

# Profiter encore plus du soleil = Die Sonne noch besser nutzen

Autor(en): **Hengsberger, Cynthia**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **108 (2017)**

Heft 10

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-791354>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# dossier.

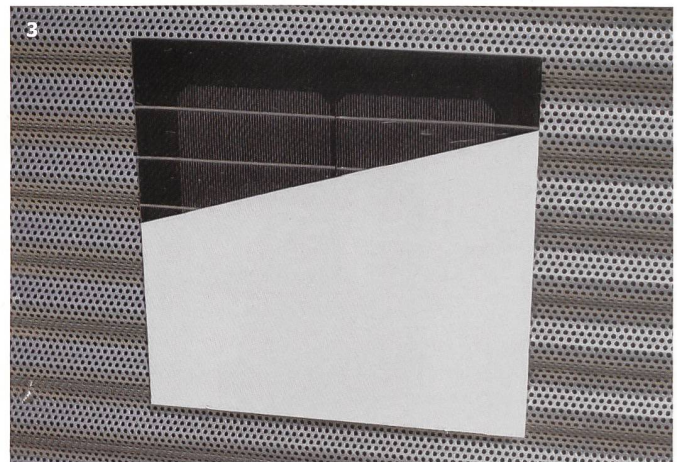
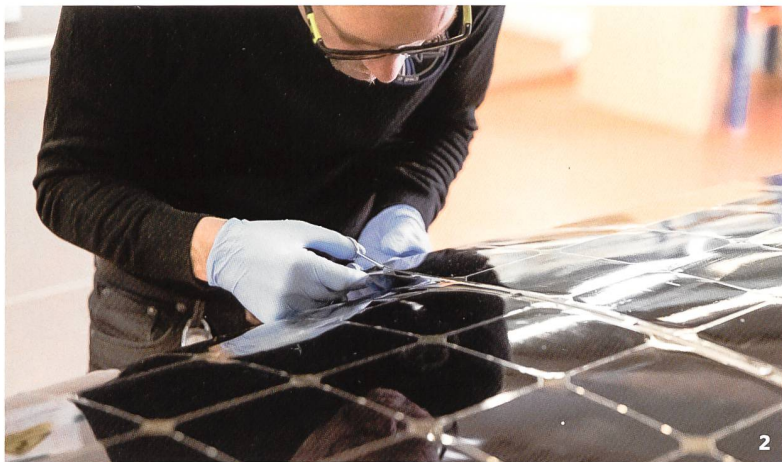
## Profiter encore plus du soleil

**Une source inépuisable d'inspiration** | Discrets ou élégants, les panneaux photovoltaïques deviennent des éléments de construction à part entière. Les diverses technologies de stockage permettent en outre d'augmenter l'autoconsommation.

## Die Sonne noch besser nutzen

**Eine unerschöpfliche Quelle der Inspiration** | Unaufdringlich oder elegant - Photovoltaikmodule werden vollwertige Bauelemente. Mithilfe der verschiedenen Speichertechnologien kann zudem der Eigenverbrauch gesteigert werden.





**1** Les cellules bifaciales qui composent cette façade photovoltaïque semi-transparente bénéficient d'une face arrière capable de convertir également la lumière réfléchie par l'enveloppe du bâtiment en électricité.

Bei den zweiseitigen Solarzellen auf dieser halbtransparenten Photovoltaik-Fassade ist auch die Rückseite in der Lage, das von der Gebäudehülle reflektierte Licht in Strom umzuwandeln.

**2** Les cellules solaires qui équipent l'avion SolarStratos, le nouveau projet de l'écoexplorateur Raphaël Domjan, doivent pouvoir résister aux conditions extrêmes d'un vol dans la stratosphère.

Die Solarzellen im Fluggerät SolarStratos, dem neuen Projekt des Öko-Abenteurers Raphaël Domjan, müssen den Extrembedingungen eines Fluges in die Stratosphäre trotzen können.

**3** Un film particulièrement transparent au rayonnement infrarouge est appliqué sur les modules en silicium cristallin standard en vue d'obtenir des panneaux photovoltaïques blancs parfaitement uniformes et sans contacts apparents.

Eine für Infrarotstrahlung besonders durchlässige Folie wird auf die Standardmodule aus kristallinem Silizium aufgebracht, um weisse Photovoltaik-Module zu erhalten, die vollkommen einheitlich sind und keine Kontaktstellen aufweisen.



TEXTE CYNTHIA HENGSBERGER

**C**ontrairement à certaines idées reçues, la Suisse dispose d'un important potentiel solaire. «Si l'on recouvrait de panneaux photovoltaïques (PV) l'ensemble des toitures et façades bien exposées ainsi que les bords de route et de voies de chemin de fer, il serait techniquement possible de produire, sans impacter le paysage, l'équivalent de près de 75% de l'électricité consommée annuellement en Suisse», explique Christophe Ballif, professeur, directeur du PV-Lab à l'EPFL ainsi que du PV-center du CSEM. «Mais restons réalistes. De nombreuses études montrent qu'avec ses barrages et son réseau électrique, notre pays bénéficie d'une infrastructure se prêtant bien à accueillir une production photovoltaïque de l'ordre de 20% de nos besoins annuels en électricité, moyennant bien entendu quelques adaptations locales et une gestion différente de l'offre et de la demande», continue-t-il.

