

Projekt SLS 2.0



Ein Upgrade von
strategischer Bedeutung

für das Paul Scherrer Institut

SLS 2.0

Das Upgrade der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS

Seit 2001 liefert die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS extrem helles, stark gebündeltes Röntgenlicht. Damit untersuchen Forschende kleinste Strukturen bis auf die Ebene von Atomen und entwickeln neue Medikamente und Materialien. Um auch in Zukunft zur Weltspitze zu gehören, plant das PSI unter dem Namen SLS 2.0 ein Upgrade dieser schweizweit einmaligen Grossforschungsanlage.

Im Ufo-förmigen Gebäude der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS betreiben Forschende des PSI und aus aller Welt Spitzenforschung. Sie untersuchen beispielsweise die elektronischen Eigenschaften neuartiger Materialien, ermitteln die Struktur medizinisch relevanter Proteine und machen den Aufbau eines menschlichen Knochens auf Nanoebene sichtbar. Nach zwei Jahrzehnten Betriebsdauer, in der die SLS im internationalen Vergleich Massstäbe gesetzt hat, soll die Anlage modernisiert werden, damit sie weiterhin den Bedürfnissen der Forschenden gerecht wird.

Um kleinste Strukturen zu untersuchen, benötigen die Forschenden Röntgenlicht mit sehr kurzer Wellenlänge. Dieses wird an der SLS mithilfe von Elektronen, also negativ geladenen Elementarteilchen, produziert. Ein Teilchenbeschleuniger bringt die Elektronen auf beinahe Lichtgeschwindigkeit, bevor sie in einen Speicherring mit einem Umfang von fast 300 Metern geleitet werden – daher auch die kreisrunde Form des Gebäudes. In einem Vakuumrohr, zudem gut abgeschirmt durch dicke Betonmauern, drehen die Elektronen jede Sekunde etwa eine Million Runden im Speicherring.

Magnete lenken die Teilchen auf die Kreisbahn. Bei jedem Richtungswechsel erzeugen die Elektronen Röntgenstrahlung, sogenanntes Synchrotronlicht. Dieses wird gebündelt, bis bei den Experimentierstationen ein sehr intensiver Röntgenstrahl eintrifft. Das Upgradeprojekt SLS 2.0 sieht vor, das Synchrotronlicht

noch heller zu machen und die Strahlen noch enger zu bündeln. Möglich machen das neueste Techniken, die zum Teil am PSI entwickelt wurden.

Synergien optimal nutzen

Mit der bestehenden SLS und dem 2017 in Betrieb genommenen Röntgenlaser SwissFEL haben sich das PSI und die Schweiz eine Vorrangstellung in der Forschung mit Röntgenlicht aufgebaut. Das geplante Upgrade der SLS wird diese Stellung weiterhin erhalten. Dabei ermöglichen die beiden Anlagen unterschiedliche Experimente und ergänzen sich ideal.

Der SwissFEL erzeugt extrem intensive und äusserst kurze Blitze von Röntgenlicht. Damit untersuchen die Forschenden ultraschnell ablaufende Prozesse in Atomen und Molekülen. Die Röntgenlichtpulse sind aber so intensiv, dass sie die meisten untersuchten Proben in kürzester Zeit zerstören. Aufgefangen wird dieses Problem durch Messtechniken, die so schnell sind, dass sie den Zustand noch vor der Zerstörung festhalten.

Mit der SLS hingegen lassen sich Proben über einen längeren Zeitraum üblicherweise zerstörungsfrei beobachten. Bei den meisten Experimenten an der SLS wird ein kontinuierlicher Röntgenstrahl eingesetzt, allerdings sind auch hier zeitaufgelöste Messungen mit gepulster Strahlung möglich, nur sind die Pulse deutlich



Blick in den zu erneuernden Elektronenspeicherring der SLS, gut sichtbar die roten, bisherigen Magnete.



länger und weniger intensiv als beim SwissFEL. Dafür können die Forschenden an der SLS an bis zu 20 Messstationen gleichzeitig arbeiten, während am SwissFEL nur zwei bis drei Experimente parallel möglich sind. So ergänzen sich die Möglichkeiten an diesen beiden Grossforschungsanlagen. Mit der SLS 2.0 werden die Synergien zwischen SwissFEL und SLS noch weiter ausgebaut.

Mehr Magnete, weichere Kurven

Von aussen gesehen wird sich an der markanten SLS-Anlage wenig ändern, doch im Inneren soll der Elektronenspeicherring komplett umgebaut werden. Denn die Qualität des Synchrotronlichts hängt stark von den Details des Elektronenpfads im Speicherring ab. Die Magnete lenken die Teilchen nicht auf eine perfekte Kreisbahn, vielmehr fliegen die Elektronen entlang eines Vielecks. Hat dieses Vieleck mehr Ecken, so entstehen für die Forschung qualitativ bessere Synchrotronstrahlen. Deshalb sollen bei der SLS 2.0 deutlich mehr Magnete als bisher eingebaut werden. Diese leiten die Elektronen auf eine bessere Kreisbahn mit weichen Kurven. Der Elektronenstrahl wird zudem in einer noch schmaleren Metallröhre kreisen als bisher. Dazu braucht es eine neuartige Vakuumtechnik.

Die im Rahmen des Umbaus getroffenen Massnahmen sollen dazu führen, dass der Synchrotronstrahl, der schliesslich bei den Experimentierstationen der SLS ankommt, bis 40-fach bessere Werte aufweist als der aktuelle. Weitere Verbesserungen an den Strahllinien können in bestimmten Fällen die sogenannte Brillanz um den Faktor tausend verbessern. Dies meint: Der Durchmesser des Strahls schrumpft, der Strahl wird also bei gleichbleibender Intensität noch feiner. Und er wird zudem über eine noch längere Strecke in sich selbst parallel bleiben, was bedeutet, dass sich der Strahl selbst nach mehreren Metern kaum aufgeweitet hat. Die Datenqualität verbessert sich so je nach Experiment um das 3- bis 1000-Fache oder noch mehr.

