

bulletin.ch

Technique du bâtiment

La durabilité sous
tous les angles

Gebäudetechnik

Die Nachhaltigkeit
hat viele Seiten

Gemeinsam wird es richtig gut: Mit den über 30 Lichtexperten von EM Licht haben Sie als Elektroinstallateur Ihren Lichtplaner schweizweit vor Ort. So realisieren Sie Lichtprojekte herstellerneutral und individuell mit uns als Ihrem bewährten Partner von der ersten Besprechung bis zur Inbetriebnahme. Kombiniert mit einem umfassenden Dienstleistungspaket erhalten Sie alles aus einer Hand. Einfach. Mehr.

Lichtplanung für Ihre Lichtprojekte



Lichtprojekt: Bergbahn Klein Matterhorn in Zermatt
Leistungen: Lichtplanung und -berechnung, regionale Beratung



Erfahren Sie, wie Lichtplanung
mit EM Licht funktioniert: e-m.info/806





Radomír Novotný
Chefredaktor
Rédacteur en chef

Die Vielfalt der Nachhaltigkeit

Die Dekarbonisierung hat die Gebäudetechnik in Bewegung gesetzt. Gemäss dem Bundesamt für Statistik hat sich der Anteil an Wärmepumpen bei Wohnhäusern seit 2000 verfünffacht. Jedes vierte Einfamilienhaus wird nun elektrisch beheizt. Aber nicht nur die Abkehr von fossilen Energieträgern für die Heizung nimmt Schwung auf, sondern auch die Stromproduktion an den Gebäuden selbst – die dann unter anderem für die Wärmepumpen direkt genutzt werden kann. Wie dies konkret aussehen kann, zeigt das im Einstiegsartikel vorgestellte Plusenergie-Haus in Poschiavo.

Aber bei der Technik im Kontext von Gebäuden gibt es noch weitere Aspekte: Forschungsprojekte befassen sich mit Fragen, die bereits beim Bauen ansetzen. Beispielsweise mit der Frage, wie sich CO₂-Emissionen für den Einsatz von Beton reduzieren lassen. Mit Simulationen können Baukomponenten so optimiert werden, dass sie bei gleicher Stabilität deutlich weniger Beton benötigen. Der 3D-Druck ermöglicht Gussformen mit futuristischen Formen, die sonst nicht möglich wären. Wie an der Empa demonstriert wurde, sind beispielsweise filigrane, hoch belastbare Wendeltreppen möglich. Auch Holz wird als alternatives Baumaterial wieder entdeckt – sogar für Hochhäuser. Die Digitalisierung erhöht hier die Nachhaltigkeit zusätzlich, indem sie für eine 3D-Vermessung der Bäume eingesetzt werden kann, um den Verschnitt zu minimieren. Leider würden aber die vielen spannenden neuen Möglichkeiten den Rahmen dieser Ausgabe sprengen. Wir beschränken uns deshalb auf elektrotechnisch relevantere Themen wie Energieeffizienz. Und machen nebenbei einen Abstecher zur Kernkraft, die ja heute in aller Munde zu sein scheint.

R. Novotný

La diversité de la durabilité

La décarbonation a fait bouger les choses dans le secteur de la technique du bâtiment. Selon l'Office fédéral de la statistique, depuis l'an 2000, la part des immeubles résidentiels dotés de pompes à chaleur a été multipliée par cinq. Désormais, une maison individuelle sur quatre est ainsi chauffée à l'électricité. Si l'abandon des énergies fossiles pour le chauffage prend de l'élan, c'est aussi le cas pour la production d'électricité sur les bâtiments eux-mêmes – et cette dernière peut être utilisée directement, entre autres, pour les pompes à chaleur. La maison de Poschiavo présentée dans l'article d'introduction au dossier montre concrètement à quoi une maison à énergie positive peut ressembler.

Mais la technique du bâtiment présente encore bien d'autres aspects: certains projets de recherche s'intéressent à des questions qui se posent dès la construction. Par exemple, la question de savoir comment réduire les émissions de CO₂ liées à l'utilisation du béton. Grâce à des simulations, il est possible d'optimiser les composants de construction de telle sorte qu'à stabilité égale, ils nécessitent nettement moins de béton. L'impression 3D permet de fabriquer des moules aux formes futuristes qui ne pourraient être réalisés autrement. Comme cela a été démontré à l'Empa, il est par exemple possible de réaliser des escaliers en colimaçon très fins et très résistants. Le bois est également redécouvert comme matériau de construction alternatif, même pour les bâtiments de grande hauteur. La numérisation augmente ici encore la durabilité en permettant de mesurer les arbres en 3D afin de minimaliser les coupes. Ce numéro ne suffirait toutefois pas à présenter toutes les nouvelles possibilités. Nous nous limitons donc à des thèmes plus axés sur l'électrotechnique tels que l'efficacité énergétique. Et faisons au passage un détour par l'énergie nucléaire, un sujet qui semble aujourd'hui être sur toutes les lèvres.

inhalt. sommaire.

Dossier

- 6** **Überschuss selbst im Winter |
Un surplus même en hiver**
Radomír Novotný
- 16** **Une stratégie pour décarboner
les bâtiments**
Sergi Aguacil et al.
- 20** **KI im Dienste der Energieversorger**
Sébastien Cajot
- 24** **Betriebsoptimierung im Wandel**
Simon Solenthaler
- 28** **Objets intelligents ? Attention à
la sécurité!**
Xavier Aymon
- 32** **Energie sparen mit Bürgerpower**
Andreas Stierli et al.

Panorama

- 37** **KONVENTIONELLE KRAFTWERKE**
Kommt die Atomkraft wieder?
Janosch Deeg
- 44** **CENTRALES CONVENTIONNELLES**
Le nucléaire va-t-il faire son grand retour ?
Janosch Deeg
- 51** **IT FÜR EVU**
Use Cases von Smart-Meter-Daten
Davide Crotta et al.
- 56** **MOBILITÉ**
En route vers un futur durable
Matthieu Bourgois, Tobia Wyss

**Titelbild**

Die in Gebäude integrierte Photovoltaik kann unter Umständen viel leisten: Dieses Haus in Poschiavo erzeugt oft sogar im Winter mehr Energie, als es braucht.

Photo de couverture

Dans certains cas, le photovoltaïque intégré aux bâtiments peut être particulièrement performant : cette maison de Poschiavo produit bien plus d'énergie qu'elle n'en consomme, souvent même en hiver.

Electrosuisse

- 60** **Perspektiven | Perspectives**
Urs-Peter Menti
- 61** **Willkommen bei Electrosuisse**
- 62** **Effizientere Motoren dank
Zusammenarbeit von ISO und IEC**
Conrad U. Brunner

Events

- 63** **Anlagentagung - Die Nachhaltigkeit hält
Einzug im Anlagenbau**
- 64** **FKH - Einweihung des neuen Prüflabors**

Diverses

- 3** **Editorial | Éditorial**
- 65** **Weiterbildung | Formation continue**
- 67** **Produkte | Produits**
- 70** **Impressum**

dossier.

Überschuss selbst im Winter

Gebäudeintegrierte Photovoltaik | Rund ein Drittel des CO₂-Ausstosses in der Schweiz lässt sich auf Gebäude zurückführen. Photovoltaik könnte diese Emissionen deutlich reduzieren. Manchmal sogar im Winter, wie ein Haus in Poschiavo zeigt.