Ce chiffre correspond d'ailleurs à l'objectif à atteindre dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050. D'ici là, il faudra cependant encore fournir quelques efforts. En 2016, la production PV ne s'élevait en Suisse qu'à 2,27% de la consommation nationale. Mais comment convaincre les différents acteurs, qu'ils soient propriétaires immobiliers, architectes, chefs d'entreprise ou politiciens, de franchir le pas?

### Juste une question de prix ?

«Je crois que la population est de mieux en mieux sensibilisée aux défis à venir et qu'elle est prête à investir. Il reste à savoir quand elle le fera. Les prix des installations photovoltaïques continueront à baisser et, s'il remonte à un niveau raisonnable, le prix de base de l'électricité sur les marchés internationaux influencera favorablement le temps de retour sur investissement. D'un autre côté, les mesures incitatives disparaîtront: la rétribution à prix coûtant pour les nouveaux systèmes dès 2022 et la rétribution unique en 2030», explique Christophe Ballif. «Personnellement, je pense que pour motiver les gens, il faut de nombreux exemples d'architectures solaires et de belles intégrations aux bâtiments, mais aussi la réalisation de projets un peu fous, tels que Solar Impulse ou SolarStratos», continue-t-il.

La Suisse est douée en matière d'innovation dans des nouveaux produits photovoltaïques. Les centres de l'EPFL et du CSEM à Neuchâtel travaillent par exemple non seulement sur l'amélioration de l'efficacité et la baisse des coûts des panneaux, mais aussi, avec divers partenaires, sur des tuiles solaires ou sur des solutions spectaculaires comme les panneaux solaires blancs. «Je suis certain qu'un jour, le solaire fera partie de tout bâtiment et que de nombreux citoyens et collectivités seront prêts à dépenser un peu plus pour de beaux systèmes. Tout le monde n'achète pas non plus la voiture, la maison ou la montre la moins chère», conclut-il.

### Le pouvoir de séduction des nouveaux panneaux photovoltaïques

Pour convaincre, il faut séduire. Séduire en offrant, par exemple, des produits qui puissent être intégrés aux bâtiments avec élégance ou discrétion. Il suffit, en arrivant au siège du CSEM à Neuchâtel, de lever les yeux sur son bâti-

**I**m Gegensatz zu gewissen Ansichten verfügt die Schweiz über ein beachtliches Solarpotenzial. «Würde man alle günstig ausgerichteten Dächer und Fassaden sowie die Fahrbahnränder und Bahndämme mit PV-Anlagen ausrüsten, wäre es technisch möglich, fast 75% des jährlichen Strombedarfs in der Schweiz zu erzeugen, ohne die Landschaft optisch zu beeinträchtigen», meint Christophe Ballif, Professor und Leiter des PV-Labs an der EPFL sowie des PV-Centers am CSEM. «Aber bleiben wir realistisch. Zahlreiche Studien zeigen, dass unser Land mit seinen Staudämmen und seinem Stromnetz über eine Infrastruktur verfügt, die sich gut für eine Solarstromproduktion in der Grössenordnung von 20% unseres jährlichen Strombedarfs eignet, natürlich nur, wenn man einige lokale Anpassungen vornimmt und bei einem geänderten Angebots- und Nachfragemanagement», fährt er fort.

Diese Zahlen entsprechen im Übrigen auch dem Ziel der Energiestrategie 2050. Bis dahin müssen allerdings noch einige Anstrengungen geleistet werden. 2016 betrug die PV-Produktion in der Schweiz nur 2,27% des Inlandsverbrauchs. Doch wie soll man die diversen Akteure – Immobilienbesitzer, Architekten, Unternehmer oder Politiker – überzeugen, diesen Schritt zu wagen?

### Nur eine Frage des Preises?

«Ich glaube, dass die Bevölkerung zunehmend für die Herausforderungen der Zukunft sensibilisiert ist und bereit ist, zu investieren. Es bleibt abzuwarten, wann es soweit sein wird. Die Preise der Photovoltaikanlagen werden weiter fallen. Wenn der Grundlast-Strompreis auf den internationalen Märkten wieder auf ein vernünftiges Niveau steigt, werden sich die Investitionen schneller bezahlt machen. Andererseits werden die Fördermassnahmen auslaufen: die kostendeckende Einspeisevergütung für die neuen Systeme ab 2022 und die Einmalvergütung in 2030», erklärt Christophe Ballif. «Persönlich bin ich der Ansicht, dass es viele vorbildhafte Solararchitekturen und gelungene Gebäudeintegrationen braucht, um die Menschen zu motivieren, aber auch die Umsetzung einiger leicht verrückter Projekte, wie Solar Impulse oder SolarStratos», fährt er fort.