Beispielhafte Anwendungen

der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS

Mithilfe von Synchrotronlicht lassen sich die Struktur von Proteinen aufklären, feinste Gewebestrukturen abbilden und Fragen der Grundlagenforschung beantworten. Die SLS 2.0 wird noch tiefere Einsichten liefern und die Arbeit der Forschenden effizienter machen.



An der SLS wird hochmoderne Forschung betrieben. Das Upgrade SLS 2.0 stellt sicher, dass die Grossforschungsanlage eine brillante Zukunft hat.

Massgeschneiderte Medikamente

Forschende entschlüsseln mithilfe der SLS die räumliche Struktur von grossen Biomolekülen, die in unserem Körper an allen Lebensfunktionen beteiligt sind, wie Proteine oder die Erbsubstanz DNA. Dazu müssen sie Kristalle der Moleküle herstellen. Trifft das Röntgenlicht auf einen Kristall, entsteht ein Beugungsmuster, aus dem sich die Struktur des jeweiligen Moleküls berechnen lässt. Die PSI-Gruppen für Makromolekül-Kristallografie zählen zu den weltweit erfolgreichsten auf diesem Gebiet und lieferten beispielsweise entscheidende Daten,

die zur Entschlüsselung der Struktur des Ribosoms führten. Im Jahr 2009 wurde diese Forschung mit dem Chemie-Nobelpreis ausgezeichnet. Das Ribosom ist eines der grössten und wichtigsten Moleküle in den Zellen aller Lebewesen, das für die Neubildung von Proteinen verantwortlich ist.

Die Struktur von Proteinen aufzuklären, ist auch wichtig für Medizin und Pharmaindustrie, da viele Krankheiten auf Fehlfunktionen dieser Biomoleküle beruhen. Besonders interessant sind für die Forschenden sogenannte Membranproteine. Diese sitzen in der Zellhülle und sind für den Transport von Chemikalien und

Signalen in und aus der Zelle zuständig. Wirkstoffe, die an Membranproteine andocken, können Krankheiten wie Krebs, Infektionen oder Entzündungen bekämpfen. Zwei Drittel aller neu zugelassenen Medikamente zielen auf Membranproteine, um darüber gewünschte Veränderungen im Körper hervorzurufen.

Je besser ein Wirkstoffmolekül in die Bindungstasche eines Membranproteins passt, umso schneller und effektiver ist das Medikament. Doch so gut die jetzige SLS darin ist, viele andere Proteinstrukturen aufzuklären – und so den Entwicklern von Pharmazeutika die nötigen Informationen an die Hand zu geben –, so schwer tut sie sich noch mit bestimmten Membranproteinen. Denn diese bilden notorisch winzige Proteinkristalle von rund einem zehntausendstel Millimeter oder noch kleiner. Um diese effizient zu untersuchen, braucht es einen intensiven und entsprechend schmalen, in sich parallel verlaufenden Röntgenstrahl. Genau dies sieht das Upgrade vor: Es wird das Röntgenlicht noch «heller und sauberer» machen.

3-D-Bilder von winzigsten Details

Wie mit einem Computertomografen im Spital lassen sich an der SLS 3-D-Bilder vom Inneren von Objekten aufnehmen, ohne diese aufzuschneiden. Doch während die kleinsten Details auf den medizinischen Röntgenbildern einen Durchmesser von einem halben Millimeter haben, liefert die Messstation an der SLS eine tausendmal bessere Auflösung von weniger als einem Mikrometer. So lassen sich beispielsweise winzige Veränderungen in der Struktur von Hirngewebe untersuchen, die mit Krankheiten wie Alzheimer, Creutzfeldt-Jakob oder Amyotropher Lateralsklerose (ALS) in Zusammenhang stehen könnten.

Sogar 3-D-Bilder von sich bewegenden Objekten sind möglich. Für besonderes Aufsehen sorgte 2014 ein Film, der das Innere von fliegenden Insekten zeigte. Bei den zeitaufgelösten Aufnahmen in diesem Grössenbereich hält die SLS mit mehreren hundert Tomogrammen pro Sekunde einen Weltrekord. Mit der SLS 2.0

sollen die Röntgenaufnahmen noch schneller und präziser werden, sodass bewegte Objekte bis in den Nanometerbereich sichtbar werden. Dies wird neue Experimente und Erkenntnisse ermöglichen, zum Beispiel in der Energieforschung mit dem Blick ins Innere einer laufenden Brennstoffzelle.

Mit einem anderen bildgebenden Verfahren können die Forschenden bereits heute in Objekte, die mehrere Mikrometer oder Millimeter gross sind, hineinzoomen, bis zu einer Auflösung von wenigen Nanometern. Diese Methode, die ohne Linse auskommt, erzeugt von einer Probe Hunderte von überlappenden Streubildern. Daraus rekonstruiert ein Algorithmus das Objekt. Dass diese Methode mit Röntgenstrahlen funktioniert, wurde 2007 am PSI erstmals gezeigt, bei der Weiterentwicklung des Verfahrens sind die Forschenden in Villigen Weltspitze. Damit lassen sich beispielsweise Computerprozessoren bis ins kleinste Detail studieren. Die Methode eignet sich aber auch, um biologische Proben wie Hirngewebe zu untersuchen und so unter anderem Parkinson zu erforschen. Bei Blutgefässen lassen sich damit altersbedingte Abbauprozesse studieren, die zu gefährlichen Rissen der Gefässwand führen können. Bei Diabetes wiederum können die Forschenden beobachten, welche Auswirkungen die Krankheit auf das Bindegewebe hat. Die SLS 2.0 wird dieses Verfahren noch hochauflösender und um mehrere Grössenordnungen schneller machen.