Un surplus même en hiver

Photovoltaïque intégré au bâtiment | En Suisse, les bâtiments sont à l'origine d'environ un tiers des émissions de CO₂. Celles-ci pourraient être réduites considérablement grâce au PV. Et parfois même en hiver, comme le montre une maison de Poschiavo.



RADOMÍR NOVOTNÝ

Um Höchstleistungen zu erzielen, müssen zahlreiche Faktoren in vielen Bereichen stimmen. Wenn es darum geht, ein Haus zu bauen, das möglichst viel Energie produziert, möglichst wenig verbraucht und gleichzeitig hohen ästhetischen Ansprüchen genügt, müssen Bauherr und Architektin das gleiche Ziel verfolgen – wie beim Ersatzneubau an der Via dal Solch am Dorfrand von Poschiavo. Die Zusammenarbeit des Bauherrn Felix Vontobel mit der Architektin, seiner Tochter Nadia Vontobel, beim Plusenergiehaus Sol'CH zeigt beispielhaft auf, was möglich ist.

Am Anfang des Projekts stand ein sanierungsbedürftiges Einfamilienhaus mit schlechter Energiebilanz. Nach einer detaillierten Analyse entschied sich die Bauherrschaft für einen Neubau, denn die Analyse ergab, dass bei einer Sanierung nicht mehr viel Substanz vom Haus übrig geblieben wäre, wenn man das Ziel des energetischen Optimums konsequent verfolgt hätte. Dieses lässt sich am besten erreichen, wenn das Thema Energie so früh wie möglich in die Planung und den Entwurf einbezogen wird. Fast immer sind solche ganzheitlichen Lösungen auch ästhetisch überzeugender als nachträgliche Anpassungen.

Gebäudehülle mit Doppelfunktion

Ausgangspunkt der Planung war die These, dass jede neu gebaute Fassade- und Dachfläche neben ihrer Funktion als Gebäudehülle auch zur Stromerzeugung genutzt werden sollte: Dach und Fassade bieten dann nicht nur Schutz, sondern auch Energie. Für die Architektin Nadia Vontobel gibt es dafür aber kein allgemeingültiges Rezept: «Das sinnvolle Verhältnis von stromerzeugenden Flächen zur gesamten Oberfläche ist projektabhängig. Die Ausgangslage und die Gegebenheiten müssen projektspezifisch betrachtet werden.»

Um die Sonneneinstrahlung maximal nutzen zu können, wurde das Anfang September 2021 fertiggestellte Haus als langes, schmales, nach Süden ausgerichtetes Gebäude mit Photovoltaik auf allen Aussenflächen konzipiert, also auch auf den Fassaden. Das Haus nimmt die Geometrie der Parzelle auf und ist gleich ausgerichtet wie die umliegenden Häuser.

Ein leichter Knick in der langen Südfassade verdeutlicht das Zusammenspiel von Architektur und Technik: Architektonisch verbindet er den vorderen mit dem seitlichen Gartenbereich und deutet zugleich die beiden Wohneinheiten – mit separaten Eingangstüren und Treppenhäusern – an, in die das Haus bei Bedarf unterteilt werden kann. Die leichte Abknickung schafft zudem eine Gliederung der langen Südfassade und einen energetischen Vorteil: Die schräge Fassadenseite ist perfekt nach Süden ausgerichtet und erzielt somit den maximalen Ertrag.

Die erwähnte Flexibilität in der Nutzung gilt auch für die Konstruktion. Die Tragstruktur ist als schlanke Betonkonstruktion in Sichtbetonqualität ausgeführt. Die Betonkonstruktion, deren Herstellung energieintensiv ist, soll für mehrere Generationen der weniger langlebigen PV-Aussenhülle genutzt werden können. Die Innenwände hinge-

Pour pouvoir atteindre des performances maximales, une multitude de facteurs doivent généralement concorder dans de nombreux domaines. Lorsqu'il s'agit de construire une maison qui produit autant d'énergie que possible et en consomme aussi peu que possible tout en répondant à des exigences esthétiques élevées, le maître d'ouvrage et l'architecte doivent poursuivre le même objectif – comme cela a été le cas lors du remplacement d'une ancienne maison par une nouvelle à la Via dal Solch, en bordure du village de Poschiavo. La collaboration entre Felix Vontobel, le maître d'ouvrage, et l'architecte Nadia Vontobel, sa fille, lors de la réalisation de la maison à énergie positive Sol'CH illustre de manière exemplaire ce qu'il est possible d'atteindre.

Au départ: une maison individuelle à rénover affichant un mauvais bilan énergétique. Après une analyse détaillée, le maître d'ouvrage a opté pour une nouvelle construction – il ne serait de toute manière plus resté beaucoup de substance de la maison d'origine en cas de rénovation si l'on avait poursuivi systématiquement l'objectif visant à atteindre l'optimum énergétique. Et la meilleure façon de l'atteindre consiste à intégrer le thème de l'énergie le plus tôt possible dans la planification et la conception. Sur le plan esthétique aussi, de telles solutions globales sont généralement plus convaincantes que des adaptations ultérieures.

Une enveloppe de bâtiment à double fonction

Le point de départ de la planification était le suivant: chaque surface de façade et de toit nouvellement construite devait non seulement remplir sa fonction d'enveloppe du bâtiment, mais aussi être utilisée pour produire de l'électricité. Pour Nadia Vontobel, il n'existe toutefois pas de recette universelle: «Le rapport judicieux entre les surfaces productrices d'électricité et la surface totale dépend du projet. La situation de départ et les conditions doivent être considérées de manière spécifique au projet.»

Afin de pouvoir utiliser au maximum le rayonnement solaire, la maison a été conçue en tant que bâtiment long et étroit, orienté vers le sud, avec du photovoltaïque (PV) sur toutes les surfaces extérieures, façades comprises. Achevée début septembre 2021, elle suit la géométrie de la parcelle et est orientée comme les maisons environnantes.

Une légère inflexion dans la façade sud illustre l'interaction entre l'architecture et la technique: d'un point de vue architectural, elle relie la partie avant avec la partie latérale du jardin, tout en suggérant deux unités d'habitation. Grâce à ses portes d'entrée et cages d'escalier séparées, la maison pourrait en effet être divisée en cas de besoin. Le léger coude crée une articulation, mais offre aussi un avantage énergétique: le côté incliné est parfaitement orienté vers le sud et atteint ainsi un rendement maximal.

La flexibilité d'utilisation mentionnée s'applique également à la construction. La structure porteuse est réalisée sous forme d'une construction élancée en béton apparent.



Das Plusenergiehaus
Südseite mit abgeknickter Fassade.

La maison à énergie positive

La façade sud est constituée de deux parties orientées légèrement différemment.

gen sind als nicht tragende Holzständerwände ausgeführt, die bei Nutzungsänderungen versetzt oder entfernt werden können. Dadurch wird das Gebäude nachhaltiger und kann den Bedürfnissen der Bewohner angepasst werden.

Das Dach ist asymmetrisch, mit einer Neigung von 35° nach Süden. Eine möglichst grosse nach Süden ausgerichtete Dachfläche sorgt so für eine hohe Stromerzeugung. Bei dieser Neigung bleibt der Schnee zwar nicht liegen, verfängt sich aber in den Schneefängern und bedeckt manchmal die unterste Reihe der PV-Module. Um den Ertrag der freien Solarpaneele nicht zu stark zu reduzieren, sind diese Module deshalb mittels separaten Mikrowechselrichtern angeschlossen.