Die Schweiz ist gut darin, innovative PV-Produkte zu entwickeln. Beispielsweise arbeiten die Zentren der EPFL und des CSEM nicht nur an Effizienzsteigerungen und Kostensenkungen bei Solarmodulen, sondern auch mit weiteren Partnern an Solar-Dachziegeln oder spektakulären Lösungen wie den weissen PV-Modulen. «Ich bin sicher, dass die Sonnenenergie eines Tages in jedem Gebäude zu finden sein wird und dass viele Bürger und Gemeinden bereit sein werden, etwas mehr für schöne Systeme auszugeben. Es kauft ja auch nicht jeder das billigste Auto, Haus oder die günstigste Uhr», meint er.

### Die Anziehungskraft der neuen PV-Module

Wenn man überzeugen will, muss man begeistern können. Beispielsweise indem man Produkte anbietet, die



ment de la rue de la Maladière pour découvrir une magnifique façade constituée de panneaux photovoltaïques semi-transparents: un exemple convaincant, d'un point de vue technologique et esthétique, d'application des travaux de recherche et développement menés au PV-center.

«L'originalité de cette façade réside dans le fait qu'elle est composée de cellules à hétérojonction bifaciales, soit de cellules dont la face arrière est également capable de produire de l'électricité», explique Laure-Emmanuelle Perret-Aebi, responsable des activités modules et systèmes photovoltaïques au PV-center. «En exploitant la lumière réfléchie par le mur du bâtiment, la face arrière permet d'ajouter 3 à 4% aux 21% de rendement de la face avant.» Désormais commercialisée, cette technologie a pour avantage de laisser passer une partie de la lumière naturelle. Les contacts métalliques et les interconnexions entre cellules sont en outre constitués d'un réseau dense de fils métalliques très fins, à peine visibles à l'œil nu, permettant d'extraire un maximum de courant tout en évitant de former une surface d'ombrage trop importante sur les cellules.

### Des éléments de construction actifs

«Il n'est pas possible en Suisse de réaliser une multitude de grandes centrales photovoltaïques. Il faut donc trouver des alternatives et intégrer les panneaux dans l'environnement construit, qu'il s'agisse de nouveaux bâtiments ou lors de rénovations», continue la chercheuse. Dans cet objectif, le PV-center œuvre au développement de solutions innovantes. En 2014, par exemple, il annonçait la réalisation des premiers panneaux solaires blancs. Désormais commercialisés par l'entreprise Solaxess, il s'agit de modules standard en silicium cristallin sur lesquels sont déposés des films blancs ou colorés constitués de différentes couches optiques laissant passer un maximum de rayonnement dans l'infrarouge. «La difficulté consiste à développer des couleurs qui résistent aussi bien que possible aux affres du temps et dont l'inévitable dégradation se fasse de manière aussi homogène que possible», précise-t-elle.

Bien entendu, le rendement de ces panneaux, actuellement de 10,7 à 13%, n'atteint pas celui des modules standard. Ils bénéficient par contre, en façade, d'une surface de montage plus grande. «Il ne faut pas voir ces panneaux comme une centrale de production d'énergie pour laquelle le rendement est essentiel, mais plutôt les considérer comme de nouveaux éléments de construction à part entière qui, contrairement aux façades en verre ou en plâtre courantes, ont l'avantage de produire de l'électricité», réagit Laure-Emmanuelle Perret-Aebi. Une voie que le CSEM suit depuis plusieurs années déjà, notamment avec la réalisation de panneaux mats, de couleurs «terre cuite» ou grise, destinés à remplacer les tuiles sur les toits.

Fin juin 2017, le centre de recherche a fait un pas supplémentaire en présentant, grâce au soutien de la Banque cantonale de Neuchâtel, une exposition d'œuvres d'art photo-

sich elegant und diskret in das Gebäude integrieren lassen. Am Sitz des CSEM in Neuenburg muss man nur am Gebäude an der rue de la Maladière hochblicken, um eine eindrucksvolle Fassade aus halbdurchsichtigen PV-Modulen zu entdecken: ein in technologischer und ästhetischer Hinsicht überzeugendes Anwendungsbeispiel für die Forschungs- und Entwicklungsarbeit im PV-Center.