Exotische Materialien für die Elektronik der Zukunft

Mit der SLS kann man in Materialien hineinblicken und den Elektronen beim Fließen zuschauen, also beispielsweise Experimente am «lebenden Transistor» durchführen. Auf diese Weise zeigten PSI-Forscher, wie sich ein Bauelement aus Galliumnitrid, das bereits in Smartphones verwendet wird, weiter verbessern lässt. Sie untersuchen aber auch exotische Materialien mit völlig neuartigen Eigenschaften. Das Verständnis der fundamentalen

physikalischen Phänomene soll unter anderem helfen, bessere Materialien für die Elektronik und Informationstechnologie zu entwickeln. Ziel ist es, eine auch in Zukunft immer dichtere und schnellere Speicherung sowie Datenübertragung zu erhalten und den Energieverbrauch der elektronischen Bauteile zu senken.

Bei einem besonderen Kristall aus Aluminium- und Platinatomen wiesen PSI-Forscher nach, dass es sich dabei um ein Material mit bislang nie gesehenen elektronischen Eigenschaften handelt, die zudem im Inneren des Kristalls anders sind als an seiner Oberfläche. Damit gehört die untersuchte Probe zur Klasse der sogenannten topologischen Materialien, die sich möglicherweise für den Bau von schnellen Quantencomputern eignet. Interessant sind aber auch Verbindungen aus bestimmten Metallatomen und Sauerstoff, sogenannte Übergangsmetalloxide. Darunter gibt es gute Kandidaten für besonders verlässliche Transistoren oder Supraleiter, die den Strom beim Unterschreiten einer bestimmten Temperatur verlustfrei leiten.

In der Untersuchung neuer Materialien zählen die PSI-Forschenden zu den Pionieren beim Einsatz einer modernen Methode, die sich zurzeit rasant weiterentwickelt: Bei der sogenannten inelastischen Röntgenstreuung, kurz RIXS, regen die Röntgenstrahlen in den Materialproben Übergänge zwischen verschiedenen elektronischen Zuständen an. Diese geben Aufschluss über wichtige Prozesse, die beispielsweise der Supraleitung oder dem Magnetismus zugrunde liegen. Sowohl RIXS als auch die übrigen Methoden zur Materialuntersuchung werden vom Upgrade der SLS stark profitieren. Weil der Elektronenstrahl im Speicherring eine kleinere horizontale Ausdehnung hat und sich besser ausrichten lässt, lassen sich Strahllinien mit extrem hoher Energieauflösung bauen, die die Empfindlichkeit solcher Methoden erheblich steigern werden.

Effizientere Katalysatoren

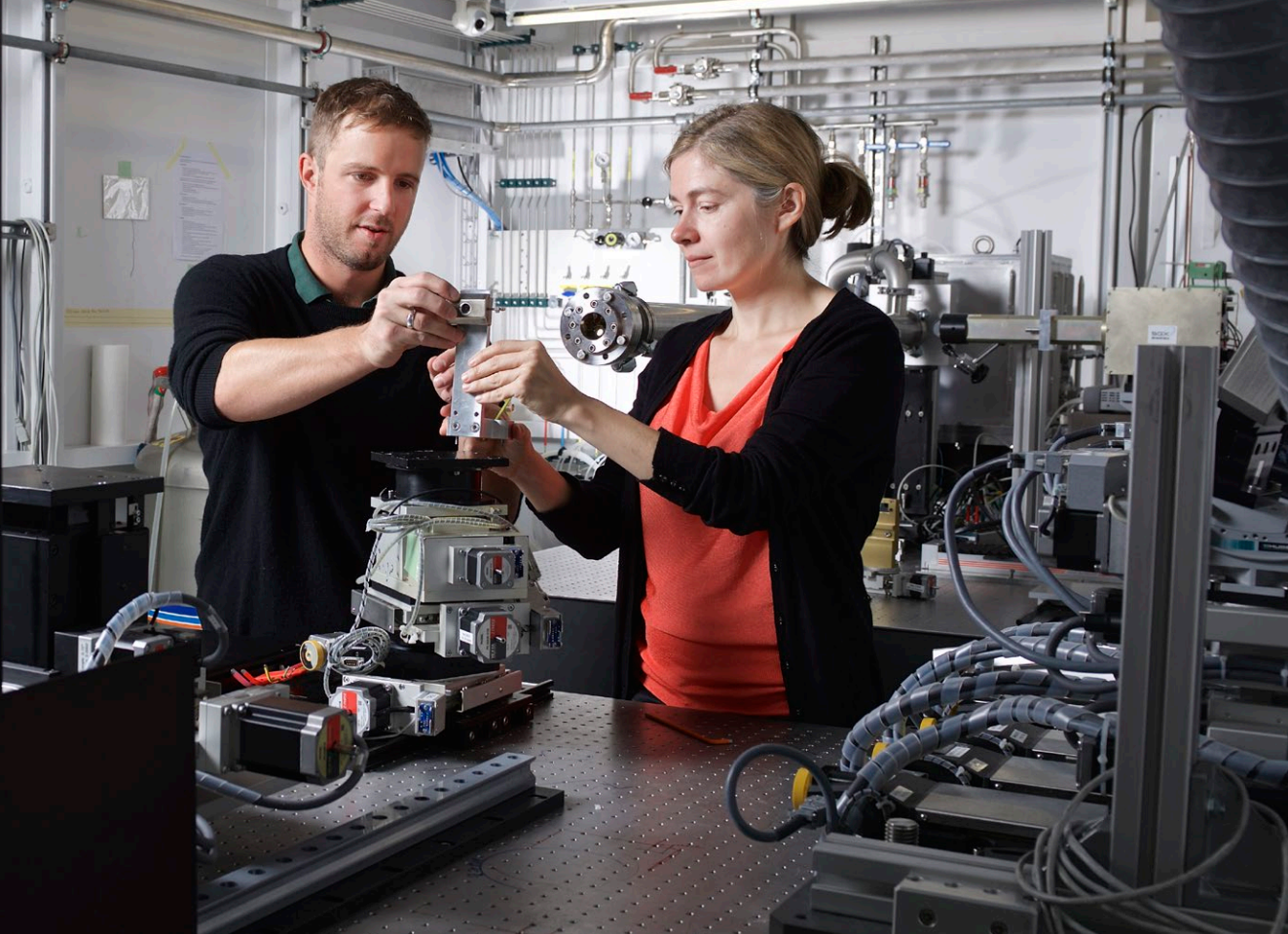
Bei der Entwicklung technologischer Lösungen für die Energiezukunft spielen Katalysatoren