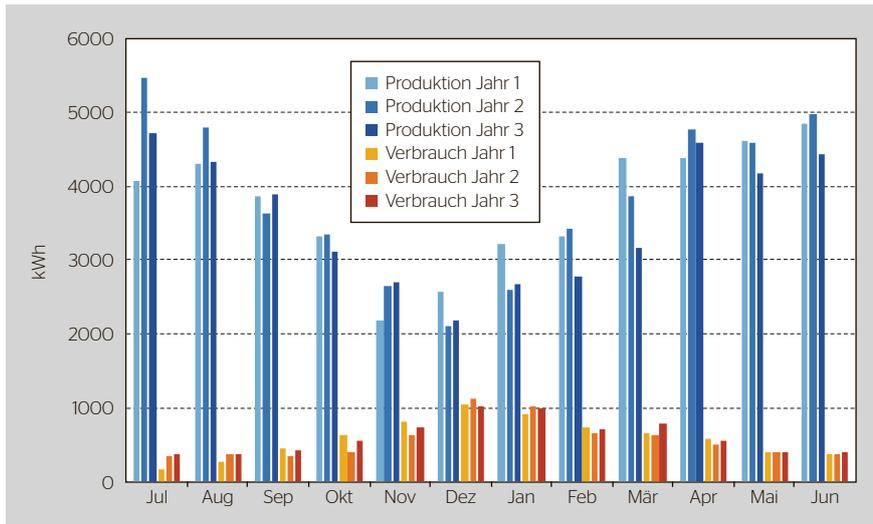
Im Winter haben die Solarfassaden zwei Vorteile: Erstens bleibt der Schnee nicht auf ihnen liegen und zweitens profitieren sie von der im Winter flachen Sonneneinstrahlung und Reflexionen des Schnees. Solarfassaden können auch als gestalterisches Element eingesetzt werden, denn es gibt heute viele Möglichkeiten bezüglich Format, Oberfläche und Farbe. Glas ist für eine Fassade grundsätzlich ein hochwertiges Material, da es extrem widerstandsfähig ist und bei Bedarf leicht gereinigt werden kann. Problematisch sind lediglich mechanische Kerbschläge, die die vorgespannten Solargläser beschädigen können.

Um eine Verschattung der stromerzeugenden Fassade möglichst zu vermeiden, wurden alle Aussenräume als Einschnitte ausgebildet. Ein konventioneller Balkon würde beispielsweise einen unerwünschten Schatten auf die Fassade werfen. Ein Einschnitt in der Mitte des Gebäudes hat unter anderem die Funktion, die zusammenhängende

Cette structure en béton, dont la fabrication est gourmande en énergie, doit pouvoir être utilisée pour plusieurs générations d'enveloppe extérieure photovoltaïque, dont la durée de vie est moins longue. Les murs intérieurs, en revanche, sont réalisés en tant que murs à ossature bois non porteurs qui peuvent être déplacés ou enlevés en cas de changement d'utilisation. Cela rend le bâtiment plus durable et permet de l'adapter aux besoins des occupants.

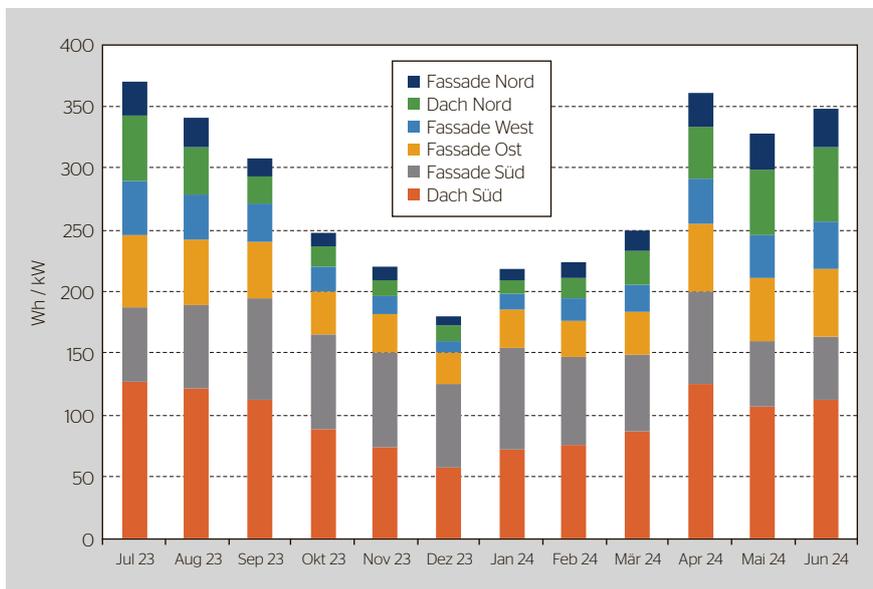
Le toit est asymétrique, avec une inclinaison de 35° vers le sud. Une surface de toit aussi grande que possible orientée vers le sud assure une production d'électricité élevée. Avec une telle inclinaison, la neige glisse, mais elle reste accrochée aux pare-neige et recouvre parfois la rangée inférieure de modules photovoltaïques. Pour ne pas trop réduire le rendement des autres panneaux solaires, ces modules sont raccordés au moyen de micro-onduleurs séparés.

En hiver, les façades solaires présentent deux avantages: premièrement, elles ne sont pas recouvertes de neige, et deuxièmement, elles profitent du rayonnement solaire plus horizontal pendant la saison froide et des réflexions sur la neige. Les façades solaires peuvent également être utilisées en tant qu'élément conceptuel: il existe aujourd'hui de nombreuses possibilités en termes de format, de surface et de couleur. De plus, le verre constitue en principe un matériau de grande qualité pour les façades, car il est extrêmement résistant et peut être facilement nettoyé en cas de besoin. Seuls les coups d'entaille mécaniques qui peuvent endommager les verres solaires trempés posent problème.



Produktion und Verbrauch des Hauses in den ersten drei Betriebsjahren (Juli 2021 bis Juni 2022, Juli 2022 bis Juni 2023, sowie Juli 2023 bis Juni 2024).

Production et consommation de la maison au cours des trois premières années d'exploitation (de juillet 2021 à juin 2022, de juillet 2022 à juin 2023, et de juillet 2023 à juin 2024).



Spezifische Produktion der Dach- und Fassadenflächen pro installierter kW Nennleistung.

Production spécifique des surfaces de toit et de façade par kW de puissance nominale installée.

Das nach Süden ausgerichtete Wohnzimmer wird durch den Einschnitt von aussen vom Essbereich abgegrenzt.

Le salon orienté vers le sud est séparé de la salle à manger par une avancée de la terrasse dans l'espace intérieur.



Fläche im Erdgeschoss in Essbereich, Küche und Wohnbereich zu unterteilen. Alle Haupträume, die Wohnräume im Erdgeschoss und die Zimmer im Obergeschoss, sind nach Süden ausgerichtet. Der nördliche Bereich dient der Erschliessung.

Da die Paneele heute nicht viel teurer als andere Fassaden- oder Dachsysteme sind, war klar, dass auch das Norddach und die Nordfassade damit verkleidet werden. Die einheitliche Gebäudehülle vereinfachte die Konstruktion und stärkt gleichzeitig den architektonischen Gesamtdruck. Für den Bauherrn war jedoch nicht von Anfang an klar, ob es sich überhaupt lohnen würde, diese Module anzuschliessen. Schliesslich wurde entschieden, diese energetisch zu nutzen und mit Wechselrichtern auszurüsten. Jetzt, nach drei Jahren, ist klar, dass vor allem das steile Norddach einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag an die Produktion leistet.

