrauch von Haushalten, Industrie und Verkehr in der Schweiz, getragen von Öl und Gas. Seither sinkt er: Immer mehr Anwendungen arbeiten elektrisch – Wärmepumpen und Elektromotoren nutzen die Energie effizienter. Elektrizität wird zum Rückgrat, Biomasse und

Abfälle, erneuerbare und synthetische Energieträger sowie Fernwärme ergänzen ihn, Wasserstoff ist im Kommen. Das Zukunftsszenario einer Studie von PSI-Forschenden am Labor für Energiesystemanalysen zeigt einen möglichen Weg zum Netto-Null-Ziel bis 2050.



Daten bis 2025: Schweizerische Gesamtenergiestatistik, BFE (2026)
Daten ab 2030: Netto-Null-Szenario, POLIZERO-Studie, PSI (2025)



Sicher und sauber: Neue Konzepte für die Kernenergie

Fusionsreaktoren und Kernkraftwerke der nächsten Generation erfordern gänzlich neue Materialien und Technologien. Das PSI ist an vorderster Front beteiligt – mit Knowhow auf Weltniveau, einzigartigen Forschungsgeräten und der weltgrössten Testanlage für passive Kühlung.

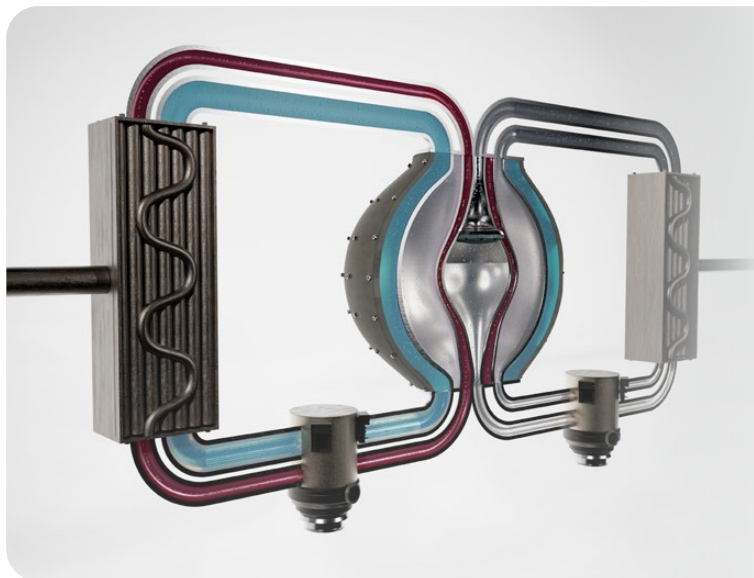
Bis vor wenigen Jahren schien die Kernenergie in Europa ein Auslaufmodell zu sein. Doch in letzter Zeit ist das Interesse wieder erwacht, etliche Länder planen den Bau neuer Anlagen. Die werden allerdings anders funktionieren als etwa die drei heutigen Schweizer Kernkraftwerke. Diese haben wassergekühlte Reaktoren – eine jahrzehntelang bewährte Technik. Sie benötigen allerdings aufwendige aktive Sicherheitseinrichtungen.

Die Kernreaktoren der Zukunft gehören der sogenannten dritten und vierten Generation an. Sie sind sicherer, weil die Notfalkühlung auf passiven Systemen basiert, die nach physikalischen Gesetzen funktionieren – ohne Pumpen, ohne externe Stromversorgung. Das PSI vertritt die Schweiz im Generation-IV-International-Forum (GIF), dem internationalen Verbund zur Erforschung zukünftiger Kernkraftwerke. «Kein Land schafft die Entwicklung allein», sagt Andreas Pautz, Leiter des Zentrums für Nukleare Technologien und Wissenschaften am PSI. Selbst wenn die Schweiz Nein zu neuen Kernkraftwerken sagen werde, sei es sinnvoll, die Technologien

mitzugestalten und sich international bietende Chancen zu nutzen.

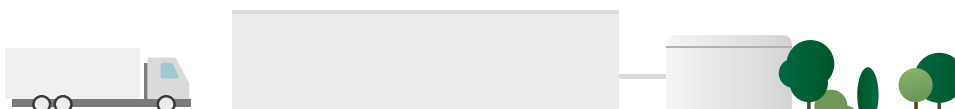
Zu den Generation-IV-Reaktoren gehören mehrere technologische Ansätze. Flüssigsalzreaktoren – auch Salzschnmelzereaktoren genannt – sind eines dieser vielversprechenden Konzepte. Sie nutzen geschmolzenes Salz zur Kühlung und können mit unterschiedlichen, darin enthaltenen Brennstoffen betrieben werden; sogar mit verbrauchtem Brennstoff aus herkömmlichen Kernkraftwerken. Damit solche Konzepte eines Tages Realität werden können, müssen ihre physikalischen und chemischen Prozesse jedoch bis ins Detail verstanden werden.

Am PSI entwickeln Forschende dafür neue Simulationsmethoden und überprüfen sie mit Experimenten. Jiri Krepel und Annalisa Manera vom Zentrum für Nukleare Technologien und Wissenschaften am PSI untersuchen unter anderem, wie sich Brennstoff und Kühlmittel unter den extremen Bedingungen eines Flüssigsalzreaktors verhalten. Ziel ist es, Computermodelle zu entwickeln, die das Verhalten eines Reaktors möglichst realitätsnah abbilden und damit



Brennstoff im flüssigen Salz

Der Salzschnmelzereaktor kommt ohne feste Brennstäbe aus: Der Brennstoff ist in flüssigem Salz gelöst, das zugleich als Kühlmittel dient. Es strömt durch den Behälter in der Mitte, gibt seine Wärme an den Rändern in Wärmehaushaltern ab und kehrt zurück. Betreiben lässt sich ein solcher Reaktor sogar mit verbrauchtem Brennstoff aus heutigen Kernkraftwerken – er würde den bereits angefallenen radioaktiven Abfall also verringern statt vermehren.



eine Grundlage für sichere und effiziente Reaktordesigns zu schaffen. Darüber hinaus forscht Manera an innovativen passiven Reaktor-Kühlsystemen, die flüssiges Natrium nutzen und die sogar unter Schwerelosigkeit funktionieren, sodass sie für die Raumfahrt geeignet wären.

«Neue Reaktorkonzepte entstehen nicht durch einzelne Durchbrüche, sondern dadurch, dass wir Physik, Experimente und Simulation immer enger miteinander verbinden», sagt Manera. «Nur wenn wir diese Prozesse wirklich verstehen, können wir Kernenergiesysteme entwickeln, die den Anforderungen künftiger Generationen gerecht werden.»

PANDA: Realitätscheck für Simulationen

Die enge Verknüpfung von Simulation und Experiment ist die grosse Stärke des PSI. Spektakulärstes Beispiel ist PANDA (PASSive Nachwärmeabfuhr und DruckAbbau): eine fünfundzwanzig Meter hohe Anlage, die ein Geflecht aus Behältern und Rohrleitungen enthält. Hier testen PSI-Forschende passive Kühlsysteme für kleine modulare Kernreaktoren. Diese sogenannten Small Modular Reactors (SMR) sollen deutlich kleiner als heutige Anlagen sein und sich industriell in hohen Stückzahlen herstellen und flexibel einsetzen lassen.