Mit dem Röntgenlicht der SLS untersuchen Forschende unter anderem Katalysatoren: Materialien, die chemische Reaktionen beschleunigen oder erst in Gang bringen.

eine wichtige Rolle, zum Beispiel bei der Speicherung von Sonnenenergie in Form von Wasserstoff. Dabei wird mithilfe des Solarstroms in einem sogenannten Elektrolyseur Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Bei der Entwicklung neuer Katalysatoren verzeichnen PSI-Forschende immer wieder Erfolge. Die SLS eignet sich besonders gut für die Untersuchung von katalytischen Prozessen. Die hohe Energie der Röntgenstrahlung erlaubt es, den Reaktor mit Katalysator unter realen Bedingungen zu durchleuchten.

So halfen Untersuchungen an der SLS einer Gruppe von Forschenden herauszufinden, wie die Struktur eines neuen Nanomaterials aussehen sollte, damit dessen katalytische Eigenschaft aktiv wird. Nach drei Jahren Forschung und etlichen, an der SLS durchgeführten Studien gelang es ihnen, ein Nanomaterial zu entwickeln, das die Aufspaltung der Wassermoleküle effizient beschleunigt und zudem tausendmal billiger ist als ein vergleichbares Material.

Das Upgrade der SLS wird es ermöglichen, eine neue Untersuchungstechnik anzuwenden, die



zusätzliche Informationen über die geometrische Struktur des Materials liefert. Zudem werden die Forschenden ihre Messungen schneller durchführen können. Von diesen Neuerungen erhoffen sie sich weitere wichtige Entwicklungsschritte.

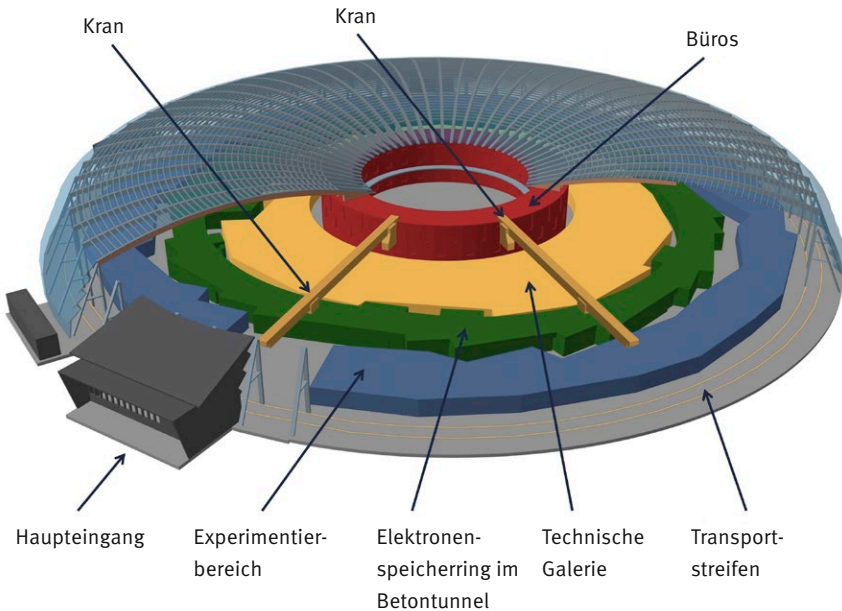
Moderne Herstellungsverfahren verbessern

Experimente mit der SLS helfen auch bei der Weiterentwicklung moderner, industrieller Fertigungsverfahren wie beispielsweise dem 3-D-Druck von Metallbauteilen mithilfe von selektivem Laserschmelzen. Bei diesem sogenannten additiven Herstellungsprozess werden Metallpulver schichtweise aufgetragen und mit dem Laser selektiv geschmolzen, so wie es ein 3-D-Computermodell vorgibt. Das Verfahren eignet sich vor allem für Prototypen, Werkzeuge und Bauteile mit hochkomplexen Geometrien und gilt als besonders zukunftsträchtig. Trotz wesentlicher Fortschritte in den letzten Jahren ist jedoch noch unklar, wie sich die

vielen verschiedenen Prozessparameter auf die endgültige Mikrostruktur und damit die Materialeigenschaften auswirken. Forschende am PSI entwickelten eine Apparatur, mit der sie den Druckprozess live verfolgen können. Sie bauten eine Mini-Anlage für selektives Laserschmelzen und installierten diese an einer der Experimentierstationen der SLS. Weil sich mithilfe der Röntgenstrahlen gleichzeitig strukturelle und chemische Eigenschaften bestimmen lassen, konnten die Forschenden genau beobachten, was während des 3-D-Drucks einer Titan-Aluminium-Legierung geschah.

Diese für die Industrie relevante Forschung wird vom Upgrade der SLS besonders profitieren. Denn die Modernisierung wird eine um Größenordnungen bessere räumliche und zeitliche Auflösung der beobachtbaren Prozesse bringen. Der technische Fortschritt wird es den Forschenden ermöglichen, die Messungen viel schneller oder genauer durchzuführen. Dank der energiereicheren Röntgenstrahlen werden sie noch tiefer in die Materialien hineinblicken können.