Modularität als Schlüssel

Bezüglich der Modulgrösse wurde früh entschieden, eine möglichst grosse Wiederholung gleicher Module anzustreben. Als Grundlage für das Raster wurde ein Standardmodul gewählt. Wichtig ist dabei, dass die Module auf der Baustelle handhabbar sind und mit den Öffnungen der Räume zusammenpassen. Eine Herausforderung war die Einhaltung von sehr kleinen Bautoleranzen, da PV-Module im Gegensatz zu Zementfaserplatten auf der Baustelle nicht mehr zugeschnitten werden können, so Felix Vontobel.

Um einen geeigneten Anbieter zu finden, wurden 18 Hersteller, auch im Ausland, kontaktiert. Schliesslich erfüllten nur zwei Hersteller alle Anforderungen. Einige Anbieter hatten kaum Fassadenmodule im Angebot, vor allem keine Sonderformate. Es gab auch Anbieter, die sagten, sie könnten alles liefern, aber zu einem überhöhten Preis. Da die Bezahlbarkeit ein wichtiges Kriterium in diesem Demonstrationsprojekt war, kamen diese Anbieter nicht in Frage.

Die Modularität führte dazu, dass für die 435 Module, die das Haus bekleiden, 45 Typen mit unterschiedlichen Formaten eingesetzt werden konnten. Nur bei fünf kleinen Modulen lohnte sich ein Anschliessen nicht. Für einen einheitlichen visuellen Eindruck wurden sie trotzdem mit PV-Zellen ausgestattet.

Die Dachmodule sind hocheffiziente Module, die etwas stärker reflektieren als die Fassadenmodule. Sie können wie Dachziegel geschuppt verlegt werden. Die Module der Fassaden haben satinierte, matte Gläser, die eingefärbt wurden. Hier stand die Ästhetik vor der Effizienz. Als System bilden die Module eine vorgehängte, hinterlüftete Fassade, vergleichbar mit vorgehängten Betonelementen oder Zementfaserplatten.

Die installierte Leistung des gesamten PV-Systems beträgt 65,6 kW und liegt damit über den 44 kW des Hausanschlusses. Obwohl die Solarflächen unterschiedlich ausgerichtet sind und nie gleichzeitig ihre maximale Leistung erzeugen, wurden einige PV-Strings mit Feinsicherungen abgesichert. Damit sollten die Spitzenströme bei reflektiertem Licht (Wolken) auf den für die Netzeinspeisung erlaubten Wert begrenzt werden.

Afin d'éviter autant que possible que la façade active ne soit ombragée, tous les espaces extérieurs ont été conçus sous forme d'encoches. Un balcon conventionnel, par exemple, projetterait une ombre indésirable sur la façade. Une échancrure au milieu du bâtiment a notamment pour fonction de diviser la surface continue du rez-de-chaussée en salle à manger, cuisine et salon. Toutes les pièces principales – les pièces à vivre au rez-de-chaussée et les chambres à l'étage – sont orientées vers le sud. La zone située au nord sert d'accès.

Les panneaux PV n'étant aujourd'hui pas beaucoup plus chers que d'autres systèmes de façade ou de toiture, il était clair que le toit et la façade nord seraient également habillés de cette manière. L'enveloppe uniforme du bâtiment simplifiait la construction tout en renforçant l'expression architecturale globale. Il n'a toutefois pas été évident dès le départ pour le maître d'ouvrage de savoir si cela valait la peine de raccorder ces modules. Finalement, il a été décidé de les utiliser également à des fins énergétiques et de les équiper d'onduleurs. Aujourd'hui, après trois ans, il est clair que c'est surtout le toit nord, très incliné, qui apporte une contribution non négligeable à la production.

La modularité en tant que clé

En ce qui concerne la taille des modules, il a été décidé très tôt de viser une répétition aussi grande que possible de modules identiques. Un module standard a été choisi comme base pour la trame. Il est important à cet égard que les modules soient maniables sur le chantier et qu'ils soient faciles à combiner avec les ouvertures des pièces. L'un des défis a consisté à respecter les tolérances de construction très faibles, car les modules PV ne peuvent pas être découpés sur le chantier, contrairement aux panneaux en fibres-ciment, explique Felix Vontobel.

Pour trouver un fournisseur approprié, 18 fabricants ont été contactés, y compris à l'étranger: seuls deux d'entre eux ont pu répondre à toutes les exigences. Certains n'avaient pratiquement pas de modules de façade à proposer, et surtout pas de formats spéciaux. D'autres ont affirmé pouvoir tout fournir, mais à un prix exorbitant. Comme l'un des critères importants dans ce projet de démonstration était qu'il devait rester abordable, ces fournisseurs ne sont donc pas entrés en ligne de compte.

La modularité a permis d'utiliser 45 types de formats différents pour les 435 modules qui habillent la maison. Seuls cinq petits modules ne valaient pas la peine d'être raccordés. Pour une impression visuelle uniforme, ils ont tout de même été équipés de cellules photovoltaïques.

Les modules installés sur le toit sont des modules à haute efficacité reflétant un peu plus le rayonnement solaire que les modules montés en façade. Comme les tuiles, ils peuvent être posés en écailles. Les modules des façades disposent quant à eux de verres satinés et mats qui ont été teintés. Là, l'esthétique a primé sur l'efficacité. En tant que système, ces modules forment une façade suspendue et ventilée par l'arrière, comparable à des éléments en béton ou des panneaux en fibres-ciment suspendus.



3000-l-Schichtladespeicher

Der Speicher sorgt für eine optimale Nutzung des Solarstromüberschusses.

Accumulateur à stratification d'une capacité de 3000 l

L'accumulateur assure une utilisation optimale de l'excédent de production photovoltaïque.

Wie sich im ersten Winter zeigte, können Feinsicherungen aber auch ihre Tücken haben: Die Sicherung eines Strings des Norddachs fiel aus. Der Fehler wurde aber erst im April entdeckt, als auch der zweite String ausfiel und der Wechselrichter eine Störung meldete. Eine höhere Absicherung löste das Problem. Der Winterausfall reduzierte die Produktion um rund 850 kWh, was etwa 2 % der Jahresproduktion entspricht.

Energieverbrauch minimieren

Um das gewünschte Energieziel zu erreichen, wurde auch der Energieverbrauch reduziert. Dies wurde durch eine gute Dämmung, passive Wärmeengewinnung durch grosse Fenster und die bereits erwähnte optimale Ausrichtung des Hauses erreicht. Die im Haus eingesetzten Materialien werden zudem als thermische Speichermasse genutzt. Ausserdem wird die Umweltwärme mit einer Wärmepumpe genutzt. Damit erfüllt das Haus alle Anforderungen der Label Minergie-P und Minergie-A und ist entsprechend zertifiziert.

Auch bei der Haustechnik ist Sparsamkeit zentral. So ist beispielsweise die Komfortlüftung mit einer Energierückgewinnung ausgestattet. Für Felix Vontobel war es wichtig, die Haustechnik und deren Steuerung so einfach wie möglich zu gestalten. Deshalb entschied er sich für den Energiemanager der Firma Solar Manager AG. Dieser kommuniziert mit allen elektrischen Komponenten wie Heizsystem, Ladestation oder Wechselrichter.