Bei Experimenten in der PANDA-Anlage konnten PSI-Forschende erstmals beobachten, wie sich Dampf und Gase im Inneren eines Sicherheitsbehälters ausbreiten. «Vorher konnten Entwickler von Simulationen nicht sicher sein, dass ihre Berechnungen mit der Wirklichkeit übereinstimmen», sagt Nuklearingenieur Yago Rivera Durán. «Mit PANDA schliessen wir diese Lücke.»

Andreas Pautz sieht in der Kernenergie eine Technologie, die auch längerfristig den Energiemix der Schweiz ergänzen sowie gerade im Winter benötigten Strom liefern könnte und dabei das Klima schont. Mit eigener Kernenergie muss die Schweiz zudem weniger Strom aus dem Ausland einkaufen. «Künftige Nuklearreaktoren der III. und IV. Generation wären deutlich sicherer als alle bisherigen Gen-II-Reaktoren. Flüssigsalz- und Flüssigmetallreaktoren lassen sich als kleine modulare Reaktoren bauen. Und wenn wir sie mit verbrauchten Kernbrennstoffen betreiben, reduzieren sie sogar unseren bereits angefallenen radioaktiven Abfall.»

Vorbild Sonne

Deutlich weiter in der Zukunft liegen Fusionsreaktoren. Sie funktionieren wie die Sonne. Die erzeugt ihre

Energie durch Kernfusion – seit fünf Milliarden Jahren – zuverlässig und ohne radioaktiven Abfall. Dieses Feuer kontrolliert auf der Erde zu entfachen ist einer der kühnsten Träume der Energietechnik. Und eine grosse technologische Herausforderung.

Wie anspruchsvoll das ist, weiss Manuel Pouchon. «Viele Start-ups haben wunderbare Designs», sagt der Leiter des Labors für Nukleare Materialien am Zentrum für Nukleare Technologien und Wissenschaften des PSI. «Aber je näher die Konzepte der Anwendung kommen, umso mehr tun sich Herausforderungen bei den Materialien auf.» Nicht zuletzt deshalb gibt es auch nach siebzig Jahren Forschung heute noch kein Fusionskraftwerk, das kontinuierlich und in nutzbaren Grössenordnungen mehr Energie liefert, als es verbraucht. Aber die Anzeichen verdichten sich, dass in einigen Jahren die ersten erfolgreichen Demonstrationsanlagen entstehen könnten. Bis dahin müssen Materialien für die Hülle des Plasmagefässes entwickelt werden, die nicht im Lauf der Zeit verspröden.

Hochleistungswerkstoffe aus dem Drucker

Für die Hülle eines Fusionsreaktors vielversprechend ist vor allem die Kombination verschiedener Werkstoffe, beispielsweise Stahl und Wolfram. Will man die positiven Eigenschaften beider Metalle kombinieren, müssen sie sich vollständig verbinden. Der Königsweg ist der 3D-Druck: Zunächst wird das eine Metallpulver mit einem Laser aufgeschmolzen



«Neue Reaktorkonzepte entstehen, indem wir Physik, Experimente und Simulation immer enger miteinander verbinden.»

Annalisa Manera
Forscherin am Zentrum für Nukleare Technologien und Wissenschaften des PSI

und Schicht für Schicht in die gewünschte Form gebracht; danach folgt das zweite Metall im gleichen Prozess, bis die Endform erreicht ist. Entscheidend ist, dass das Aufschmelzen kontrolliert erfolgt und sich keine Blasen bilden. An der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS des PSI untersucht Pouchons Team mit Röntgenstrahlung, wie die Metalle schmelzen und sich verbinden. Und mit der Schweizer Spallations-Neutronenquelle SINQ können die Forschenden in das fertige Bauteil hineinschauen. Diese Kombination verschiedener Grossforschungsanlagen ist weltweit einmalig und erlaubt einander ergänzende Messungen an einem Ort.

Eine weitere Herausforderung bei der Konstruktion von Fusionsreaktoren sind die Magnete. Es braucht sehr starke Magnetfelder, um das mehrere Millionen Grad heisse Plasma berührungsfrei einzuschliessen und stabil zu halten. Hierfür kommen supraleitende Hochleistungsmagnete infrage. An diesen forscht Bernhard Auchmann vom Zentrum für Beschleunigerwissenschaften und -technologien

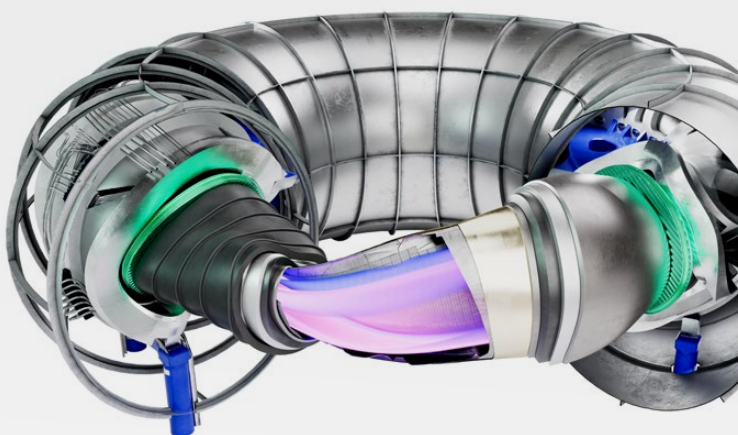
des PSI. Der Physiker kommt ursprünglich vom CERN, am PSI entwickelt er Hochleistungsmagnete für den geplanten einundneunzig Kilometer grossen Ringbeschleuniger FCC am CERN.

Begehrtes Umfeld für Start-ups

Das starke PSI-Know-how zieht Start-ups aus der Fusionsszene an. Eines ist Proxima Fusion, ein Spin-out des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik in Garching bei München. Das Start-up hat nun eine Aussenstelle am Switzerland Innovation Park Innovaare direkt neben dem PSI. Proxima Fusion entwickelt einen Fusionsreaktor nach dem Stellarator-Konzept – und nutzt das Fachwissen des PSI, um einen alternativen Magnetschutz zu entwickeln.

Auch über die Fusion hinaus ist Fachwissen zu Hochleistungsmagneten nützlich. Ein PSI-Team hat eine münzgrosse Spule gebaut, die ein enorm starkes Magnetfeld von sechs Tesla erzeugt und in einer Röntgenmessapparatur an der SLS sitzt. Für die SINQ baute das Team eine zweigeteilte Spule, die in der Lücke den Neutronenstrahl durchlässt und dabei sogar achtzehn Tesla erzeugt – stark genug, um Quanteneffekte in Materialien untersuchen zu können, die bisher unsichtbar blieben. «Das stösst ein Fenster für neue Experimente auf», so Auchmann.