Geplanter Ausbau und Funktion



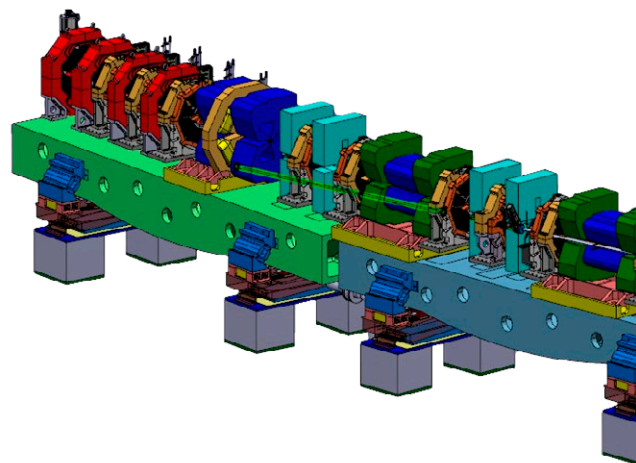
Das Ufo-förmige Gebäude mit Haupteingang (dunkelgrau) und Büros (rot) bleibt bei der Modernisierung erhalten.

Umbauten gibt es innerhalb der technischen Galerie (gelb) sowie im Experimentierbereich (blau). Die Strahllinien im Experimentierbereich müssen während der Erneuerung abgebaut und zum Teil leicht verschoben wieder neu aufgebaut werden.

Ein zweiter Kran (ocker) soll zum bisherigen hinzukommen und schnellere Montagen ermöglichen.

Völlig erneuert wird der Elektronenspeicherring im Beschleunigtunnel (grün).

Das kreisrunde Gebäude der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS bleibt bei der Modernisierung der Anlage bestehen. Umgebaut wird der Speicherring im Betontunnel, der in der Mitte des Gebäudes über fast 300 Meter verläuft. Von sich aus würden Elektronen geradeaus fliegen, doch im Speicherring zwingen Magnete die ultraschnellen Teilchen auf eine Kreisbahn. Dabei erzeugen sie bei jedem Richtungswechsel Röntgenstrahlung – das Synchrotronlicht. Beim Umbau werden die bestehenden Magnete im Speicherring durch eine neue Konfiguration mit mehr, kleineren und neuartigen Magneten ersetzt, um die Elektronen auf eine bessere Kreisbahn mit weicheren Kurven zu führen. So lässt sich ein hellerer Strahl erzeugen. Insgesamt 1007 Magnete werden im Speicherring der SLS 2.0 verbaut. Damit die Magnete näher an die Elektronen heranrücken können, wird auch die Metallröhre, in der die Teilchen zirkulieren, durch eine neue, schmalere ersetzt. Deren innerer Durchmesser wird nur knapp zwei Zentimeter betragen.



Der kleinere Durchmesser bedingt eine neue Vakuumtechnik, denn mit den bisherigen Pumpen lässt sich kein ausreichend gutes Vakuum erreichen; ein Phänomen, das nachvollziehen kann, wer schon einmal durch einen Strohhalm getrunken hat: Je dünner der Halm, desto stärker muss man ziehen. Eine neuartige Beschichtung an der Innenseite der Metallröhre nimmt die Gasatome auf – so ähnlich wie ein Schwamm, der Wasser aufsaugt. Dieses sogenannte «Non-evaporable getter coating» ist nur etwa 0,5 Mikrometer dünn, hält aber zwanzig Jahre.

Die bestehende SLS ist eine Synchrotronquelle der dritten Generation. Mit der kommenden Magnetanordnung wird die SLS 2.0 der vierten und damit neuesten Generation dieser Anlagen angehören, den sogenannten «Diffraction-Limited Storage Rings», kurz DLSRs. Zwar ist der Speicherring am PSI im internationalen Vergleich eher klein, doch dank der neuartigen Techniken wird die SLS 2.0 ähnlich leistungsfähig sein wie die anderen DLSR-Synchrotrons, die jetzt weltweit in Betrieb gehen.

Eines von zwölf gleichartigen Teilen im Speicherring der SLS 2.0.

Die Magnete sind auf Trägern montiert, die von Betonsockeln getragen werden, um maximale Stabilität zu erreichen.

Blaue Magnete: Ablenkmagnete

Dipolmagnete lenken die Elektronen so ab, dass sie nicht geradeaus, sondern auf einer Kreisbahn fliegen. Neu werden dies ultrastarke Dauermagnete aus Neodym-Eisen-Bor sein. Diese sind kompakter als die heutigen Elektromagnete.