La puissance installée de l'ensemble du système photovoltaïque est de 65,6 kW, ce qui est supérieur aux 44 kW du raccordement de la maison. Bien que les surfaces solaires soient orientées différemment et n'atteignent jamais leur puissance maximale en même temps, certaines chaînes PV ont été protégées par des microfusibles. Cela devait permettre de limiter les courants de pointe en cas de lumière réfléchie (en présence de nuages) à la valeur autorisée pour l'injection dans le réseau.

Mais les microfusibles peuvent aussi avoir leurs inconvénients : le fusible d'une chaîne de modules du toit nord a sauté au cours du premier hiver, mais cela n'a été découvert qu'en avril, lorsque la deuxième chaîne a également arrêté de produire et que l'onduleur a signalé un dysfonctionnement. Un fusible de plus grande intensité a permis de résoudre le problème. Cette panne hivernale a réduit la production de près de 850 kWh, ce qui correspond à environ 2 % de la production annuelle.

Minimaliser la consommation d'énergie

Afin d'atteindre l'objectif énergétique prévu, il a également été nécessaire de réduire la consommation d'énergie. Cela a été possible grâce à une bonne isolation, à la récupération passive de la chaleur grâce à de grandes fenêtres et à l'orientation optimale de la maison. Les matériaux employés dans la maison sont en outre utilisés pour l'accumulation thermique, et une pompe à chaleur exploite la

Energie thermisch und elektrisch speichern

Bei aller neuen Technik gibt es doch etwas, das vom alten Haus übernommen werden konnte: der 3000-l-Wasser-Wärmespeicher. Er kann rund 50 kWh speichern und wurde ursprünglich zusammen mit Warmwasserkollektoren verwendet. Er ist eine zentrale Komponente für die Speicherung von überschüssiger Sonnenenergie. Batteriespeicher mit vergleichbarer Kapazität gibt es für Einfamilienhäuser kaum. Der Boiler arbeitet als Schichtladespeicher: Die Wärmepumpe bringt den oberen Bereich, wo das Warmwasser aufbereitet wird, auf eine separat wählbare Temperatur. Der untere Teil mit niedrigerer Temperatur wird zum Heizen verwendet. In der Regel läuft die Wärmepumpe nur, wenn die Sonne scheint.

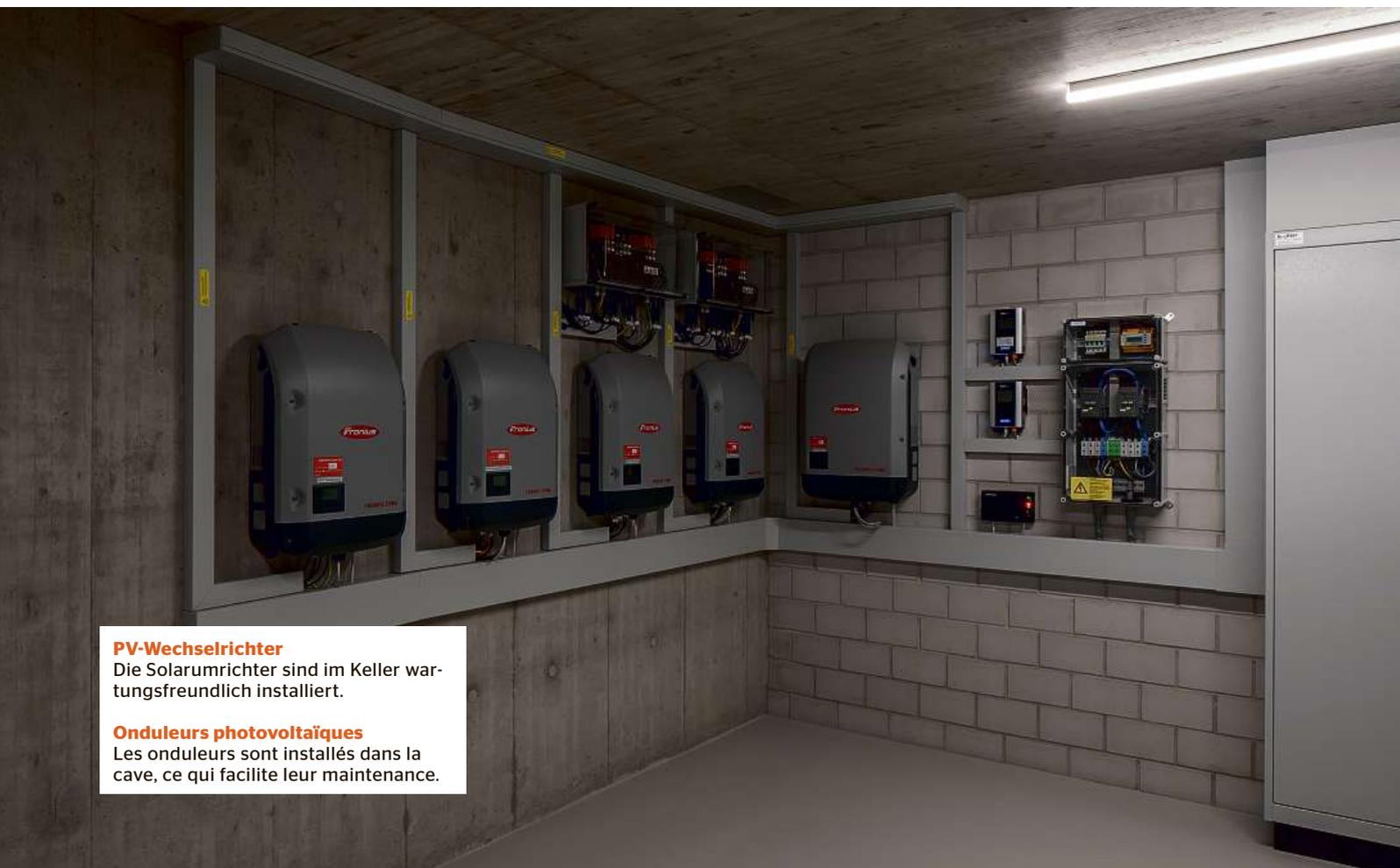
Die Temperatur des Heisswassers kann über den Energiemanager um 10 °C erhöht werden, z.B. wenn Besuch kommt und ein höherer Warmwasserverbrauch erwartet wird. Im Warmwasserspeicher befinden sich auch zwei stufenlos regulierbare ohmsche Widerstände à je 9 kW, mit denen der gesamte Speicher bis auf 80 °C aufgeheizt werden kann. Im Bedarfsfall steht damit eine erhebliche zusätzliche Speicherkapazität zur Verfügung. Die ohmschen Heizeinsätze werden zurzeit für die Legionellenschaltung

chaleur de l'environnement. La maison répond ainsi à toutes les exigences des labels Minergie-P et Minergie-A, et a été certifiée en conséquence.

Les économies d'énergie constituent aussi l'un des objectifs essentiels de la technique du bâtiment. Par exemple, l'aération douce est équipée d'un système de récupération d'énergie. Pour Felix Vontobel, il était important que la domotique et sa commande restent aussi simples que possible. C'est pourquoi il a opté pour le système de gestion d'énergie de l'entreprise Solar Manager AG. Celui-ci communique avec tous les composants électriques tels que le système de chauffage, la borne de recharge pour véhicule électrique ou les onduleurs.

