

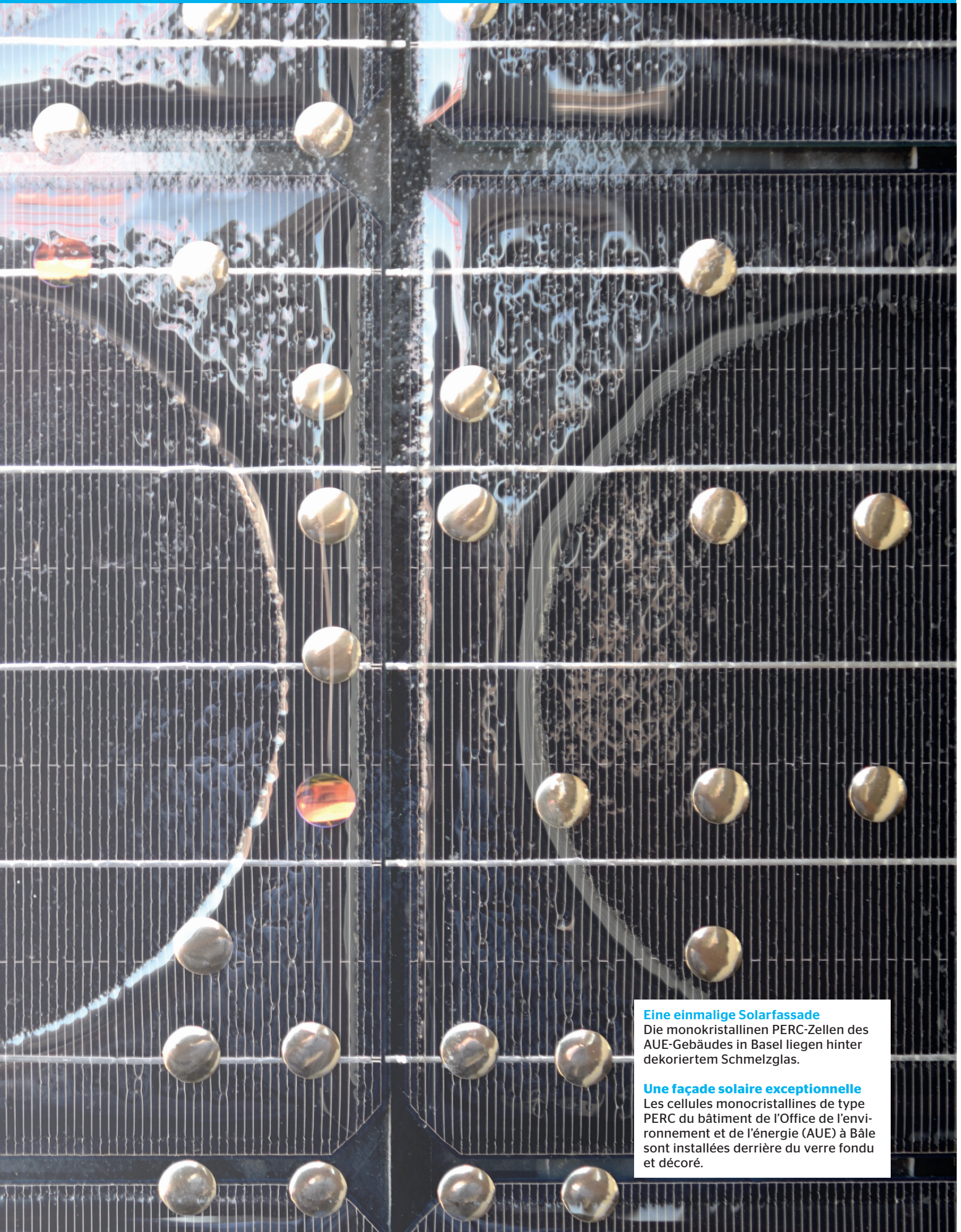
dossier.

Fassaden als Stromerzeuger

Projekte und Trends | Auf Dächern werden Solaranlagen schon öfter installiert, auf Fassaden sind sie eher Exoten. Standardisierte, farbige Module, eine höhere Effizienz und finanzielle Zuschüsse würden den Ausbau beschleunigen.

Des façades au courant

Projets et tendances | Des panneaux solaires sont souvent installés sur les toits; sur les façades, c'est plutôt rare. Des modules colorés et standardisés, une meilleure efficacité et des aides financières permettraient d'accélérer leur expansion.