Magnet auf violetterem Sockel: Supraleiter-Magnet

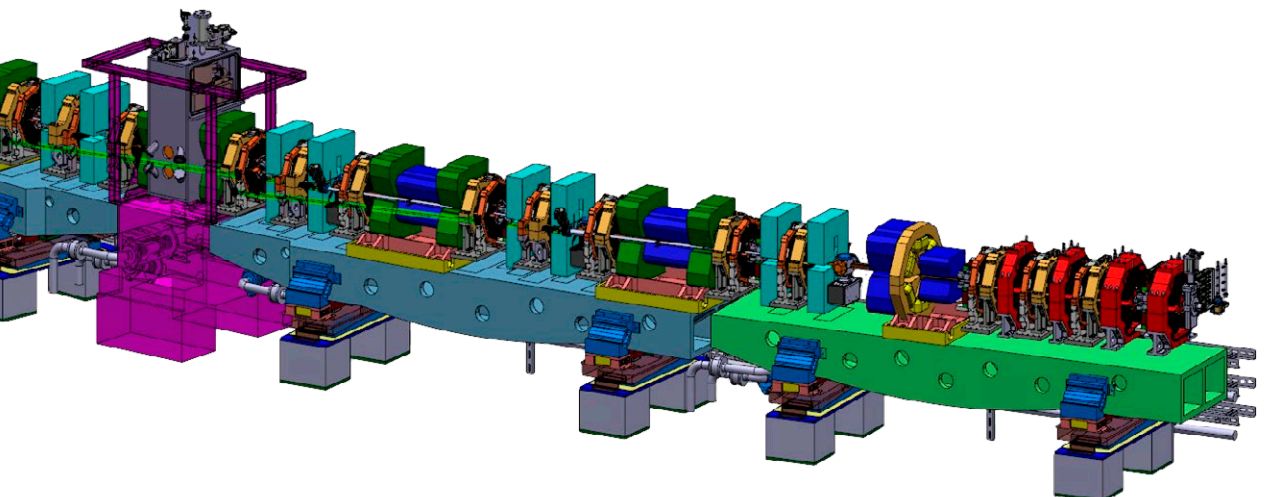
Jeweils einer von sieben Ablenkmagneten wird neu aus supraleitendem Material bestehen. Dieser erzeugt ein stärkeres Magnetfeld und damit härtere Röntgenstrahlen, die tiefer in Proben eindringen. Die Supraleiter-Magnete müssen auf $-268,5\text{ °C}$ gekühlt werden.

Rote Magnete: Quadrupol-Magnete

Magnete mit vier Polen fokussieren den Elektronenstrahl. Um Platz zu sparen, werden viele davon ebenfalls Dauermagnete sein.

Cyanfarbige Magnete: Nach aussen ablenkende Magnete

Diese Magnete tragen dazu bei, die Helligkeit des Synchrotronlichts zu steigern – eine Technik, die am PSI entwickelt wurde.



Über die Grenzen des heute Möglichen

In den letzten 16 Jahren (2004–2019) verzeichnete die SLS mehr als 47 000 Besuche von 23 661 Forschenden aus aller Welt. Rund 11 000 Forschungsanträge wurden in diesem Zeitraum eingereicht. Für die Forschung in der Schweiz ist die zuverlässige Grossanlage eine äusserst wertvolle Ressource, zum Beispiel in der Strukturbio­logie, wie sie an der ETH Zürich die Gruppe um den renommierten Molekularbiologen Nenad Ban betreibt. Das Team untersucht die Struktur und Funktion von biologischen Molekülen, um unter anderem Prozesse zu verstehen, die uns gesund halten oder krank machen.

Nenad Ban freut sich auf das Upgrade, bei dem die Helligkeit des Röntgenstrahls entscheidend erhöht wird. Besonders wichtig ist für den Molekularbiologen aber, dass der Strahl noch besser parallel gebündelt ist. Denn es gibt viele schwer fassbare, biologische Moleküle, die sich bisher der Untersuchung widersetzt haben. Von solchen Proben lassen sich oft kaum Kristalle züchten, die gross genug sind für eine Strukturbestimmung mittels der bisherigen Röntgenkristallografie.

«Wir und weltweit alle Forschenden im Bereich Strukturbio­logie, die anreisen, um an der SLS 2.0 Daten zu sammeln, werden von diesem Upgrade profitieren.»

Prof. Nenad Ban, Institut für Molekularbiologie und Biophysik, ETH Zürich

Die neuen Röntgenstrahleigenschaften an den Experimentierstationen der SLS 2.0 werden es ermöglichen, sehr viel kleinere Kristalle zu untersuchen als bisher. Dies ist nicht nur für die Grundlagenforschung, sondern auch für Pharmaunternehmen ein grosser Fortschritt. Schon

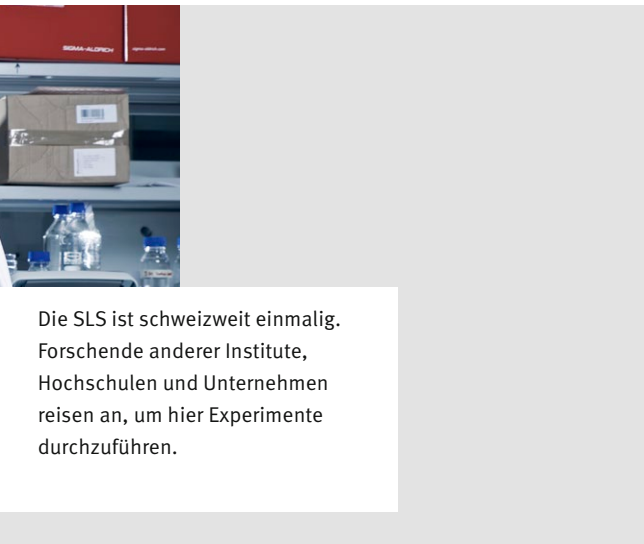


bisher hat sich die Industrie direkt an der SLS beteiligt. So wurde eine Strahl­linie zur einen Hälfte von Novartis und Hoffmann-La Roche finanziert, zur anderen durch die deutsche Max-Planck-Gesellschaft. Eine weitere Strahl­linie realisierte das PSI gemeinsam mit schweizerischen und ausländischen Pharmafirmen. Mit der SLS 2.0 wollen die Forschenden von Novartis nicht nur die Struktur von immer kleineren Kristallen aufklären, sondern auch sogenannte serielle Kristallografie betreiben. Damit werden Messungen von vielen winzigen Kristallen zu einem Datensatz kombiniert. Dank des Upgrades wird die SLS auch in Zukunft ein wichtiges und oft auch unverzichtbares Werkzeug für Industrie­anwendungen bleiben.

«Das geplante Upgrade wird ein wichtiger Beitrag sein, die Grenzen des heute Möglichen weiter zu verschieben.»