Stockages thermique et électrique de l'énergie

Malgré tous les nouveaux éléments techniques, il a tout de même été possible de réutiliser quelque chose de l'ancienne maison: l'accumulateur de chaleur d'une capacité de 3000 l. Celui-ci peut stocker environ 50 kWh et était à l'origine utilisé avec des capteurs solaires thermiques. Il s'agit d'un élément essentiel pour le stockage de l'énergie solaire excédentaire. Il n'existe en effet pratiquement pas de batterie d'une capacité comparable pour les maisons



PV-Wechselrichter

Die Solarumrichter sind im Keller wartungsfreundlich installiert.

Onduleurs photovoltaïques

Les onduleurs sont installés dans la cave, ce qui facilite leur maintenance.

verwendet. Sollte die Wärmepumpe einmal ausfallen, kann mit ihnen jederzeit Heizung und Warmwasser sichergestellt werden.

Ein weiterer Energiespeicher ist das vor dem Haus parkierte Elektroauto, das je nach Einstellung des Solarmanagers geladen wird – entweder immer, nur bei Überschuss, nur bei Niedertarif oder zeitgesteuert. Zudem kann im Solarmanager eingestellt werden, mit welcher Priorität welche Verbraucher versorgt werden sollen. Wenn beispielsweise das Auto nur mit Solarstrom geladen werden soll, folgt der Energiemanager genau der Produktionskurve und erhöht den Eigenverbrauch bzw. reduziert den Netzbezug.

Ursprünglich war geplant, das Auto bidirektional als Energiespeicher zu nutzen, um auch nachts energieautark zu sein. Das bestellte Elektroauto, ein Audi E-Tron, konnte erst nach 19 Monaten geliefert werden und ist für eine bidirektionale Nutzung der Batterie vorbereitet. Leider hat sich der Markt für bidirektionale Ladestationen trotz vieler Ankündigungen bisher kaum entwickelt. Kosten von über 10 000 CHF lassen keine wirtschaftliche Nutzung zu, weshalb vorläufig auf diese Option verzichtet wird. Das konsequente Laden mit PV-Überschuss lässt aber eine deutliche Erhöhung des Eigenverbrauchs zu. So konnten in den ersten neun Monaten rund 80 % des Energiebedarfs für die gefahrenen 11 000 km mit eigenem PV-Überschuss gedeckt werden.

Die Weichen möglichst früh stellen

Das Plusenergiehaus Sol'CH in Poschiavo zeigt, dass erstaunlich viel erreicht werden kann, wenn die Energieziele bei Neubauten möglichst früh in der Planung berücksichtigt werden und das Haus an einem geeigneten Standort steht. Dabei geht es nicht darum, möglichst viel Technik einzubauen, sondern die Nachhaltigkeit des gesamten Gebäudes im Auge zu behalten und nur die nötige Technik einzusetzen. Das Haus produziert einen energetischen Überschuss von über 500 % jährlich. Sogar im Winter übersteigt die Produktion den Verbrauch um das Dreifache – ohne dass man mit der Daunenjacke bei Kerzenlicht auf dem Sofa sitzen muss.

Literatur | Littérature complémentaire

→ Felix Vontobel, «Winter-Plusenergiehaus Sol'CH», Bericht Pilot- und Demonstrationsprojekt im Gebäudebereich: Bericht 1, 12. August 2022; Bericht 2, 1. August 2023; Bericht 3, 25. Juli 2024.



Autor | Auteur

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

individuelles. Le chauffe-eau fonctionne comme un accumulateur à stratification: la pompe à chaleur amène la partie supérieure, où l'eau chaude sanitaire est préparée, à une température pouvant être sélectionnée séparément. La partie inférieure, à une température plus basse, est utilisée pour le chauffage. En règle générale, la pompe à chaleur ne fonctionne que lorsque le soleil brille.

La température de l'eau chaude sanitaire peut être augmentée de 10 °C via le système de gestion d'énergie, par exemple s'il est prévu d'avoir des invités, et donc une consommation d'eau chaude plus importante. Dans le ballon d'eau chaude se trouvent également deux résistances ohmiques réglables en continu de 9 kW chacune, qui permettent de chauffer l'ensemble du réservoir jusqu'à 80 °C. En cas de besoin, une capacité de stockage supplémentaire considérable est ainsi disponible. Les résistances ohmiques sont actuellement utilisées pour le cycle anti-légionellose. Si la pompe à chaleur devait tomber en panne, elles permettraient d'assurer à tout moment le chauffage et la production d'eau chaude.

Un autre système de stockage d'énergie: la voiture électrique garée devant la maison, qui est rechargée en fonction des réglages du gestionnaire d'énergie solaire – toujours, uniquement en cas d'excédent de production, uniquement aux heures de bas tarif, ou en fonction d'un horaire défini. Le gestionnaire d'énergie solaire permet en outre de définir quels consommateurs doivent être alimentés en priorité. Si, par exemple, la voiture ne doit être rechargée qu'avec du courant photovoltaïque, le système de gestion d'énergie suit exactement la courbe de production et augmente la consommation propre ou réduit le prélèvement sur le réseau.

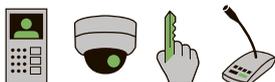
Il était prévu à l'origine d'utiliser la voiture de manière bidirectionnelle comme système de stockage d'énergie afin d'être également énergétiquement autonome la nuit. Il a fallu attendre 19 mois pour que la voiture électrique commandée, une Audi E-Tron prête pour une utilisation bidirectionnelle de la batterie, soit livrée. Malheureusement, malgré de nombreuses annonces, le marché des bornes de recharge bidirectionnelles ne s'est guère développé jusqu'à présent et les prix restent supérieurs à 10 000 CHF. Une utilisation rentable n'est donc pas encore envisageable, raison pour laquelle cette option a été provisoirement abandonnée. La recharge systématique avec l'excédent de production PV augmente toutefois de manière significative la consommation propre et a permis de couvrir environ 80 % des 11 000 km parcourus au cours des neuf premiers mois.

Poser les jalons le plus tôt possible

La maison à énergie positive Sol'CH, à Poschiavo, montre qu'il est possible d'atteindre des résultats étonnants lorsque les objectifs énergétiques des nouvelles constructions sont pris en compte aussi tôt que possible dans la planification et que la maison est située à un endroit approprié. Il ne s'agit pas d'installer le plus de technique possible, mais de garder à l'esprit la durabilité de l'ensemble du bâtiment tout en n'utilisant que la technique nécessaire. Cette maison produit un excédent d'énergie de plus de 500 % par an. Même en hiver, la production est trois fois plus élevée que la consommation – et ce, sans avoir à rester chez soi à la lumière des bougies, blotti avec sa doudoune sur le canapé.

Warum eine Zentrale ... wenn es auch ohne geht?! NeuroKom® IP

Serverlos und via IP-Netzwerk: das Intercomsystem NeuroKom® IP kommt komplett ohne Zentrale aus. Die Intelligenz der Anlage wird auf die einzelnen Sprechstellen aufgeteilt. Es existiert somit kein «single point of failure». Mit vielseitigen Sprechstellen stehen passende Produkte für jeden Anwendungsbereich bereit: für Industrie, Banken, Bildungseinrichtungen, Feuerwehr, Parkhäuser, Polizei, Spitäler und viele mehr.