**Eine einmalige Solarfassade**

Die monokristallinen PERC-Zellen des AUE-Gebäudes in Basel liegen hinter dekoriertem Schmelzglas.

Une façade solaire exceptionnelle

Les cellules monocristallines de type PERC du bâtiment de l'Office de l'environnement et de l'énergie (AUE) à Bâle sont installées derrière du verre fondu et décoré.

RADOMÍR NOVOTNÝ

Neu ist die Solarstromerzeugung auf Gebäuden nicht. Sie blickt beinahe auf ein halbes Jahrhundert Geschichte zurück. Motiviert durch die Erdölkrise wurde 1973 das erste Haus mit solarer Wärme- und Stromversorgung unter Federführung der University of Delaware gebaut. Auch heute deckt dieses Zweifamilienhaus seinen Energiebedarf hauptsächlich mit der Strahlung der Sonne ab. Diese Immobilie ist zugleich das erste Beispiel von Building Integrated Photovoltaics (BIPV), denn die Sonnenenergie wandler sind ins Dach integriert. Ein weiterer Meilenstein ist die 1982 in München errichtete Wohnanlage Richter, ein prototypischer Bau, bei dem die Sonnenenergie aktiv und passiv genutzt wird. Auf dem oberen Teil der vollverglasteten schrägen Südfassade hatte das Freiburger Fraunhofer-Institut rund 60 m² Solarzellen installiert.

Als allmählich die ersten in Gebäude integrierbaren PV-Systeme auf den Markt kamen, wurde 1998 in der katalanischen Stadt Mataró die Biblioteca Pompeu Fabra als Demonstrationsobjekt der europäischen PV-Industrie gebaut, um das Gleichgewicht zwischen Ästhetik, Komfort, Energieerzeugung und Wirtschaftlichkeit finden zu können. Eine semitransparente Wand dämpft mittels multikristalliner Siliziumzellen auf einer Fläche von 225 m² das ins Gebäude einfallende Licht und erzeugt zugleich bis zu 20 kW Elektrizität. Der Jahresertrag soll bei rund 15 MWh liegen.

Ein Vorzeigebau in der Basler Innenstadt

Bei aktuellen Projekten lässt sich folgende Regel anwenden: Je höher das Gebäude, oder genauer, je grösser das Verhältnis zwischen der nutzbaren, möglichst unverschatteten Fassadenfläche und der Dachfläche, desto sinnvoller ist der Einsatz von Solarfassaden. Mit einer Fassadenfläche von 1140 m² und einer deutlich kleineren Dachfläche ist dieses Verhältnis beim achtstöckigen Neubau des Amtes für Umwelt und Energie, AUE, der Stadt Basel für eine Solarfassade also vorteilhaft.

Das Gebäude geht auf einen Wettbewerb aus dem Jahr 2013 zurück, als ein Leuchtturmprojekt bezüglich Nachhaltigkeit ausgeschrieben wurde. Man entschied sich für den Entwurf des Architekturbüros Jessen Vollenweider Architektur. Die Motivation für den Entscheid beschreibt der involvierte Architekt Sven Kowalewsky so: «Wir waren das einzige Projekt, das ringsum eine PV-Anlage vorgeschlagen hat. Wir haben uns entschlossen, auf allen Seiten PV zu machen, auch auf der Nordfassade, die ungefähr 12 % der gesamten Produktion liefert. Wenn man die Nordfassade weglassen würde, könnten wir die angestrebte Zertifizierung nach Minergie-A-Eco nicht erreichen.» Bei Minergie-A-Eco soll der Eigenstromverbrauch übers Jahr abgedeckt werden, was beim AUE-Gebäude 45 bis 50 MWh jährlich bedeutet. Ein maximaler Ertrag stand dabei nicht an erster Stelle, sondern eine hochwertige Gestaltung, denn das Gebäude steht in unmittelbarer Nähe zur Schon- und Schutzzone und denkmalgeschützter Substanz. «Da redet die Stadtbildkommission mit, teilweise auch die Denkmalpflege», präzisiert Kowalewsky.

La production de courant photovoltaïque sur les bâtiments n'est pas une nouveauté. Elle a presque un demi-siècle. Motivée par la crise pétrolière, la construction de la première maison alimentée en chaleur et en électricité grâce à l'énergie solaire a été réalisée en 1973, sous l'égide de l'Université du Delaware. Aujourd'hui encore, cette maison bifamiliale continue de couvrir ses besoins énergétiques principalement grâce au rayonnement solaire. Cette propriété est également le premier exemple de Building Integrated Photovoltaics (BIPV), les convertisseurs d'énergie solaire étant intégrés à son toit. La résidence Richter, construite en 1982 à Munich, représente une autre étape importante: il s'agit d'un prototype de construction dans lequel l'énergie solaire est utilisée de manière active et passive. L'Institut Fraunhofer de Fribourg-en-Brisgau y a autrefois installé environ 60 m² de cellules solaires sur la partie supérieure de la façade sud, inclinée et entièrement vitrée.