«Das Besondere an dieser Fassade ist, dass sie aus zweiseitigen Heteroübergangs-Solarzellen besteht, also solche, bei denen auch die Rückseite Strom erzeugen kann», erklärt Laure-Emmanuelle Perret-Aebi, Bereichsleiterin Photovoltaikmodule und -systeme im PV-Center. «Nutzt man das von der Hauswand reflektierte Licht, kann man mit der Rückseite die 21% Wirkungsgrad der Vorderseite um 3 bis 4% erhöhen. «Diese bereits am Markt verfügbare Technologie hat den Vorteil, dass ein Teil des natürlichen Lichts durchgelassen wird. Die Metallkontakte und Verbindungen zwischen den Zellen bestehen zudem aus einem mit blossen Auge kaum erkennbaren dichten Netz aus sehr dünnen Metalldrähten, mit dem ein Maximum an Strom erzeugt werden kann, ohne dass dabei eine zu grosse Beschattungsfläche auf den Zellen entsteht.

### Aktive Bauelemente

«In der Schweiz ist es nicht möglich, viele Photovoltaik-Grossanlagen zu realisieren. Man muss also Alternativen finden und die Solarmodule in die gebaute Umwelt integrieren, sei es in Neubauten oder bei Sanierungen», fügt die Forscherin hinzu. Zu diesem Zweck entwickelt das PV-Center innovative Lösungen. 2014 konnte es die Realisierung der ersten weissen Solarmodule vermelden, die nun von Solaxess vertrieben werden. Es sind Standard-Module aus kristallinem Silizium, auf die eine

weisse oder farbige Folie aufgebracht wurde, die aus diversen optischen Schichten besteht, die ein Maximum an Infrarotstrahlung durchlassen. «Die Schwierigkeit besteht darin, Farben zu entwickeln, die möglichst alterungsbeständig sind und bei denen die unvermeidliche Degeneration so homogen wie möglich abläuft», erklärt sie.

Natürlich kommen solche Module bezüglich Wirkungsgrad (heute bei 10,7 bis 13%) nicht an Standardmodule heran, aber bei der Fassadenmontage wird ihnen eine grössere Fläche gewährt. «Diese Module darf man nicht als Energieerzeugungsanlage betrachten, bei der es vor allem auf die Leistung ankommt, sondern vielmehr als neue vollwertige Bauelemente, die anders als herkömmliche Glas- oder Gipsfassaden den Vorteil haben, Strom zu erzeugen», meint Laure-Emmanuelle Perret-Aebi. Ein Weg, den das CSEM bereits seit mehreren Jahren beschreitet, insbesondere mit der Realisierung matter, terrakottafarbiger oder grauer Solarpaneele, die die Dachziegel ersetzen sollen.

Ende Juni 2017 ging das Forschungszentrum noch einen Schritt weiter, indem es – dank der Unterstützung der

«Les panneaux solaires deviennent des éléments de construction à part entière.»

«Solarmodule werden zu vollwertigen Bauelementen.»





Grâce à la technologie Kaleo, ces deux panneaux photovoltaïques sont aussi discrets que des caméléons. Seuls leurs cadres trahissent leur présence sur la façade de la Banque cantonale neuchâteloise.

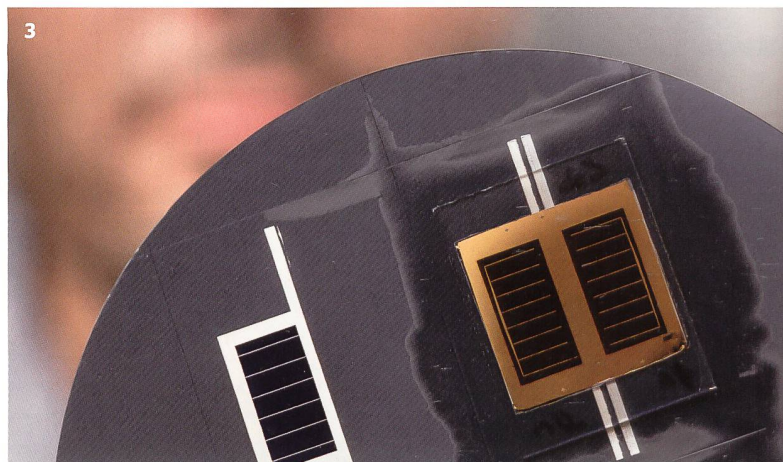
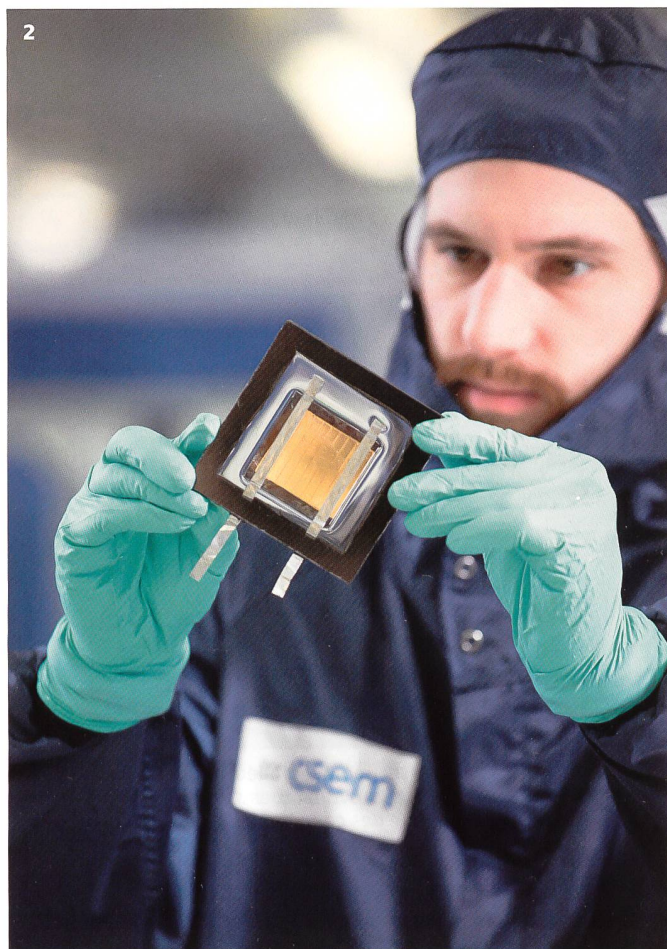
**Dank der Kaleo-Technologie fügen sich diese beiden Photovoltaik-Module ebenso unauffällig wie ein Chamäleon in das Umfeld ein. Nur ihr Rahmen verrät ihre Anwesenheit auf der Fassade der Neuenburger Kantonalbank.**