All dies macht das PSI einzigartig – in der Nuklearenergie und in allen anderen Disziplinen: «Forschung und Anwendung gehen Hand in Hand», sagt Andreas Pautz. «Das eine ist nicht ohne das andere denkbar.» ●



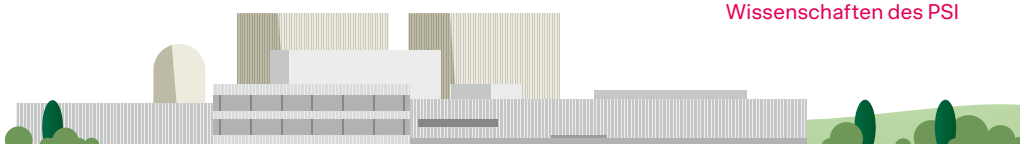
Fusion auf geschwungener Bahn

Komplex gewundene Magnetspulen zwingen das Plasma in eine ebenso verdrehte Bahn – hier rosa dargestellt. Es darf die Wand nicht berühren, sonst bricht die Fusion ab. Einen solchen Stellarator entwickelt das Start-up Proxima Fusion, das eine Aussenstelle gleich neben dem PSI hat und für die Entwicklung von hoch spezialisierten Magneten mit PSI-Forschenden zusammenarbeitet.



«Die Nukleartechnologie bietet aus meiner Sicht auch längerfristig eine sinnvolle Ergänzung für den Schweizer Energiemix.»

Andreas Pautz
Leiter des Zentrums für Nukleare Technologien und
Wissenschaften des PSI





Innovative Materialwissenschaft



Weitere Informationen:
www.psi.ch/node/74498

Giovanni Pizzi ist Materialwissenschaftler im Zentrum für Computergestützte Wissenschaften, Theorie und Daten des PSI. Er entwickelt effiziente Methoden der Quantensimulation, um Materialien und ihre Eigenschaften auf atomarer Ebene zu charakterisieren. In Kombination mit modernen Methoden des maschinellen Lernens sagt er neue massgeschneiderte Materialien voraus. Zudem baut er eine digitale Infrastruktur auf, über die Daten und digitale Werkzeuge weltweit zugänglich gemacht werden. Auf diese Weise trägt er dazu bei, die Materialforschung zu beschleunigen und wissenschaftliche Innovationen voranzutreiben.

Alltag & Forschung Schockgefrieren

Viele Anwendungen im Alltag sind auch in der Forschung von Bedeutung. Ein Beispiel dafür ist das Schockgefrieren.

Text: Brigitte Osterath

Alltag

Aromatisches Gemüse und knackige Pommes

Ob Pizza, Fischfilet, Spinat, Pommes frites oder Erdbeerkuchen: Tiefkühlkost ist aus modernen Supermärkten nicht mehr wegzudenken. Diese Produkte verdanken wir einem einfachen, aber genialen Verfahren: dem Schockfrostern. Dabei werden frische Lebensmittel innerhalb weniger Minuten auf minus 18 Grad Celsius heruntergekühlt – beispielsweise zwischen eiskalten Metallplatten oder mit flüssigem Stickstoff.

Entscheidend ist, dass es schnell geht. Beim langsamen Abkühlen – auch in der heimischen Gefriertruhe – bilden sich grosse Eiskristalle, die später beim Auftauen Zellen zerstören: Das Essen wird matschig. Beim Schockfrostern entstehen hingegen nur kleine Kristalle, sodass Geschmack, Nährstoffe und Konsistenz besser erhalten bleiben.

Entwickelt hat die Methode Anfang des 20. Jahrhunderts der US-Biologe Clarence Birdseye. In der Arktis beobachtete er, wie die Bevölkerung Fische fing und diese an der eiskalten Luft sofort gefroren. Später zubereitet, schmeckten sie wie frisch aus dem Wasser. In der Schweiz kamen Tiefkühlprodukte während des Zweiten Weltkriegs erstmals auf den Markt.





Forschung

Eiskalte Proben und brillante Auflösung

Die Kryo-Elektronenmikroskopie macht Proteine und andere Bausteine des Lebens sichtbar. Das Gerät arbeitet ähnlich wie ein Lichtmikroskop, bildet die Untersuchungsobjekte aber im Vakuum mithilfe von Elektronen ab und ermöglicht so eine 2000-fach höhere Auflösung. Dementsprechend lassen sich deutlich kleinere Objekte untersuchen.

Ähnlich wie Tiefkühlprodukte werden die Proben vor der Messung schockgefroren – allerdings auf minus 180 Grad Celsius. So entsteht statt Kristallen glasartiges Eis, in dem die Moleküle wortwörtlich in Aktion eingefroren bleiben. Zwar verändert der Elektronenstrahl sie mit der Zeit, aber in der Kälte lassen sich mehr Messdaten gewinnen, bevor die Probe unbrauchbar wird: Molekulare Bruchstücke bewegen sich dann viel langsamer und richten so weniger Schaden an.

Am Computer entsteht aus den Daten ein dreidimensionales Bild in erstaunlicher Schärfe, bis hinunter auf atomare Details. Mit der Kryo-Elektronenmikroskopie entschlüsselten PSI-Forschende kürzlich beispielsweise die Struktur eines Rezeptors in der Zellmembran, der Adrenalin bindet und in der Folge das Herz schneller schlagen lässt.

Von Heuschnupfen bis Wolkenbildung: Pollenforschung als Gemeinschaftsprojekt



«Mapping the «Biisse» & «Hatschi»» – das Jucken und Niesen kartieren. So lautet das Ziel eines Citizen-Science-Projekts rund um Blütenstaub. Die beteiligten PSI-Forscherinnen wollen damit die Pollenvorhersage für die Schweiz verbessern – und gleichzeitig allen vermitteln, wie spannend Natur und Wissenschaft sind.



Was hier blüht, fliegt bald durch die Luft: Evgenia Tsianou (links) und Lubna Dada beschäftigen sich mit den winzigen Partikeln, die für Allergikerinnen und Allergiker lästig sind – und für die Klimaforschung überraschend wichtig.

Text: Brigitte Osterath

«3, 2, 1... ready to visit the Top of Europe!» heisst es heute in der Whatsapp-Gruppe von Pollen Watch. Eine gemeinsame Fahrt zur Forschungsstation auf dem Jungfrauoch ist einer der buchstäblichen Höhepunkte des Citizen-Science-Projekts.

Anlass des Ausflugs: Hier, auf 3571 Metern Höhe, sind die Folgen des Klimawandels besonders deutlich sichtbar. Die Gletscher verlieren Jahr für Jahr an Masse und die Veränderungen im Hochgebirge verlaufen deutlich schneller als in vielen tiefer gelegenen Regionen. Das macht das Jungfrauoch zu einem idealen Ort für die Klimaforschung: Hier befindet sich eine der wichtigsten hochalpinen Forschungsstationen Europas, an der auch das PSI beteiligt ist. Die Forschenden erfassen unter anderem Treibhausgase, Aerosole, Spurengase, Russpartikel und meteorologische Parameter.