Dr. Trixie Wagner, Gruppenleiterin, Novartis Institutes for Biomedical Research (NIBR)

Fabia Gozzo gründete 2012 das Start-up Excelsus mit Sitz im Park innovaare neben dem PSI. Excelsus hat mit dem PSI eine Vereinbarung zur kommerziellen Nutzung einer SLS-Strahllinie. Hier kontrollieren Gozzo und ihre Mitarbeiter-



Die SLS ist schweizweit einmalig. Forschende anderer Institute, Hochschulen und Unternehmen reisen an, um hier Experimente durchzuführen.

den im Auftrag von Industriekunden die Qualität von Medikamenten, Lebensmitteln und Chemikalien. Die verwendete Methode, die sogenannte Pulverbeugung, ist sehr schnell und wird nach dem Upgrade nochmals deutlich schneller. Für bestimmte Untersuchungen braucht es aber besonders energiereiche Röntgenstrahlen, die an der SLS zurzeit nicht erzeugt werden können. Dazu muss Gozzo auf Anlagen in Grossbritannien oder der USA ausweichen, was teuer und zeitaufwendig ist. Nach dem Upgrade sollte dies nicht mehr nötig sein, da die SLS 2.0 dann auch sogenannte härtere, also energiereiche Röntgenstrahlen liefern wird.

«Wenn durch das Upgrade Röntgenstrahlung mit höherer Energie verfügbar wird, können wir all unsere Aktivitäten auf die SLS konzentrieren und andere Anlagen nur noch als Back-up-Lösungen verwenden.»

Dr. Fabia Gozzo, CEO,
Excelsus Structural Solutions

Viele Gastforschende reisen regelmässig aus dem Ausland zu Messungen an die SLS, darunter auch Marianne Liebi von der Chalmers University of Technology in Schweden, die ihre Messungen hauptsächlich an der SLS durchführt, weil sie da die besten Bedingungen vorfindet. Sie untersucht beispielsweise Kollagenfasern in Knochen und schaut sich dabei mithilfe der Röntgentechnik an, wie diese auf Nanometerebene organisiert sind. Von der SLS 2.0 erhofft sich die Forscherin eine noch bessere Auflösung ihrer Bildgebungstechnik. Zudem sollten die Messungen deutlich schneller werden.

«Nach dem Upgrade werden wir in der gleichen Zeit mehr Proben messen können, was momentan einer der limitierenden Faktoren bei unseren Untersuchungen ist.»

Prof. Marianne Liebi, Chalmers University
of Technology, Göteborg, Schweden

Um im internationalen Vergleich weiterhin bestehen zu können, ist das Upgrade der SLS entscheidend – trotz oder gerade wegen des am PSI im Jahr 2016 fertiggestellten Röntgenlasers SwissFEL. Majed Chergui von der ETH Lausanne führt hier Experimente durch, die beispielsweise zeigen, wie der Austausch von elektrischen Ladungen im menschlichen Körper funktioniert und wie man die Effizienz von Solarzellen steigern könnte. Die Röntgenblitze des SwissFEL decken ultraschnelle Prozesse auf. Diese Messungen sind kaum sinnvoll oder gar nicht möglich ohne vorhergehende Tests an einer Synchrotronquelle wie der SLS. Zudem lassen sich mit der SLS etwas längere – wenn auch immer noch winzige – Zeiträume verfolgen, wozu der SwissFEL nicht geeignet ist.

«Neben Experimenten am SwissFEL werden wir auch in Zukunft Messungen an der SLS durchführen. Beide Anlagen an diesem Standort sind wichtig und ergänzen sich optimal.»

Prof. Majed Chergui, Labor für
ultraschnelle Spektroskopie LSU, ETH Lausanne

Technische Daten der SLS 2.0

Umfang des Speicherrings:

288 Meter (wie bisher)

Anzahl Magnete:

1007 (bisher 388)

Innerer Durchmesser Strahlrohr:

18 Millimeter (bisher 64 x 32 Millimeter)

Elektronenenergie:

2,7 Gigaelektronenvolt (bisher 2,41 Gigaelektronenvolt)

Maximale Photonenergie:

80 Kiloelektronenvolt (bisher 45 Kiloelektronenvolt)

Strahlqualität:

Bis 40-fach besser als bisher.

An bestimmten Strahllinien bis zu 1000-fach höhere Brillanz.

Messdauer und Datenqualität:

Je nach Experiment werden die Messungen schneller oder die Datenqualität 3- bis mehr als 1000-fach besser als bisher.

Für Experimente nutzbare Zeit:

Jährlich circa 220 Tage im 24-Stunden-Betrieb (wie bisher)

Planungsphase SLS 2.0:

2017 bis 2020

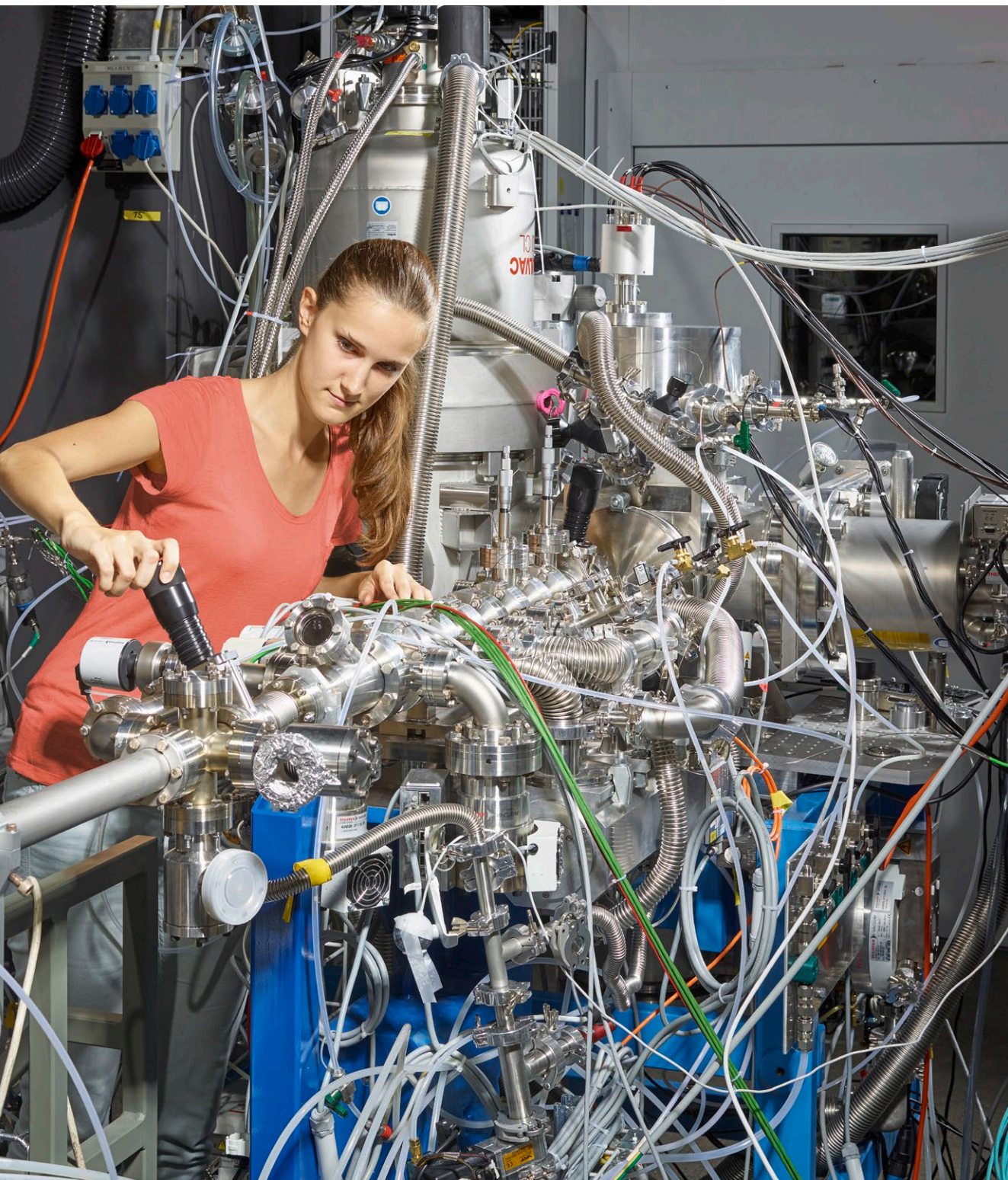
Umbau:

2021–2024. Zunächst werden die neuen Komponenten beschafft und vorbereitet. Danach wird der Speicherring abgeschaltet, abgebaut und neu aufgebaut. So geht die SLS für eine möglichst kurze Dauer ausser Betrieb. 2024 soll die neue Inbetriebsetzung beginnen.

Kosten:

Insgesamt rund 167 Millionen Franken. Beim Bund beantragt wurden 98,7 Millionen Franken. Das PSI veranschlagt 17 Millionen Franken für Hardware und Dienstleistungen sowie 51 Millionen Franken Lohnkosten während Planung und Umbau.





Das Paul Scherrer Institut PSI aus der Vogelperspektive. Das kreisförmige Gebäude westlich der Aare ist die Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS.



Das PSI in Kürze

Das Paul Scherrer Institut PSI ist ein Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften. Am PSI betreiben wir Spitzenforschung in den Bereichen Zukunftstechnologien, Energie und Klima, Health Innovation und Grundlagen der Natur. Durch Grundlagen- und angewandte Forschung arbeiten wir an nachhaltigen Lösungen für zentrale Fragen aus Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft. Das PSI entwickelt, baut und betreibt komplexe Grossforschungsanlagen. Jährlich kommen mehr als 2500 Gastwissenschaftler aus der Schweiz, aber auch aus der ganzen Welt zu uns. Genauso wie die Forscherinnen und Forscher des PSI führen sie an unseren einzigartigen Anlagen Experimente durch, die so woanders nicht möglich sind. Die Ausbildung von jungen Menschen ist ein zentrales Anliegen des PSI. Deshalb sind etwa ein Viertel unserer Mitarbeitenden Postdoktorierende, Doktorierende oder Lernende. Insgesamt beschäftigt das PSI 2200 Mitarbeitende. Damit sind wir das grösste Forschungsinstitut der Schweiz.

Impressum

Konzeption/Redaktion

Paul Scherrer Institut

Fotos

Alle Fotos Markus Fischer, PSI
ausser

Titelseite H. R. Bramaz

Seite 13 Scanderbeg Sauer

Photography

Gestaltung und Layout

Monika Blétry, PSI

Druck

Paul Scherrer Institut

Zu beziehen bei

Paul Scherrer Institut
Events und Marketing
5232 Villigen PSI, Schweiz
Telefon +41 56 310 21 11

Villigen PSI, März 2020

Weitere Auskünfte zur SLS 2.0

Projektleiter SLS 2.0

Dr. Hans-Heinrich Braun

Tel. +41 56 310 32 41

hans.braun@psi.ch

Wissenschaftlicher Koordinator und Projektleiter

Wissenschaftsprogramm Photonik

Prof. Dr. Philip Willmott

Tel. +41 56 310 51 26

philip.willmott@psi.ch

Projektleiter Beschleuniger

Dr. Terence Garvey

Tel. +41 56 310 46 37

terence.garvey@psi.ch

Leiterin Abteilung Kommunikation

Dr. Mirjam van Daalen

Tel. +41 56 310 56 74

mirjam.vandaalen@psi.ch

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