**1** Cette intégration de panneaux photovoltaïques blancs de la société Solaxess a été réalisée à des fins de démonstration au Jardin des énergies de l'ESB (Energie Service Bienne).

**Diese weissen PV-Module der Firma Solaxess wurden zu Demonstrationszwecken im Jardin des énergies von ESB (Energie Service Biel) installiert.**



**2** Cette cellule « tandem » a été obtenue en déposant une couche de pérovskite sur une cellule en silicium cristallin. Ce matériau photovoltaïque permet d'élargir la partie exploitable du spectre solaire et ainsi d'atteindre, à un coût raisonnable, des rendements nettement supérieurs à 25 %.

**Diese «Tandem-Zelle» ist durch Aufbringen einer Schicht aus Perowskit auf einer Solarzelle aus kristallinem Silizium entstanden. Dieses PV-Material ermöglicht es, den nutzbaren Teil des Solarspektrums zu erweitern und damit - zu einem vernünftigen Preis - Wirkungsgrade von deutlich mehr als 25 % zu erreichen.**

**3** Développées conjointement par l'EPFL, le CSEM et le NREL, les cellules photovoltaïques à triple jonction ont atteint un rendement de 35,9 % en laboratoire. Elles associent le silicium cristallin et d'autres matériaux pour améliorer le ratio entre le coût et le rendement des cellules solaires.

**Die gemeinsam von der EPFL, dem CSEM und dem NREL entwickelten Triple junction-Solarzellen haben im Labor einen Wirkungsgrad von 35,9 % erreicht. Sie verbinden kristallines Silizium und andere Materialien, um das Kosten-Ertrags-Verhältnis der Photovoltaik-Module zu verbessern.**



voltaïques. Si le principe de l'utilisation d'un film coloré reste le même, le développement s'est concentré sur l'optimisation des pigments destinés à cette application. Dénommée Kaleo, cette technologie permettra par exemple de créer des panneaux publicitaires actifs pour lesquels il suffira, tous les quelques mois, de changer le film au gré des besoins des annonceurs.

### Repousser les limites

Mais le PV-center travaille également à l'optimisation du rapport entre le coût et le rendement des cellules photovoltaïques. Les meilleurs panneaux en silicium cristallin atteignant déjà des rendements d'environ 23%, une valeur bien proche des 27% équivalant à la limite physique de cette technologie, ses recherches s'orientent vers de nouvelles approches. Parmi celles-ci, le développement de cellules tandem et de cellules dites «à jonctions multiples». Ces dernières sont constituées d'une jonction arrière en silicium associée à une cellule parvenant à absorber plus efficacement la composante bleue du rayonnement solaire. Dans le cadre d'une collaboration avec l'EPFL et le NREL, le Laboratoire national sur les énergies renouvelables du Département de l'énergie des États-Unis, les scientifiques du CSEM ont récemment réussi à atteindre un rendement de 35,9% pour des cellules solaires à triple jonction.

Il s'agit cependant de valeurs atteintes en laboratoire par des cellules de petite surface, typiquement de quelques centimètres de côté. Il faudra donc attendre un certain nombre d'années avant de pouvoir profiter de la commercialisation de panneaux photovoltaïques basés sur ces technologies. Mais, comme l'explique Laure-Emmanuelle Perret-Aebi: «Ce ne sont pas uniquement les travaux de recherche effectués pour augmenter les rendements des panneaux qui vont apporter une contribution importante au tournant énergétique. Pour augmenter de manière significative la production photovoltaïque, il faut, d'une part, convaincre les différents acteurs de franchir le pas et, de l'autre, optimiser les systèmes de stockage d'énergie. Et la Suisse offre un cadre idéal pour ces deux axes».