Zudem misst ein Bioaerosol-Monitor das ganze Jahr über Blütenstaub, darunter den von Hasel, Erle, Birke und Gräsern. Nach Angaben der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz reagiert rund ein Fünftel der Schweizer Bevölkerung allergisch auf Pollen. Das war einer der Anlässe für Lubna Dada und Evgenia Tsianou, die beiden Leiterinnen von Pollen Watch, sich eingehender mit Blütenstaub zu beschäftigen.

Das Projekt richtet sich aber nicht nur an Allergikerinnen und Allergiker, sondern will möglichst viele Menschen in die Forschung einbeziehen. «Wir wollen ändern, wie die Menschen Pollen wahrnehmen. Sie sollen über Allergien hinausdenken und verstehen, dass Blütenstaub Leben ist», sagt Evgenia Tsianou, eine der beiden Koordinatorinnen. Sie ist teils am PSI angestellt und arbeitet teils für einen gemeinnützigen Verein.

«Biisse» und «Hatschi»

Pollen sind die Geschlechtszellen von Gräsern, Bäumen und allgemein Samenpflanzen. Windbestäubte Arten geben grosse Mengen dieser Partikel, die nur ein Hundertstel bis ein Zehntel eines Millimeters messen, in die Luft ab, damit diese die Blüten erreichen. Bei manchen Menschen stuft das Immunsystem bestimmte Eiweisse auf der Oberfläche der

Pollen jedoch fälschlicherweise als gefährlich ein. Es reagiert darauf mit einer Abwehrreaktion – dem Heuschnupfen. Typische Symptome: Niesattacken, verstopfte Nase, juckende und tränende Augen.

«Wahrscheinlich werden viele Menschen in Zukunft aufgrund des Klimawandels noch mehr mit Heuschnupfen zu kämpfen haben», befürchtet Lubna Dada vom Zentrum für Energie- und Umweltwissenschaften des PSI: Höhere Temperaturen führen dazu, dass viele Pflanzen früher und teils auch länger blühen – das verlängert die Pollensaison. «In besonders milden Jahren können die ersten Pollen sogar schon im Dezember unterwegs sein.»

Luftverschmutzungen in Städten brächten Pflanzen zudem dazu, aggressivere Pollen auszubilden: Diese fliegen weitere Strecken und lassen sich auf ihrem Weg weniger von Feinstaub und anderen Partikeln in der Luft beeinflussen. Dadurch könnten auch Menschen allergisch reagieren, die zuvor mit den umherschwebenden Pflanzenteilen keine Probleme hatten.

Vom Klebeband zum Taschensensor

«Pollen zu messen, ist nach wie vor viel Handarbeit», erklärt Lubna Dada. An den fünfzehn stationären Messstationen von MeteoSchweiz, die über die ganze Schweiz verteilt sind, wird der umherfliegende Blütenstaub auf Klebeband gesammelt. Die festklebenden Teilchen werden händisch ausgezählt und nur bei wenigen Messstationen automatisch ausgelesen und mit künstlicher Intelligenz ausgewertet. Die Messinstrumente sind gross und teuer, erklärt Dada. «Daher gibt es schweizweit nur so wenige Stationen. Entsprechend lückenhaft ist die Abdeckung – die Vorhersage demnach recht grob.»

Evgenia Tsianou und Lubna Dada wollen Pollen in der Luft stattdessen mit günstigen mobilen Sensoren bestimmen, die sich einfach überallhin mitnehmen lassen: beim Pendeln zur und von der Arbeit, auf dem Velo, im Auto oder im Bus, im Büro oder zu Hause.

«Viele bisher ungeklärte Fragen rund um Pollen liessen sich so beantworten», sagt Dada. «Etwa: Ist die Belastung stärker auf dem Land oder in der Stadt? Welche Orte sollten Allergikerinnen und Allergiker am ehesten meiden? Sollte man das Fenster im Büro in der Pollensaison eher geschlossen oder geöffnet halten?» Ergründen liesse sich so auch die Frage, welche menschlichen Aktivitäten die Pollenbelastung an welchen Orten wie stark beeinflussen.

Gemeinsam dem Blütenstaub auf der Spur

«Unsere Vision ist es, dass in drei Jahren überall in der Schweiz Sensoren stehen, die Daten sammeln», sagt Lubna Dada. «Diese Daten könnte man dann in die Modelle integrieren, um die Pollenvorhersage besser und vor allem kleinflächiger zu machen.»

Wie das machbar ist, erkunden die beiden Projektleiterinnen mit Freiwilligen im Projekt, an dem bereits rund hundert begeisterte Menschen aus allen Teilen der Schweizer Bevölkerung teilnehmen. Die Freiwilligen sammeln Messdaten, diskutieren die Ergebnisse und formulieren darauf basierend neue Forschungsfragen.

Interessierte sollen sich so vernetzen und ihre Neugierde an Natur und Forschung miteinander teilen – Community Building eben. Evgenia Tsianou hat den Verein DISSCO, kurz für «Dissemination-Science-Communication», gegründet. Sein Ziel ist die gesellschaftliche Verbreitung von Wissen und Wissenschaft. Das Förderprogramm Agora des Schweizerischen Nationalfonds finanziert die ersten zwölf Monate des Citizen-Science-Projekts.

 **discco.ch** ...



 54

 1







[discco.ch](#) Langsam riecht es nach [#Frühling](#) und bald tanzen wieder Pollen in der Luft [#tralalala](#) 🌸 🤔. Wir haben gerade einen ersten Pilotversuch mit Sensoren zur Luftqualität gestartet, um [#Pollen](#) in Echtzeit zu verfolgen – zu Fuss und mit dem Velo.

Auf dem Foto Carmen Kummer, die seit diesem Januar bei DISSCO dabei ist.

2. März



Schwindende Gletscher, hochalpine Messstationen: Die Teilnehmenden von «Pollen Watch» erleben hautnah, warum das Jungfrau-joch zu den bedeutendsten Forschungsstandorten für Klima und Atmosphäre in der Schweiz zählt.

Pollen mit anderen Augen sehen

Im Kunsthaus Zürich stehen ein Dutzend Personen vor einem mehrere Quadratmeter grossen, quadratischen Teppich aus leuchtend gelbem Blütenstaub: Haselnusspollen, über drei Jahre eigenständig gesammelt. Erschaffen hat das Werk der deutsche Künstler Wolfgang Laib, der mit Naturstoffen arbeitet.

«Warum, glaubt ihr, hat er sich entschieden, die Pollen in Form eines Quadrats aufzubringen?», fragt die emeritierte Kunstprofessorin Lydia Matthews aus Athen und New York. «Warum lässt er die Kanten verschwimmen und hat sich nicht für eine gerade Linie entschieden?» Auch bei dieser interaktiven Führung durch Wolfgang Laibs Ausstellung ReCollect! – organisiert von Pollen Watch – regt das Citizen-Science-Projekt dazu an, Pollen mit anderen Augen zu betrachten. Ebenso bei anderen Mitmachformaten wie einem Workshop, in dem die Teilnehmenden gemeinsam Löwenzahnhonig herstellen. «Das PSI ist wie eine Stadt, und Citizen Science ist eine neue Strasse oder sogar eine Autobahn, die Menschen hierherführt», sagt Evgenia Tsianou lachend.