Alors que les premiers systèmes photovoltaïques intégrables aux bâtiments commençaient à apparaître sur le marché, en 1998, la Biblioteca Pompeu Fabra a été construite dans la ville catalane de Mataró pour servir de projet de démonstration à l'industrie photovoltaïque européenne, l'objectif consistant à trouver un équilibre entre esthétique, confort, production d'énergie et rentabilité. Un mur semi-transparent atténue la lumière qui pénètre dans le bâtiment grâce à 225 m² de cellules en silicium multicristallin, pour une puissance installée pouvant atteindre jusqu'à 20 kW. La production annuelle d'électricité devrait être d'environ 15 MWh.

Un bâtiment exemplaire dans le centre-ville de Bâle

En ce qui concerne les projets actuels, la règle suivante peut être appliquée: plus le bâtiment est haut, ou plus précisément, plus le rapport entre la surface de façade utilisable, si possible non ombragée, et la surface de toit est important, plus l'utilisation de façades solaires est judicieuse. Avec 1140 m² de façades et une surface de toit nettement plus restreinte, le nouveau bâtiment de huit étages de l'Office de l'environnement et de l'énergie AUE (Amt für Umwelt und Energie) de la ville de Bâle dispose d'un rapport avantageux pour une façade solaire.

Le bâtiment est le résultat d'un concours lancé en 2013 pour un projet phare en matière de durabilité. C'est le projet du bureau d'architectes Jessen Vollenweider Architektur qui a autrefois été retenu. Sven Kowalewsky, l'architecte impliqué, décrit ainsi ce qui a mené à cette décision: «Notre projet était le seul à proposer une installation photovoltaïque sur l'ensemble des façades du bâtiment. Nous avons décidé d'intégrer du PV sur tous les côtés, y compris sur la façade nord qui fournit environ 12 % de la production totale. Si nous avions omis cette façade, nous n'aurions pas pu atteindre la certification Minergie-A-Eco que nous visions.» Pour obtenir cette certification, la consommation propre d'électricité doit être couverte sur l'année, ce qui représente 45 à 50 MWh par an pour le bâti-



Amt für Umwelt und Energie

Mit seiner gebäudeintegrierten Photovoltaik widerspiegelt das Gebäude in Basel die Absichten des Amtes.

Office de l'environnement et de l'énergie

Avec son installation photovoltaïque intégrée au bâtiment, le bâtiment de Bâle reflète les intentions de l'Office.

Am Anfang des Wettbewerbs setzte das Gewinnerprojekt noch auf Module, die ihre «goldene» Farbigkeit aus dem geschnittenen, polykristallinen Silizium selber erzeugen, eine Lösung, die die Stadtbildkommission akzeptierte. Aber dann verzögerten Einsprachen und archäologische Arbeiten das Projekt um gut drei Jahre. Was sonst eher frustrierend ist, stellte sich hier als Glücksfall heraus, denn die PV-Technologie konnte sich in der Zwischenzeit weiterentwickeln. Da monokristalline Zellen eine höhere Effizienz haben, entschied man sich für hocheffiziente PERC-Zellen – Passivated Emitter and Rear Cell – also Zellen, die auf der hinteren Seite eine zusätzliche reflektierende Schicht aufweisen, die das nicht absorbierte Licht wieder für einen zweiten Absorptionsgang zurückwirft. 2019 kam die Zelle, die im Labor einen Viertel mehr Ertrag lieferte.

Da monokristalline Zellen eine homogene Oberfläche haben und somit aus gestalterischer Sicht nicht so spannend sind, hat man das Design nochmals überarbeitet. «Obwohl die Architektur eigentlich fertig war, gingen wir dann nochmals ran und entwickelten eine neue Fassade: ein Glashaus», sagt Kowalewsky. Die Neuentwicklung waren Paneele in Schmelzglas, deren Herstellung viel Handarbeit erforderte. Das Schmelzglas, gehärtetes Glas aus dem Angebot eines Waschbecken-Herstellers, wird im Produktionsprozess erhitzt und unter hohem Druck mit

ment de l'AUE. Un rendement maximal n'était pas la priorité, mais plutôt une conception de haute qualité, car le bâtiment se trouve à proximité immédiate d'une zone protégée et à préserver ainsi que de bâtiments classés monuments historiques. «La commission de l'urbanisme a donc son mot à dire, et parfois aussi le service des monuments historiques», précise Sven Kowalewsky.