KOCH
www.kochag.ch



Lieferung garantiert: Hohe Verfügbarkeit – schnelle Lieferung.

Auf CTA Energy Systems ist Verlass. Sie bestellen, wir liefern. Und das mit Garantie. Dank hohem Lagerbestand sind unsere Lieferketten auch in Zeiten wie diesen sichergestellt.

Folgende USV-Anlagen sind ab Lager für Sie verfügbar:

- Rund 400 einphasige Kleingeräte bis 8 KVA
- Rund 170 dreiphasige USV-Anlagen, 10 – 100 KVA

Sie haben Fragen? Wir beraten Sie gerne.



Bern / Zug
www.usv.ch

usv.ch

CTA
Energy Systems



Image de synthèse du futur bâtiment du Smart Living Lab : façades sud et ouest.

Une stratégie pour décarboner les bâtiments

Production photovoltaïque et stockage d'énergie sous forme d'hydrogène | La forte augmentation de la production photovoltaïque fait émerger de nouveaux besoins. L'évolution des tarifs de rétribution pour l'injection ainsi que le déséquilibre entre la production estivale et la demande hivernale rendent le stockage saisonnier pertinent. L'hydrogène, malgré son coût élevé, pourrait offrir une solution prometteuse.

SERGI AGUACIL, PHILIPPE COUTY, JEAN-PHILIPPE BACHER

Favorisé par la transition énergétique vers les nouvelles énergies renouvelables, le déploiement des installations photovoltaïques (PV) a connu une croissance exponentielle en Suisse au cours des dernières années. L'intégration du photovoltaïque au bâtiment attire de plus en plus l'intérêt des acteurs de la construction et de l'énergie, notamment en raison de sa capacité à transformer les bâtiments en producteurs d'énergie tout en respectant les contraintes architecturales. Cependant, le développement du PV soulève plusieurs problématiques.

Tout d'abord, les tarifs actuels de rétribution de l'injection d'électricité dans le réseau ne sont pas garantis sur le long terme, ce qui incite fortement à maximiser l'autoconsommation. En effet, le prix de l'électricité consommée directement sur place est plus avantageux que celui de l'électricité revendue au réseau. Ensuite, le déséquilibre entre la production estivale élevée et la demande hivernale représente un défi majeur à l'échelle du territoire. L'énergie solaire, qui devrait fournir à la fin de cette année près de 10% des besoins annuels d'électricité de la Suisse, est

produite principalement en été. Elle doit donc être stockée pour répondre à la demande hivernale, ce qui nécessite des solutions de stockage d'énergie efficaces sur le long terme.

Dans ce contexte, la transformation « power to gas to power » émerge en tant que solution potentielle pour le stockage saisonnier. Cette approche consiste à convertir l'électricité excédentaire produite en été en hydrogène par électrolyse, puis à stocker celui-ci sous forme gazeuse. Cet hydrogène peut ensuite être reconverti en électricité via une pile à combustible lorsque la demande

dépasse la production locale, notamment en hiver (figure 1). Le défi consiste à optimiser cette transformation avec la meilleure efficacité possible pour maximiser l'autoconsommation et l'autosuffisance énergétique, tout en minimisant l'impact environnemental.

Déploiement du photovoltaïque sur le bâtiment du SLL

Le bâtiment du Smart Living Lab (SLL) [1], qui sera construit à Fribourg, représente un exemple concret d'intégration des technologies de stockage d'énergie au sein de l'environnement bâti. Ce centre de recherche innovant sera composé de quatre étages et d'un sous-sol, d'une surface totale de 5000 m² [2]. Le bâtiment abritera à la fois des espaces de bureaux et des laboratoires de recherche, et servira de plateforme d'expérimentation pour des solutions énergétiques avancées.

Avec une puissance nominale d'environ 135 kW répartie sur plusieurs orientations, l'installation photovoltaïque prévue pour le SLL est particulièrement ambitieuse. Le processus de sélection des surfaces PV a été minutieux, en tenant compte de l'exposition solaire et du potentiel de production. L'objectif est de produire suffisamment d'électricité pour atteindre un taux d'autosuffisance d'au moins 50 %, une exigence qui s'inscrit dans la démarche de neutralité carbone du projet.

La méthodologie utilisée pour le choix des surfaces PV repose sur des outils de modélisation avancés. Les données relatives à l'irradiation solaire, combinées aux caractéristiques architecturales du bâtiment, ont permis de déterminer les zones optimales pour l'installation des panneaux solaires (figure 2). Cette approche garantit une production énergétique maximale tout en intégrant les contraintes esthétiques et fonctionnelles du bâtiment.

Choix de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique

L'hydrogène s'impose comme un vecteur énergétique prometteur pour le stockage saisonnier, permettant de lisser les écarts entre la production estivale et la consommation hivernale.

Les avantages de l'approche « power to gas to power » sont multiples. Tout d'abord, l'hydrogène offre une densité énergétique élevée, ce qui permet de stocker de grandes quantités d'énergie

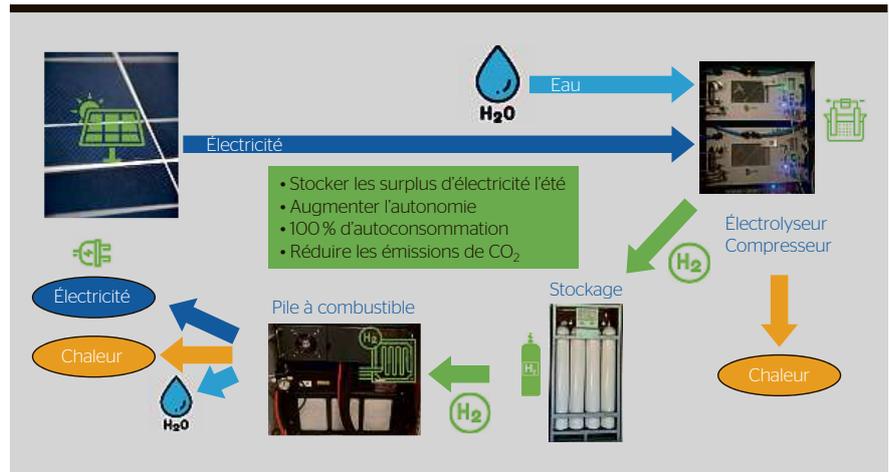


Figure 1 Schéma de principe de la chaîne de conversion d'énergie de la transformation « power to gas to power ».