Zwischen Klima und Wolken

Wer bei Pollen Watch mitmacht, erfährt auch, wie eng Pollen und Klimawandel miteinander verknüpft sind. Steigen die Temperaturen, setzen Pflanzen über einen längeren Zeitraum mehr Blütenstaub frei. Gleichzeitig sind Pollen nicht nur passive Mitreisende in der Atmosphäre, sondern können auch als winzige Keime dienen, an denen sich Wolken bilden. Das trifft auch für andere biologische Teilchen in der Luft zu wie Bruchstücke von Blättern und Stängeln, Erdpartikel oder Pilzsporen.

Den Einfluss von Aerosolen auf unser Klima untersuchen Forschende des Zentrums für Energie- und Umweltwissenschaften am PSI. Auf dem Jungfrau-joch und vielen anderen Standorten an der Schweiz läuft seit über dreissig Jahren eine kontinuierliche Messreihe.

Wenn sich Lubna Dada nicht gerade in Pollen Watch engagiert, forscht sie daran, wie speziell biologische Aerosolpartikel wie Blütenstaub, Pflanzenteile und Pilzsporen auf das Wetter und das Klima wirken – etwa indem sie die Eigenschaften von Wolken und Niederschlägen verändern. Und wie Menschen in dieses System eingreifen: «Wann sollten wir am besten Dünger ausbringen, wann sollten wir Bäume zurückschneiden, wann ernten? All das kann einen grossen Einfluss auf das Klimageschehen haben.» Für ihre Forschung erhält Lubna Dada knapp eine Million Franken durch das Ambizione-Förderinstrument des Schweizerischen Nationalfonds.

Nach einem langen spannenden Tag auf dem Jungfrau-joch ist der Whatsapp-Chat voll von Lob: «Vielen Dank für die Organisation dieses wunderbaren Ausflugs», «Es war toll, euch alle kennenzulernen, ich hoffe, wir sehen uns in Zukunft wieder» und «Es war eine seltene Erfahrung, die mir die Augen geöffnet hat» schreiben die Teilnehmenden. Evgenia Tsianou erinnert am nächsten Tag im Whatsapp-Chat an die Ausführungen der Tourguides über die abschmelzenden Gletscher: «Die Landschaft, die wir gestern gesehen haben, könnte in den kommenden Jahrzehnten verschwinden, wenn wir jetzt nicht handeln. Auch wenn wir alle davon wissen, war es ein echter Weckruf, das dort oben auf dem Gletscher zu hören.» ●

Interesse geweckt?

Wer bei dem Projekt mitmachen will, findet mehr Infos unter www.psi.ch/node/68093



Aktuelles aus der PSI-Forschung

6 bis 7 Millionen Zapfenzellen enthält die menschliche Netzhaut pro Auge.

3 Typen von Zapfenopsinen – für rotes, grünes und blaues Licht – ermöglichen zusammen das Farbsehen.

Rund **5** Prozent der Weltbevölkerung sind von Farbsehstörungen betroffen.

1 Wie das menschliche Auge Farben erkennt

Winzige lichtempfindliche Proteine in der Netzhaut lassen uns scharf sehen, schnelle Bewegungen wahrnehmen und selbst kleinste Farbunterschiede erfassen. PSI-Forschende haben erstmals die dreidimensionale Struktur dieser Proteine – der Zapfenopsine – im Dunkelzustand entschlüsselt, also vor ihrer Aktivierung. Damit konnten sie erklären, wie diese Fotorezeptorproteine so schnell auf Lichtimpulse reagieren und weshalb verschiedene Zapfen unterschiedlich auf blaues oder grünes Licht ansprechen.

Die Ergebnisse dieser Studie könnten helfen, Augenerkrankungen besser zu verstehen: Bei diesen gehen Fotorezeptoren in den Zapfenzellen verloren oder funktionieren nicht richtig, beispielsweise bei Farbblindheit oder altersbedingter Makuladegeneration. Auf dieser Grundlage lassen sich möglicherweise langfristig Therapien entwickeln, welche die Funktion der Fotorezeptoren erhalten und den Sehverlust verlangsamen.

Weitere Informationen:
www.psi.ch/node/74372



2 Schmieröl im Abgas von Flugzeugen

Beim Starten und Landen stossen Flugzeuge mindestens zehnmal mehr ultrafeine Partikel aus, als normalerweise bei Nacht rund um einen Flughafen erfasst werden. Das zeigen Messungen von PSI-Forschenden im Umfeld des Flughafens Zürich. Die Partikel können aufgrund ihrer geringen Grösse tief in die Lunge gelangen. Erstmals wiesen die Forschenden jetzt in Echtzeit auch Schmieröl nach, das an den ausgestossenen Partikeln haftet.

Die Triebwerke von Flugzeugen verbrennen Kerosin weniger vollständig während Leerlauf, Rollen und Landung als im Reiseflug und produzieren daher entsprechend mehr Partikel. Offenbar gelangen bei manchen Triebwerken zudem Reste von Schmieröl in die Abgasemissionen. Die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen, wenn Menschen solche Substanzen einatmen, sind noch nicht umfassend erforscht. Die Ergebnisse liefern jedoch eine wichtige Grundlage, um Emissionen beim Bodenbetrieb in Flughäfen gezielt zu verringern.

Weitere Informationen:
www.psi.ch/node/74587



3 Virtuelle Gewebe-einfärbung in 3D

Krankes Gewebe könnte künftig dreidimensional statt nur in hauchdünnen Schnitten untersucht werden. PSI-Forschende haben ein KI-System entwickelt, das die grauen Bilder aus der 3D-Computertomografie so einfärbt, als seien klassische Gewebeschnitte erstellt worden. Denn in der Pathologie sind Fachpersonen darauf trainiert, typische Farbkontraste in solchen gefärbten Schnitten zu interpretieren: Zellkerne erscheinen beispielsweise blauviolett, Kollagen rosa.

Die Forschenden brachten einer künstlichen Intelligenz bei, welche mikroskopischen Muster beim Einfärben von Gewebeschnitten typischerweise welche Farbe erhalten. Anschliessend konnte die KI neue Computertomografiedaten virtuell einfärben – quasi eine automatische Übersetzung zwischen zwei Bildwelten. In einem ersten Test machte das Verfahren krankhafte Veränderungen von Lungengefässen dreidimensional sichtbar.

Gerade bei Tumoren, Gefässveränderungen oder komplexen Gewebearchitekturen kann diese Form der zerstörungsfreien 3D-Pathologie langfristig neue diagnostische Perspektiven eröffnen.