Au début du concours, le projet retenu reposait encore sur des modules en silicium polycristallin qui produisaient eux-mêmes leur couleur «dorée», une solution acceptée par la commission de l'urbanisme. Mais des oppositions et des travaux archéologiques ont retardé le projet de trois bonnes années. Ce qui est habituellement plutôt frustrant s'est avéré être une aubaine, car la technologie photovoltaïque a entre-temps pu évoluer. Les cellules monocristallines ayant un meilleur rendement, il a été décidé d'utiliser des cellules PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) à haut rendement, c'est-à-dire des cellules dont la face arrière comporte une couche réfléchissante supplémentaire qui renvoie la lumière non absorbée dans la cellule pour un second cycle d'absorption. Cette cellule, qui produit un quart de rendement supplémentaire en laboratoire, est arrivée en 2019 sur le marché.

Comme les cellules monocristallines ont une surface homogène et sont donc moins intéressantes d'un point de vue esthétique, le design a été revu. «Même si l'architecture

Technisch stellen die Anlagen ein Solar-Edge-System mit Leistungsoptimierer dar, bei dem die verschatteten Module abgeschaltet werden. Die Elektronikmodule sind direkt hinter den PV-Paneelen verbaut, und drei bis vier sind jeweils zusammengeschaltet.

Beim AUE wird auf Energiespeicher im Haus verzichtet, da sich die Technologie noch im Entwicklungsstadium befindet. Ein allfälliger Überschuss wird ins Verteilnetz gespiesen und bei Bedarf zurückgeholt.

Ein früheres Plusenergie-Bürogebäude

Aber auch, wenn die Fassadenfläche nicht so markant grösser als die Dachfläche ist, kann sich der Einsatz von Solarfassaden lohnen, wie das Flumroc-Verwaltungsgebäude in Flums demonstriert. Das Gebäude wurde 2014 totalsaniert, mit einer sehr guten Wärmedämmung, einer effizienten Haustechnik und sparsamen Beleuchtung ausgerüstet. Dabei wurde es auch mit Fassaden-PV ausgestattet, da nur 61 % des benötigten Stromertrages auf dem Dach produziert werden können und man damit den angestrebten Energieertrag nicht erreichen kann. Die PV-Module wurden bewusst als gestalterischer Aspekt des Gebäudes eingesetzt, und nicht einfach als Zusatz zu einer fertigen Wand, der wie ein Fremdkörper wirken würde. Die Fassadengestaltung des Architekturbüros Viridén + Partner, bei der die Farben der Fenster nach oben heller werden, sorgt dafür, dass die dunklen Glasbänder angenehm unterbrochen werden. Auf dem Dach sind PV-Anlagen mit einer Nennleistung von 71,3 kW installiert, auf den Fassaden beträgt die installierte Leistung 57 kW, bei einer nur leicht grösseren genutzten Fläche (Dach: 403,4 m², Fassaden: 413,9 m²). Die Erzeugung der Fassaden ist somit ein wertvoller Zusatz zur Dachproduktion.

Die Solarfassaden trugen dazu bei, dass im sonnenreichen Jahr 2018 ein Energieüberschuss von 30 % produziert werden konnte. Konkret betrug er 24,7 MWh. Die Eigenenergieversorgung war da also deutlich höher, als die nach der Inbetriebnahme prognostizierten 115 %, die zum 2014 verliehenen Europäischen Solarpreis sowie dem Norman Foster Solar Award 2014 für das Gebäude führten.

Noch viel Luft nach oben

Obwohl die Photovoltaik die Funktionen von Fassaden wie Witterungsschutz, visuelle Wirkung usw. um die Energiebereitstellung erweitert und somit bei manchen Gebäuden eine sinnvolle Sache ist, ist sie in der Schweiz noch kaum verbreitet. Gemäss der kürzlich erschienenen Sonnenenergie-Statistik 2021 des Bundesamts für Energie, die seit 2020 die Fassadenanlagen separat ausweist, sind 118 solcher Anlagen ans Verteilnetz angeschlossen. Verglichen mit den 26888 anderen Netzverbund-PV-Anlagen scheint dies vernachlässigbar. Etwas besser sieht es aus, wenn man die Nennleistung dieser Anlagen betrachtet: Den 679,2 MW der Dach- und Freiflächenanlagen stehen 4,1 MW Fassadenanlagen gegenüber, also etwa 0,6 %. Das Potenzial ist noch beträchtlich.