### Produire, c'est bien, autoconsommer, c'est mieux

Pour convaincre, il faut proposer des solutions optimales. Lorsqu'un particulier installe des panneaux solaires sur son toit, il choisit souvent de dimensionner son installation de manière à pouvoir produire suffisamment d'électricité pour couvrir ses besoins, ne serait-ce que pendant le semestre d'été. Les pics de consommation ne correspondant généralement pas aux maxima de production, il doit encore installer une batterie qui lui permette de stocker l'électricité produite et non consommée afin de la récupérer lorsque la production instantanée des panneaux n'est plus suffisante.

Or, comme l'explique Franz Baumgartner, professeur à la ZHAW (Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften) dans son article (en allemand), page 29, le choix du système de stockage et son dimensionnement sont à effectuer avec précaution. Lorsque la consommation d'électricité est très faible, le soir ou la nuit, le rendement d'un modèle de batterie à l'autre peut varier de 50 à 92%. La construction

Neuenburger Kantonalbank – une Ausstellung von Photovoltaik-Kunstwerken zeigte. Das Grundprinzip der Verwendung einer farbigen Folie bleibt gleich, die Entwicklung konzentrierte sich dabei auf die Optimierung der Pigmente, die für diese Anwendung bestimmt sind. Mit dieser sogenannten Kaleo-Technologie können beispielsweise aktive Werbeflächen erstellt werden, bei denen man nur noch alle paar Monate die Folie je nach den Bedürfnissen der Werbetreibenden auswechseln muss.

### Grenzen verschieben

Doch das PV-Center arbeitet auch an der Optimierung des Kosten-Ertrags-Verhältnisses der Module. Da die besten Module aus kristallinem Silizium bereits Wirkungsgrade von rund 23% erreichen – ein Wert, der schon recht nah an die 27% reicht, die die physikalische Grenze dieser Technologie darstellen – verfolgt das Zentrum neue Forschungsansätze, u.a. die Entwicklung von Tandem-Solarzellen und Mehrfachsolarzellen. Diese bestehen aus einem Rückseitenkontakt auf Siliziumbasis in Verbindung mit einer Zelle, die den Blau-Anteil im Sonnenlicht effizienter absorbiert. Im Rahmen einer Zusammenarbeit mit der EPFL und dem NREL, dem US-amerikanischen Labor für erneuerbare Energie, gelang es den Wissenschaftlern des CSEM kürzlich, bei Triple-Junction-Solarzellen einen Wirkungsgrad von 35,9% zu erzielen.

Dies sind jedoch Werte, die im Labor mit kleinflächigen Solarzellen – die typischerweise nur wenige Zentimeter pro Seite aufweisen – erzielt wurden. Es wird daher noch einige Jahre dauern, bis man von der Vermarktung von PV-Modulen mit diesen Technologien profitieren kann. Aber wie Laure-Emmanuelle Perret-Aebi ausführt: «Es ist nicht allein die Forschungsarbeit hinsichtlich einer Verbesserung des Wirkungsgrades der Solarmodule, die einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten wird. Um die Solarstromproduktion signifikant zu erhöhen, müssen einerseits die verschiedenen Akteure überzeugt werden, den Schritt zu wagen und andererseits gilt es, die Energiespeichersysteme zu optimieren. Und die Schweiz bietet für beides das ideale Umfeld.»

### Produzieren ist gut, Eigenverbrauch ist besser

Wenn man überzeugen will, muss man optimale Lösungen anbieten. Wenn ein Hausbesitzer Solarmodule auf seinem Dach installiert, wählt er die Auslegung seiner Anlage häufig so, dass er ausreichend Strom für seinen eigenen Bedarf produzieren kann – und sei es auch nur während der Sommermonate. Da die Verbrauchsspitzen meist nicht den Maximalproduktionswerten entsprechen, benötigt er noch eine Batterie, um die erzeugte und nicht verbrauchte Elektrizität zu speichern, damit er sie nutzen kann, wenn die momentane Produktion der Solarmodule nicht ausreicht.

Nun ist aber bei der Wahl des Speichersystems und seiner Auslegung Vorsicht geboten, wie Franz Baumgartner, Professor an der ZHAW in seinem Artikel, Seite 29 erklärt. Wenn der Stromverbrauch abends und nachts sehr gering ist, kann je nach Batteriemodell der Wir-



du système a également une grande influence: lorsque les batteries sont connectées à l'entrée DC de l'onduleur, cette faible charge nocturne ne s'élève qu'à quelques pourcents de la puissance nominale de ce dernier qui n'atteint alors dans ce domaine que de très faibles rendements pouvant se situer aux alentours de 50 %.