Weitere Informationen:
www.psi.ch/node/74741



4 Dünger aus der Nachbarschaft

Ammoniak wird weltweit für Dünger benötigt. Er wird mit dem Haber-Bosch-Verfahren hergestellt – bisher typischerweise in grossen Chemiewerken. Das muss nicht so sein: Eine Studie mit Beteiligung des PSI zeigt, dass kleinere Anlagen den wichtigen Grundstoff künftig direkt dort produzieren könnten, wo er gebraucht wird. Die Forschenden untersuchten in rund 13 000 Szenarien mögliche Standorte und Rahmenbedingungen weltweit und kamen zu dem Schluss: Besonders viel Potenzial angesichts der Kosten haben Anlagen, die Strom aus lokalen Wind- und Solaranlagen mit Strom aus dem öffentlichen Netz kombinieren.

Aber Vorsicht: Stammt der Netzstrom überwiegend aus fossilen Energieträgern, kann die Klimabilanz sogar schlechter ausfallen als bei der heutigen Produktion mit Erdgas.

Die Ergebnisse liefern eine Orientierung dafür, wo sich Mini-Ammoniakfabriken ökologisch und wirtschaftlich lohnen könnten – und wie sich die Herstellung von Düngemitteln langfristig klimaverträglicher gestalten lässt.

Weitere Informationen:
www.psi.ch/node/74860



PSI-Kollektion «Arbeitskleidung»

Für diese Fotostrecke haben wir in der grossen Werkhalle des PSI eine informelle Modenschau veranstaltet: mit Laufsteg, Scheinwerfern und Blitzlichtgewitter. Die Models sind Mitarbeitende in ihrer täglichen Arbeitskleidung. Diese Looks entstehen nicht auf dem Reissbrett von Dior und Co., sondern basieren auf den Anforderungen des Arbeitsalltags.

Text: Gwendolin Schönfeld





Galerie

Outfit 1: Labor

Model: Antonietta Gasperina Geroni

Klare Linien prägen den Look, während die mit Stiften gefüllte Brusttasche einen Farbakzent setzt und den funktionalen Charakter unterstreicht. Antonietta trägt einen solchen PSI-Laborkittel schon seit 25 Jahren. Als Bioanalytikerin im Laboratory for Multiscale Bioimaging arbeitet sie mit empfindlichen biologischen Materialien. Der Kittel aus einem Baumwolle-Polyester-Gemisch schützt dabei nicht nur sie selbst, sondern vor allem die Proben, an denen geforscht wird.

Outfit 2: Werkstatt

Model: Samuel Bugmann

Ein Klassiker neu interpretiert: Das klare Farbdesign wird durch dekorative Elemente aufgelockert. Diese Grundausrüstung für die Werkstatt verbindet den Tragekomfort von Baumwolle mit der Strapazierfähigkeit von Polyester. Als Stahlschweisser nutzt Samuel einen 300 Watt starken Laserstrahl, um Metallbauteile zu verbinden und zu fertigen, die nicht kommerziell erhältlich sind.





Outfit 3: Elektrik

Model: Alessio Calderone

Der mutige Farbeinsatz verleiht dem Look eine selbstbewusste und zeitgemässe Ausstrahlung. Die Farbe erfüllt jedoch vor allem einen Sicherheitszweck: Alessio arbeitet an Mittelspannungsanlagen und sorgt dafür, dass die aus dem Stromnetz gelieferten 16 000 Volt auf nutzbare Spannungsniveaus reduziert und im PSI verteilt werden. Knöpfe oder Reissverschlüsse müssen im geschlossenen Zustand komplett verdeckt sein, da sie Hitze weiterleiten und so zu Verbrennungen führen könnten.

A full-body photograph of a man standing in a cleanroom environment. He is wearing a white, hooded, zip-up protective suit (coveralls) with elasticated cuffs and ankles. He is also wearing blue safety goggles and yellow nitrile gloves. He has a beard and is looking directly at the camera with a slight smile. His hands are on his hips. The background is a dimly lit industrial or laboratory space with shelves and boxes visible.

Outfit 4: Reinraum

Model: Nestor Miguel Valdez Garduno

Die Silhouette ist klar und definiert, während eine futuristische Brille aus Plexiglas für Dynamik sorgt. Der Reinraumanzug aus einem hauchdünnen Polymer schliesst an Armen und Beinen mit Gummibündchen ab. So kann keine Hautschuppe und keine Wimper entweichen. Für Miguel aus der Forschungsgruppe Mesoscopic Systems ist das essenziell. Er entwickelt Mikroroboter, die rund zehnmal kleiner sind als ein Staubkorn.

Outfit 5: Protonentherapie

Model: Nadyn Schwabe

Dieses Oberteil gehört zu den wenigen, gezielt eingesetzten Farbakzenten der Kollektion. Das Türkis bringt Wärme und Freundlichkeit in den klinischen Alltag. Die Farbe wurde von den Mitarbeitenden des Zentrums für Protonentherapie ausgewählt. Dort arbeitet Nadyn seit fünf Jahren als diplomierte Radiologiefachfrau und betreut täglich Patientinnen und Patienten jeden Alters. Besonders bei Kindern kommt das türkise Polo-hemd gut an.



Mit Salz gegen den Strom

Michael Bayer ist der Aare gefolgt: vom PSI, wo der längste, ganz in der Schweiz verlaufende Fluss in den Rhein mündet, bis hinauf in die Berglandschaft von Meiringen, nahe seiner Quelle. Dort arbeitet der Physiker an Salz Batterien, einer sicheren und sauberen Alternative zur dominierenden Lithiumionen-Technologie.

Text: Benjamin A. Senn

Viel Licht, die passende Perspektive und ein gut platzierter Protagonist: Das Foto-Team ist emsig dabei, Michael Bayer in den balkenverzierten Büroräumlichkeiten der Saleon AG bestmöglich in Szene zu setzen. Auch die verchromte, zylinderförmige Batteriezelle bekommt ihren Platz im Scheinwerferlicht. Michael Bayers Blick sucht kurz Halt. «Zum Glück sind es keine Filmaufnahmen», sagt er erleichtert.

Denn einmal, so erzählt Michael Bayer, habe er sich fürs Fernsehen interviewen lassen; eine Sendung für den SWR. «Schrecklich! Ich stand steif da und brachte kaum einen Satz heraus», sagt er und lacht. Ob es da um Salz Batterien ging? «Nein, um Brauchtum» – um den *Allebär* aus seiner alten Heimat: Schömburg bei Rottweil, am Rand der Schwäbischen Alb, wo er aufgewachsen ist.

«Ich bin ja offensichtlich kein gebürtiger Schweizer», sagt er schelmisch und in breitem Schwäbisch. «Bei dem Brauch stecken wir so 'nen Bursch in so 'ne Fliederhecke, treiben ihn durch den Ort. Und alle rufen: *Allebär rummeda, jetzt isch der Sommer da.*»

Während er erzählt, sind die Bilder längst im Kasten – kurz, schmerzlos und perfekt. Zum Brauchtum und zu seiner Heimat hätte Michael Bayer noch einiges zu erzählen. Doch diese Geschichte beginnt erst einmal hier: in Meiringen, in einem offenen Büro in einem alten Zeughaus, wo Schaltkreise, Kabel und Batteriezellen und auch eine Menge Salzstreuer die Tische zieren und der Pioniergeist förmlich in der Luft liegt. Hier tüfteln Bayer und sein Team an alternativen Stromspeichern: an Salz Batterien.