Der Hauptgrund für die Zurückhaltung sind die Investitionskosten, die meist höher sind als bei anderen Fassadenmaterialien. Beim AUE lagen gemäss dem Architekten

tolvoltaïques sont recouverts, et 4,9 % en haut. L'utilisation de cellules PERC permet de compenser approximativement ces pertes: on atteint ainsi le rendement initialement prévu en 2014 pour les cellules polycristallines. Il serait bien sûr possible d'augmenter le rendement de ces quelques pourcents, mais il faudrait alors renoncer à l'effet de couleur recherché.

D'un point de vue technique, les installations constituent un système Solar Edge avec optimiseur de puissance, permettant de désactiver les modules ombragés. Les modules électroniques sont installés directement derrière les panneaux photovoltaïques, et ces derniers sont interconnectés par groupe de trois ou quatre.

Dans le cas de l'AUE, il n'y a pas de stockage d'énergie dans le bâtiment, car la technologie est encore en cours de développement. L'excédent éventuel de production est injecté dans le réseau de distribution et y est soutiré en cas de besoin.

Un ancien immeuble de bureaux à énergie positive

Mais l'utilisation de façades solaires peut aussi s'avérer rentable lorsque la surface de façades n'est pas aussi nettement supérieure à celle du toit, comme le démontre le bâtiment administratif de Flumroc à Flums. Ce bâtiment a été entièrement rénové en 2014 et doté d'une très bonne isolation thermique, d'une imotique efficace et d'un éclairage économique. Il a également été équipé de panneaux photovoltaïques en façade, car seuls 61 % de l'électricité nécessaire peuvent être produits sur le toit, ce qui ne permet pas d'atteindre le rendement énergétique visé. Les modules photovoltaïques ont été délibérément utilisés en tant qu'éléments de conception du bâtiment et non comme un simple ajout à un mur fini, qui donnerait l'impression d'être un corps étranger. La conception de la façade par le cabinet d'architectes Viridén + Partner, où les couleurs des cadres des fenêtres s'éclaircissent d'étage en étage, permet d'interrompre agréablement les bandes de verre foncées. Des panneaux photovoltaïques d'une puissance nominale de 71,3 kW sont installés sur le toit, tandis que la puissance installée sur les façades est de 57 kW, pour une surface utilisée à peine plus importante (403,4 m² pour le toit, 413,9 m² pour les façades). La production des façades constitue donc un précieux complément à celle du toit.

Les façades solaires ont ainsi contribué à la production d'un excédent d'énergie de 30 % en 2018, une année très ensoleillée. Concrètement, ce surplus s'est élevé à 24,7 MWh. L'auto-provisionnement en énergie était donc nettement plus élevé que les 115 % prévus après la mise en service, qui ont conduit à l'attribution au bâtiment du Prix solaire européen 2014 et du Norman Foster Solar Award 2014.

Une marge de progression encore importante

Bien qu'il ajoute la fourniture d'énergie aux fonctions usuelles des façades telles que la protection contre les intempéries et l'aspect visuel, entre autres, et qu'il consti-

Sven Kowalewsky die Kosten für die Solarfassade pro m² im Bereich der von Sichtbetonfassaden. Dafür erzeugen die Solarfassaden Strom – im Optimalfall bis zu fünfzig Jahre lang.

Bei historischen Gebäuden oder Häusern mit komplizierten Fassadenstrukturen ist ihr Einsatz zwar kaum sinnvoll, bei Gebäuden mit einer grossen Fassadenfläche hingegen ist das Potenzial für die Stromerzeugung gross. Bei industriellen Immobilien lässt sich zudem viel mit standardisierten Modulen erreichen. Für Wohnhäuser wächst das Angebot an farbigen bzw. mit digitalem Glasdruck individuell gestalteten Modulen oder beispielsweise durch Sandstrahlen modifizierten Oberflächen. Solche Anlagen können so in die Gebäudehülle integriert werden, dass sie kaum wahrnehmbar sind oder sogar einen visuellen Mehrwert bieten.