En ce qui concerne le choix de la capacité de la batterie, Franz Baumgartner rappelle qu'il dépend essentiellement de la consommation du ménage (présence d'une pompe à chaleur, d'une voiture électrique, etc.). Au prix actuel du kWh de capacité nominale des batteries au lithium, utiliser une batterie surdimensionnée n'a aucun sens d'un point de vue économique. Une capacité de stockage correspondant à environ la moitié de la consommation journalière représente actuellement un bon ordre de grandeur.

Cependant le coût d'un système de stockage ne dépend pas que du prix de la batterie. Ce dernier ne représente qu'environ 20 % du coût effectif qui inclut, en outre, l'électronique et les frais d'installation. L'introduction sur le marché de batteries solaires AC qui pourront être simplement branchées à la prise du secteur par l'acheteur et qui communiqueront avec le compteur électrique directement par CPL (courants porteurs en ligne) permettra probablement, au vu de leur production de masse, de réduire drastiquement les coûts de stockage par kilowattheure.

Bien entendu, il est aussi possible de « stocker » le surplus de production photovoltaïque sous d'autres formes. Si l'on dispose d'une pompe à chaleur, un excédent de production photovoltaïque peut, par exemple, être utilisé pour chauffer l'eau sanitaire. Une étude récente de la ZHAW [1] a même démontré qu'avec la baisse du prix des installations photovoltaïques, ce procédé « PV to heat » était désormais économiquement plus rentable à long terme qu'une installation solaire thermique.

### De nouveaux modèles

Pour convaincre, finalement, il faut faire rêver. Rêver à un nouveau modèle de société avec des maisons ou des quartiers autonomes en énergie. En 2016 déjà, le premier immeuble d'habitation fonctionnant en autarcie était inauguré à Brütten. Coupé de tous les réseaux énergétiques (électricité et gaz), il réussit depuis à satisfaire, même en hiver, tous les besoins de ses occupants grâce aux panneaux photovoltaïques montés sur ses façades et sur son toit. L'excédent de production y est stocké sous différentes formes. Des batteries sont utilisées pour le stockage à court terme (jusqu'à 2-3 jours). Le stockage saisonnier est réalisé sous forme d'hydrogène par le biais de la technologie « Power to gas »: l'électricité est utilisée pour produire de l'hydrogène par électrolyse de l'eau, ce dernier est stocké sous haute pression et, en fonction des besoins, reconverti en électricité grâce à une pile à combustible. Finalement, le surplus d'électricité peut aussi être transformé en chaleur à l'aide d'une pompe à chaleur (eau chaude sanitaire et chauffage) ainsi

le rendement du système de chauffage est compris entre 50 et 92 %.

Auch die Bauweise des Systems hat grossen Einfluss: Wenn die Batterien an den DC-Eingang des Wechselrichters angeschlossen sind, beträgt diese geringe Last in der Nacht wenige Prozent der Nennleistung des Wechselrichters und damit in diesem Bereich sehr geringe Wirkungsgrade die auch einmal bei Wirkungsgraden um die 50 % liegen können.

Was die Wahl der Batteriekapazität betrifft, so führt Franz Baumgartner aus, dass diese hauptsächlich vom Verbrauch im Haushalt abhängt (Vorhandensein einer Wärmepumpe, eines Elektroautos usw.). Eine überdimensionierte Batterie zu verwenden, macht bei der heutigen

Preissituation der kWh-Nennkapazität der Lithiumbatterie wirtschaftlich wenig Sinn. Eine Speicherkapazität von etwa dem halben Stromverbrauch eines ganzen Tages ist heute eine gebräuchliche Richtgrösse.

Doch die Kosten eines Speichersystems hängen nicht nur vom Preis der Batterie ab. Dieser macht nur rund 20 % der tatsächlichen Kosten aus, die ausserdem die Elektronik und die Installationskosten einschliessen. Durch die Markteinführung von AC-Solar-

batterien, die der Käufer einfach an der Steckdose anschliesst und die mit dem Stromzähler direkt per PLC (Power Line Communication) kommunizieren, könnte man die Speicherkosten pro kWh angesichts ihrer Massenproduktion wahrscheinlich drastisch senken.

Natürlich kann der überschüssige Solarstrom auch anders « gespeichert » werden. Hat man eine Wärmepumpe, so kann ein Produktionsüberschuss zum Erwärmen des Brauchwassers genutzt werden. Eine Studie der ZHAW [1] hat sogar gezeigt, dass dieser « PV to heat »-Prozess durch den Preisrückgang bei den PV-Anlagen künftig langfristig wirtschaftlich rentabler ist als eine solarthermische Anlage.