Sichere Batterien aus Schweizer Salinen

Salz Batterien sind keine Science-Fiction: Seit über fünfzig Jahren wird an der Technologie geforscht. Und in den 1990er-Jahren fand die Batterie sogar Platz in einer elektrischen Mercedes-Benz-A-Klasse. Doch die Technologie setzte sich nicht durch; zu schwer, zu träge, zu lange Ladezeiten.

Von Lithiumionen-Batterien sprach damals noch kaum jemand. «Hätte jemand vorgeschlagen, Autos mit Lithium-Batterien auszurüsten, hätte man ihn

wahrscheinlich ausgelacht», sagt Bayer. Viel zu gefährlich, hiess es lange. Heute haben sie sich dennoch durchgesetzt: dank kleiner, leichter Zellen, hoher Energiedichten und kurzer Ladezeiten.

Doch verdrängt wurden die Salz Batterien deshalb bei Weitem nicht. Zwar finden sie keinen Platz in Sportwagen, dafür kommen sie dort zum Einsatz, wo Lithiumionen-Batterien an ihre Grenzen stossen; etwa als Notstromspeicher für Mobilfunkantennen, im Tunnelbau oder auf Offshore-Plattformen. Statt auf maximale Energiedichte setzt die Technologie auf Sicherheit, Langlebigkeit und einfache Rohstoffe.

Das dafür benötigte Salz bezieht die Saleon AG direkt von den Schweizer Salinen, etwa aus Bex oder Riburg. Tatsächlich handelt es sich dabei um ganz gewöhnliches Tafelsalz. «Das im Gestein eingeschlossene Salz eignet sich besonders gut», erklärt Bayer. «Meersalz enthielte zu viele Verunreinigungen, das würde uns die Chemie durcheinanderbringen.» Man erinnere sich an die vielen Salzstreuer auf den Bürotischen – Werbegeschenke der Schweizer Salzproduzenten.

Das klingt erstaunlich bodenständig für eine Zukunftstechnologie. Und genau diese Bodenständigkeit fasziniert Michael Bayer bis heute. Sie führte ihn vor fünfzehn Jahren von den Grossforschungsanlagen am PSI ins alte Zeughaus nach Meiringen. Für ihn war klar, dass die Energiewende nicht mit nur einer einzigen Batterietechnologie funktioniert. «Man kann nicht alles auf ein Pferd setzen», sagt er. «Also haben wir das andere Pferd gezäumt.»

Von Pinguinen und Wärme aus Salz

Ein bisschen wie verchromte Thermosflaschen schauen sie aus, die Batteriezellen der Firma Saleon. Doch das Stahlgehäuse birgt keinen heissen Kaffee, sondern Salz, Nickel, Keramik und eine Menge Ingenieurskunst. «Solche Zellen halten Tausende Ladezyklen durch und liefern über viele Jahre hinweg wartungsfrei und zuverlässig Strom», sagt Michael Bayer.

Über fünfzehn Jahre Forschung stecken in diesen unscheinbaren Zellen. Ursprünglich war es ein





So funktionieren Salzbatterien

Salzbatterien speichern elektrische Energie mithilfe geschmolzener Salze. Damit die Batterie funktioniert, wird ihr Inneres auf mehrere hundert Grad erhitzt. Ein keramischer Feststoff trennt die beiden Pole und ersetzt den brennbaren Flüssigelektrolyten herkömmlicher Batterien. Die beim Laden und Entladen entstehende Wärme hält das Salz flüssig – dadurch gelten Salzbatterien als besonders sicher und langlebig.

«In der Energiewende kann man nicht alles auf ein Pferd setzen. Also haben wir das andere Pferd gezäumt.»

Michael Bayer, Physiker, Saleon AG

kleines Projekt der Kraftwerke Oberhasli, die neben den grossen Speicherseen in den Berner Alpen auch mit deutlich kleineren Energiespeichern experimentieren wollten: mit Batterien. In einem alten Zeughaus in Meiringen entstand so Schritt für Schritt ein Hot-spot für Salz Batterien inmitten der Schweizer Alpen, aus dem später die Saleon AG hervorging.

Heute arbeitet die Firma nicht mehr nur an einzelnen Batteriezellen, sondern entwickelt komplette Speichersysteme, die sich modular erweitern lassen. «Unsere Batterien werden seriell zu grösseren Einheiten zusammengeschweisst und verkabelt», erklärt Bayer. «Sowohl die elektronische Hardware als auch die Software zur Steuerung der Systeme entwickeln wir inhouse.»

Eine besondere Herausforderung gilt dabei der thermischen Isolation der Batterien. «Wir sind eher eine Technologie mit einem vergleichsweise hohen elektrischen Widerstand», sagt Bayer mit einem Augenzwinkern. Das bedeutet, dass ein Teil der Energie beim Laden und Entladen in Wärme umgewandelt wird.

Diese Wärme ist jedoch kein Nachteil, sondern eine Notwendigkeit. «Damit die Batterie funktioniert, muss das Elektrolytsalz, also das Salzgemisch im Inneren der Batterie, flüssig sein», ergänzt Bayer. Dafür muss sie zunächst auf etwa dreihundert Grad aufgeheizt werden. Sobald sie jedoch im Betrieb ist, liefert der elektrische Widerstand die benötigte Wärme gleich selbst. «Wir haben unsere Module so konzipiert, dass die Wärme genau dort bleibt, wo sie gebraucht wird», sagt der Physiker.

Und weil die Batterien im Betrieb selbst Wärme erzeugen, spielen auch tiefe Aussentemperaturen kaum eine Rolle. «Wo Lithiumbatterien bei Minustemperaturen an ihre Grenzen stossen, fühlen sich unsere Salz Batterien pudelwohl», erklärt Bayer. «Ich vergleiche uns gerne mit den Pinguinen unter den Batterien. Wir sind perfekt an unser Klima angepasst – woanders, etwa in Autos, wäre es uns zu ungemütlich.»

Der Aare entlang und zurück in die Heimat

Oberhalb von Meiringen erhebt sich das Grimselmassiv. Hier entspringt die Aare. Ihr Lauf führt vom wilden Bergbach im rauen Gebirge bis ins Mittelland, wo der Fluss als breiter, grüner Strom gemächlich an

den Grossforschungsanlagen des PSI vorüberzieht. Dort begann Mitte der 2000er-Jahre auch Michael Bayers Weg in die Energieforschung.

Der junge Physiker untersuchte damals Brennstoffzellen, eine Technologie, mit der sich Wasserstoff in elektrischen Strom umwandeln lässt. Dafür nutzte er auch die Schweizer Spallations-Neutronenquelle SINQ. «Mit Neutronen lassen sich selbst kleinste Wassermengen sichtbar machen», erklärt der Physiker. So konnte er während des Betriebs der Zelle beobachten, wie sich das Wasser darin verteilt, wie Stoffe transportiert werden und wie sich die Materialien verändern.