Natürlich kann man die Strategie auch umkehren und möglichst effiziente PV-Anlagen so integrieren, dass sie ein visuelles Statement darstellen, frei nach dem Motto: «Hier wird viel Strom erzeugt.» Eine Möglichkeit also, um das eigene Nachhaltigkeitskonzept visuell zu kommunizieren. Aber meist werden unauffälligere ästhetische Lösungen bevorzugt, die einen geringeren Ertrag abwerfen, der aber, wie beim erwähnten Amt für Umwelt und Energie, dem Optimum nahekommen kann.

Solarfassaden sind heute nur in wenigen Fällen wirtschaftlich, aber mit der entsprechenden Förderung könnte das vorhandene Potenzial deutlich besser genutzt werden. Im Winter wäre der zusätzliche Fassadenstrom besonders willkommen – ein Freischaufeln der Solarfassaden erübrigt sich, und die tief stehende Sonne leistet dann manchmal mehr als bei Dachinstallationen. Vielleicht gewinnen Solarfassaden künftig durch die Standardisierung auch an Popularität und können der Gebäudehülle eine zusätzliche, in Zeiten des Umstiegs auf erneuerbare Energien wichtige Funktion verleihen.

Literatur | Littérature complémentaire

→ Paolo Corti, Pierluigi Bonomo, Francesco Frontini, Building Integrated Photovoltaics. Status Report 2020, Supsi, 2021.



Autor | Auteur

Radomir Novotný ist Chefredaktor Electrosuisse.
Radomir Novotný est rédacteur en chef Electrosuisse.
 → Electrosuisse, 8320 Fehraltorf
 → radomir.novotny@electrosuisse.ch

tue donc un apport judicieux pour certains bâtiments, le photovoltaïque en façade est encore peu répandu en Suisse. Selon la récente Statistique de l'énergie solaire 2021 de l'Office fédéral de l'énergie, qui depuis 2020 présente séparément les installations en façade, seules 118 installations de ce type sont raccordées au réseau de distribution. Comparé aux 26 888 autres installations photovoltaïques reliées au réseau, ce nombre semble négligeable. La situation est un peu meilleure si l'on considère la puissance nominale: les 4,1 MW d'installations en façade correspondent à environ 0,6% des 679,2 MW des installations en toitures et au sol. Le potentiel est encore considérable.

La principale raison de cette retenue est à imputer aux coûts d'investissement, qui sont généralement plus élevés que pour les autres matériaux de façade. Dans le cas de l'AUE, selon l'architecte Sven Kowalewsky, le coût de la façade solaire par m² était de l'ordre de celui des façades en béton apparent. Mais les façades solaires produisent de l'électricité – et ce, pour une durée pouvant s'étendre idéalement jusqu'à cinquante ans.

Si leur utilisation n'est guère judicieuse pour les bâtiments historiques ou les maisons dotées de structures de façade compliquées, leur potentiel de production d'électricité est en revanche important pour les bâtiments présentant une grande surface de façades. Dans le cas d'immeubles industriels, il est en outre possible de réaliser beaucoup de choses avec des modules standardisés. Pour les bâtiments résidentiels, l'offre en matière de modules colorés ou personnalisés par impression numérique sur du verre, ou encore de surfaces modifiées par sablage, par exemple, est en pleine expansion. De telles installations peuvent être intégrées dans l'enveloppe du bâtiment de telle sorte qu'elles soient à peine perceptibles ou qu'elles apportent même une valeur ajoutée visuelle.

Bien entendu, il est également possible d'inverser la stratégie et d'intégrer les installations photovoltaïques les plus efficaces possible de telle sorte qu'elles constituent une déclaration visuelle, selon le principe: « Ici, beaucoup d'électricité est produite. » Une possibilité de communiquer visuellement son propre concept de durabilité. Mais la plupart du temps, on préfère des solutions esthétiques plus discrètes, qui présentent un rendement moins élevé, mais qui, comme dans le cas de l'Office de l'environnement et de l'énergie susmentionné, peuvent se rapprocher de l'optimum.

Les façades solaires ne sont aujourd'hui rentables que dans de rares cas, mais avec un soutien adéquat, le potentiel existant pourrait être nettement mieux exploité. En hiver, l'électricité supplémentaire produite par les façades serait particulièrement bienvenue – il n'est pas nécessaire d'enlever la neige des façades solaires et le soleil bas sur l'horizon permet parfois une production plus importante que pour les installations en toiture. Peut-être que les façades solaires gagneront en popularité à l'avenir grâce à la standardisation et pourront conférer à l'enveloppe du bâtiment une fonction supplémentaire importante à l'heure du passage aux énergies renouvelables.