### Neue Modelle

Schliesslich muss man auch Träume wecken können, wenn man überzeugen will. Den Traum von einem neuen Gesellschaftsmodell mit energieautarken Häusern oder Stadtvierteln. Das erste energieautarke Mehrfamilienhaus wurde bereits 2016 in Brütten eingeweiht. Ohne Anschluss an die Energienetze (Elektrizität und Gas) ist es seither in der Lage, selbst im Winter den gesamten Bedarf seiner Bewohner mit eigenem Solarstrom von den Fassaden und dem Dach zu decken. Die überschüssige Energie wird auf unterschiedliche Weise gespeichert. Batterien stellen die Kurzzeitspeicherung sicher (bis zu 2-3 Tage). Die saisonale Speicherung erfolgt in Form von Wasserstoff mit der « Power to Gas »-Technologie: Der Strom wird zur Wasserstoffproduktion durch die Elektrolyse von Wasser verwendet. Das Gas wird unter Hochdruck gespeichert und je nach Bedarf mit einer Brennstoffzelle wieder in elektrische Energie umgewandelt.

« Il ne sert à rien de se munir d'une batterie surdimensionnée. »

« Es macht wenig Sinn, eine überdimensionierte Batterie einzusetzen. »





Des équipements sophistiqués sont requis pour la fabrication de nouveaux types de cellules photovoltaïques en salle blanche. Ici : un réacteur PECVD utilisé pour la déposition de couches minces de silicium amorphe.

**Für die Herstellung neuartiger Photovoltaik-Module in Reinraumumgebung sind Hightech-Ausrüstungen erforderlich. Hier: ein PECVD-Reaktor mit dem dünne Schichten amorphes Siliziums aufgebracht werden.**

que pour charger un accumulateur thermique, une technologie de stockage à court ou long terme, permettant d'optimiser par la suite le rendement de la pompe à chaleur.

Un autre exemple: plus récemment, une équipe composée d'une cinquantaine d'étudiants a conçu NeighborHub, une habitation autosuffisante alimentée uniquement par des panneaux solaires montés en façade (voir l'article de Moncef Lalou, page 43). NeighborHub représentera la Suisse à Denver du 5 au 15 octobre à l'occasion du concours académique Solar Decathlon US 2017.

Toutefois, il y a aussi des rêves accessibles plus rapidement. Certaines entreprises n'ont peut-être pas la possibilité d'investir dans une installation. L'energy contracting peut être une solution. L'offre de « Contracting d'énergie solaire » de Romande Energie, par exemple, propose d'équiper les bâtiments des entreprises de panneaux photovoltaïques en prenant à sa charge l'intégralité des coûts d'achat et d'installation. Ce contracting vaut pour une durée de 25 ans et assure à ces dernières un prix de l'électricité fixe durant toute la période contractuelle. Un autre exemple: Viteos loue des toits d'entreprises et y réalise une installation photovoltaïque qu'elle exploite par la suite.

Les possibilités sont multiples. Profitons-en!

#### Référence

[1] Franz Baumgartner, «PV-Strom verheizen», Bulletin SEV/VSE 8/2016, pp. 37-38.



#### Auteure | Autorin

Cynthia Hengsberger est rédactrice Electrosuisse du Bulletin SEV/AES.  
Cynthia Hengsberger ist Redaktorin Electrosuisse des Bulletin SEV/VSE.  
→ Electrosuisse, 8320 Fehraltorf  
→ cynthia.hengsberger@electrosuisse.ch

Und schliesslich kann der Elektrizitätsüberschuss auch mit einer Wärmepumpe (Warmwasserbereitung und Heizung) in Wärme umgewandelt werden sowie für die Ladung eines Wärmespeichers, einer Technologie für die Kurz- und Langzeitspeicherung, mit der in der Folge die Leistung der Wärmepumpe erhöht werden kann.

Ein weiteres Beispiel: In jüngster Zeit entwarf ein Team aus rund fünfzig Studierenden den NeighborHub, ein energieautarkes Wohnhaus, das sich ausschliesslich über Solarkollektoren auf den Fassaden versorgt (siehe den französischen Artikel von Moncef Lalou, Seite 43). Mit dem Projekt NeighborHub wird die Schweiz vom 5. bis 15. November beim Solar Decathlon Wettbewerb US 2017 vertreten sein.

Doch es gibt auch Träume, die leichter zu realisieren sind. Einige Unternehmen haben vielleicht nicht die Möglichkeit, in eine Anlage zu investieren. Hier kann Energy Contracting eine Lösung sein. Beispielsweise mit dem Angebot «Solar Contracting» von Romande Energie können Unternehmen ihre Gebäude mit Solarmodulen ausstatten lassen, wobei die gesamten Anschaffungs- und Installationskosten übernommen werden. Dieses Contracting läuft über einen Zeitraum von 25 Jahren und sichert ihnen einen festen Strompreis für die gesamte Vertragslaufzeit zu. Ein weiteres Beispiel: Viteos mietet Dächer von Unternehmen und installiert dort PV-Anlagen, die es anschliessend betreibt.

Die Möglichkeiten sind also fast unbegrenzt. Nutzen wir sie!