Nebenbei sang er im regionalen Kirchenchor. «Singen ist meine Leidenschaft. Und wenn man aufs Land zieht, dann ist der örtliche Kirchenchor der Ort, wo gesungen wird», sagt Bayer augenzwinkernd. Im Kirchenchor lernte er auch seine Frau kennen. Nach dem Doktorat folgte das Paar der Aare weiter stromaufwärts nach Biel – bis der Ruf nach Meiringen kam, erneut der Aare entlang.

Mit dem Flusslauf veränderten sich auch Bayers Interessen; weg vom Wasserstoff, hin zu robusten Energiespeichern. «Ich kam nicht wegen der Berge hierher, sondern wegen der Technologie», sagt der Physiker. Kalt lässt ihn die Bergwelt trotzdem nicht. Sein Blick schweift zum Fenster hinaus, zu den imposanten Engelhörnern, die wolkenverhangen über Meiringen ragen. Früher erkundete er die umliegenden Pässe mit dem Fahrrad. «Jetzt, mit den zwei Kindern, hat es etwas Staub angesetzt», sagt er und lacht.

Ob Meiringen inzwischen zu seiner Heimat geworden ist? «Sagen wir's mal so: Hier steht das Haus, in dem ich am längsten drin wohne», sagt Bayer mit einem Lächeln. Heimat sei jedoch etwas Subtileres – etwas, das tiefer verankert ist als schöne Berge. Einmal im Jahr zieht es ihn deshalb zurück an den Rand der Schwäbischen Alb, wo er aufgewachsen ist. Während der Fastnacht trägt er dort sein traditionelles «Häs»: einen sogenannten Fransennarr – ein Samtgewand mit Wollfäden, Holzlarve und unzähligen «Wollböbbele» dran. Inzwischen begleitet ihn auch seine Tochter. Zurück zum Brauchtum, das für Michael Bayer vielleicht am ehesten beschreibt, was Heimat für ihn bedeutet. ●

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



Wie werden wir in Zukunft leben? Welche Technologien werden wir nutzen? Wie stellen wir unsere Energieversorgung sicher? Wie bewältigen wir die Klimakrise? Wie treiben wir die Zukunft der Gesundheit voran?

Das PSI ist mit 2300 Mitarbeitenden und einem jährlichen Budget von CHF 450 Millionen das grösste Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Schweiz. Als Teil des ETH-Bereichs ist das PSI ein entscheidender Pfeiler der Schweizer Forschungslandschaft und betreibt Spitzenforschung in den Bereichen Zukunftstechnologien, Energie und Klima, Health Innovation sowie Grundlagen der Natur. Es dient damit der Schweizer Gesellschaft, Wirtschaft und Politik.

Fünf einzigartige Grossforschungsanlagen

Das PSI ist der zentrale Standort der Schweizer Grossforschungsanlagen. Diese stehen der Wissenschaft

wie auch der Industrie zur Verfügung. Rund 3000 Gastforschende sowohl aus der Schweiz als auch aus der ganzen Welt nutzen jährlich die fünf teilchenbeschleunigerbasierten Grossforschungsanlagen des PSI, die in dieser Kombination weltweit einzigartig sind: die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS, den Freie-Elektronen-Röntgenlaser SwissFEL, die Schweizer Myonenquelle μS , die Schweizer Spaltungs-Neutronenquelle SINQ und die Schweizer Forschungsinfrastruktur für Teilchenphysik CHRISP.

Motor für Innovation

Das PSI ist ein wichtiger Arbeitgeber in der Region. Rund ein Viertel der Mitarbeitenden des PSI sind Postdoktorierende, Doktorierende oder Lernende. Damit bringt das PSI hochqualifizierte Fachkräfte für die Wissenschaft und Wirtschaft hervor. Es stärkt die Innovationskraft des Wirtschaftsstandorts Schweiz. Mit der Gründung von Spin-offs transferiert das PSI seine neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse direkt in die Wirtschaft.

**5232 – Das Magazin des
Paul Scherrer Instituts PSI**

Erscheint zweimal jährlich.
Ausgabe #2/2026 (Oktober 2026)
ISSN 2504-2262

Herausgeber

Paul Scherrer Institut PSI
Forschungsstrasse 111
5232 Villigen PSI
www.psi.ch

Redaktionsteam

Martina Gröschl
Christian Heid
Dr. Laura Hennemann (Ltg.)
Dr. Brigitte Osterath
Dr. Gwendolin Schönfeld
Benjamin A. Senn
Dr. Mirjam van Daalen

Art Direction und Design

Studio HübnerBraun

Fotos

Paul Scherrer Institut PSI/
Markus Fischer, ausser:
Seiten 2, 14: Eniwa AG/
Alessandro Della Bella;
Seite 24: DISSCO Dissemination-
Science-Communication;
Seite 25: Pollen Watch;
Seite 39: Adobe Stock/dimazel.

Illustrationen und Grafiken

Studio HübnerBraun, ausser:
Seiten 2, 6 bis 13, 3D-Grafiken:
Paul Scherrer Institut PSI/
Mahir Dzambegovic;
Seiten 3, 16, 3D-Grafik: Jasmin Peter;
Seite 18, 3D-Grafik: Proxima Fusion;
Seiten 20/21: Daniela Leitner;
Seiten 26/27: Paul Scherrer Institut PSI/
Monika Blétry.

Mehr über das PSI lesen Sie auf

www.psi.ch

**5232 ist auch auf Englisch und
Französisch erhältlich**

www.psi.ch/en/5232
www.psi.ch/fr/5232

**5232 kann kostenlos abonniert
werden unter**

www.psi.ch/de/5232



In der nächsten Ausgabe: Weltraumforschung

Das Weltall steckt voller Geheimnisse – von unserem eigenen Sonnensystem bis zu fernen Galaxien und den Rätseln der sogenannten Dunklen Materie. Forschende am PSI nutzen die einmaligen Möglichkeiten der hiesigen Grossforschungsanlagen, um Materialien für wichtige Raumfahrt-Missionen zu testen oder zu entwickeln. In Zusammenarbeit mit der Europäischen Weltraumorganisation ESA werden am PSI entscheidende Bauteile der Raketen vermessen. Und Detektoren, die am PSI entwickelt wurden, sind derzeit unterwegs im All – beispielsweise zur Erforschung der eisigen Monde des Planeten Jupiter. Noch umfassender in Raum und Zeit ist die Teilchenphysik am PSI, die mit weltweit einzigartigen Experimenten an den hiesigen Protonen-, Neutronen- und Myonenquellen unsere Theorien des Universums und des Urknalls ergründet.

5232 – Die Adresse für Forschung

Das Paul Scherrer Institut PSI ist das grösste Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften der Schweiz. 5232 ist die eigene Postleitzahl des Instituts – und der Name des PSI-Magazins. Darin erzählen wir Geschichten aus der Wissenschaft am PSI, berichten von den Menschen, die hier arbeiten, und zeigen, wie aus Forschung Fortschritt entsteht.



5232 Villigen PSI



Paul Scherrer Institut PSI
Forschungsstrasse 111
5232 Villigen PSI, Schweiz
www.psi.ch