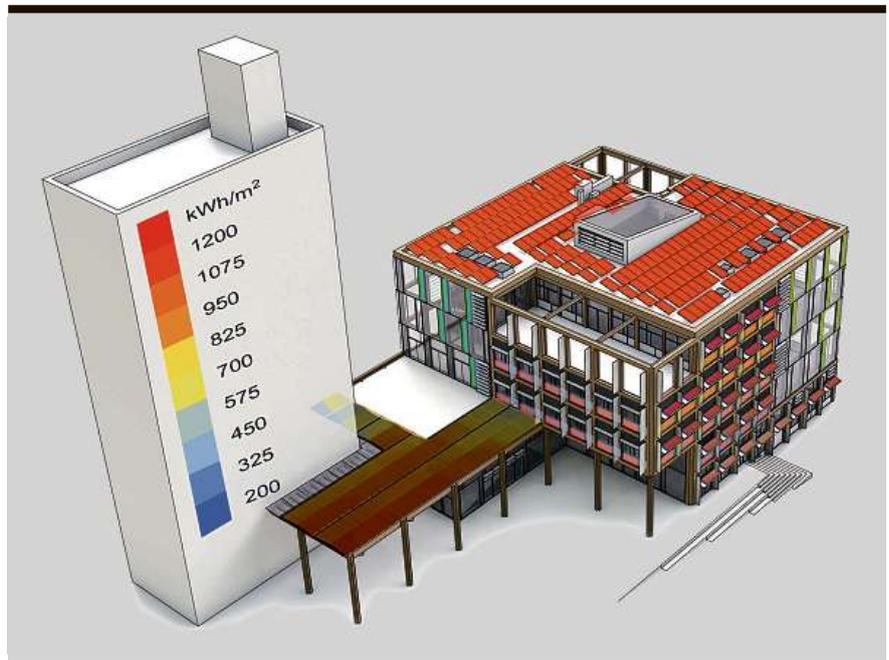


Figure 2 Irradiation annuelle cumulée reçue : représentation du potentiel solaire des différentes surfaces du bâtiment du Smart Living Lab.

dans un volume relativement restreint. De plus, la production d'hydrogène par électrolyse est une technologie mature, bien que son intégration à l'échelle des bâtiments reste encore en phase de développement avec de premiers projets pilotes.

Cependant, des obstacles subsistent. Le coût des systèmes de production, de stockage et de reconversion de l'hydrogène est encore élevé, ce qui limite leur adoption à grande échelle. De plus, pour maximiser l'efficacité globale du système, il est essentiel de valoriser la chaleur produite par la pile à combustible en hiver, voire par l'électrolyseur en été.

Avec un rendement de la pile à combustible de 50 à 60 %, il convient de pouvoir récupérer la chaleur co-produite. Cela nécessite une intégration intelligente avec le système de chauffage et d'eau chaude sanitaire du bâtiment comprenant un ballon tampon, et donc de réfléchir à cette intégration dès le début de la conception du bâtiment.

L'hydrogène présente également un intérêt particulier pour les services au réseau électrique, notamment dans les segments moyenne tension (MT) et basse tension (BT). En période de forte production photovoltaïque, l'hydrogène peut être utilisé pour absorber les

Modes	Autosuffisance / %	Émissions CO ₂ / kg CO ₂ -eq	Efficacité / %	Pic de soutirage / kW	Pic d'injection / kW
Autosuffisance maximale	80,7	9671	34	47,5	140
Limitation des pics	72,5	6764	48,5	39	99
Efficacité maximale	77	8071	49,5	45,3	140
Limitation des émissions de CO ₂	73,6	5658	41	47,5	142,8
Sans H ₂	69	5586	0	51,2	142,8

Tableau 1 Résultats des simulations pour les différents modes de fonctionnement envisagés.

excédents d'énergie, réduisant ainsi les pics d'injection dans le réseau et contribuant à la stabilité du système électrique. En hiver, à l'inverse, la pile à combustible peut être sollicitée à des moments favorables pour éviter toute surcharge du réseau électrique.

Modélisation et optimisation des systèmes

Diverses simulations ont été réalisées afin de tester la faisabilité et l'efficacité de l'intégration d'un système de stockage d'hydrogène au bâtiment SLL.

Ces simulations ont permis de comparer différentes configurations: un système PV seul, un système PV couplé à des batteries, et un système combinant PV, batteries et stockage d'hydrogène.

Le modèle de simulation intègre des données horaires relatives à la production photovoltaïque et à la demande énergétique du bâtiment. Les spécifications des systèmes de stockage, tant pour les batteries que pour l'hydrogène, sont également prises en compte. L'efficacité électrique moyenne de la pile à combustible est de 50 % et son efficacité

thermique de 35 %. Le programme permet de simuler la gestion de l'énergie sur une année entière, offrant ainsi une vision claire des performances du système en termes de taux d'autoproduction, d'autoconsommation et d'auto-suffisance.

La méthodologie de dimensionnement retenue repose sur une optimisation multicritère utilisant des outils open source interactifs et en ligne, tels que Design Explorer [3], pour l'exploration visuelle des résultats et des variantes, afin d'analyser et de choisir parmi les différents scénarios étudiés.

Résultats

Le modèle a également permis de tester plusieurs modes de gestion de l'énergie. Avec un système de stockage d'hydrogène d'une capacité de 300 kg, soit 14,3 m³ d'hydrogène compressé à 300 bar, le mode maximisant le taux d'autosuffisance permet par exemple d'atteindre l'objectif fixé, c'est-à-dire un taux d'autosuffisance de 80 %. La capacité maximale de stockage d'hy-

IN KÜRZE

Eine Strategie zur Dekarbonisierung von Gebäuden

Solarstromerzeugung und Energiespeicherung mit Wasserstoff

Der erwartete starke Anstieg der Solarstromerzeugung führt zu neuen Bedürfnissen, insbesondere bezüglich saisonaler Speicherung. Eine mögliche Lösung wäre die Umwandlung des überschüssigen Sommerstroms durch Elektrolyse in Wasserstoff. Dieser könnte im Winter mit einer Brennstoffzelle wieder zur Stromerzeugung genutzt werden (Power-to-Gas-to-Power-Umwandlung). Die Herausforderung besteht darin, diese Umwandlung so zu optimieren, dass die maximale Effizienz erreicht wird.

Mit diversen Simulationen wurde untersucht, ob die Integration eines Wasserstoffspeichersystems im Smart Living Lab (SLL) möglich wäre und wie effizient die Technologie sein würde. Das SLL wird ein Gebäude in Freiburg sein, in dem Experimente mit fortschrittlichen Energielösungen durchgeführt werden sollen. Die Simulationen ermöglichen den Vergleich verschiedener Konfigurationen: nur PV, ein PV-System mit Batteriespeicher und ein System, das PV, Batterien und Wasserstoffspeicher kombiniert.

In das Simulationsmodell flossen stündliche Solarstromerzeugungsdaten (Anlage mit 135 kW Nennleistung) und Verbrauchsdaten des Gebäudes sowie die Spezifikationen der Speichersysteme ein. Da die Brennstoffzelle einen durchschnittlichen elektrischen Wirkungsgrad von 50 % und einen thermischen Wirkungsgrad von 35 % hat, ist es wichtig, dass die erzeugte Wärme für das Heizungs- und Warmwassersystem des Gebäudes genutzt werden kann.

Mit dem Modell konnten mehrere Energiemanagementmodi getestet werden, die unterschiedliche Ziele verfolgen: maximale Selbstversorgung, Begrenzung der Leistungsspitzen, maximale Energieeffizienz oder Begrenzung der CO₂-Emissionen. Bei einem Wasserstoffspeichersystem mit einer Kapazität von 300 kg (14,3 m³ auf 300 bar komprimierter Wasserstoff) kann beispielsweise mit dem Modus, der die Autarkie maximiert, ein Autarkiegrad von 80 % erreicht werden. Die maximale Wasserstoffspeicherkapazität wird im Sommer in zwei Monaten erreicht und im Winter leert sich der Speicher kontinuierlich innerhalb weniger Monate. Um den gleichen Autarkiegrad ohne Wasserstoffspeicherung zu erreichen, hätte die Kapazität der 30-kWh-Lithium-Ionen-Batterie 17-mal grösser sein müssen. Ein weiteres Beispiel: Durch den Modus, der die Leistungsspitzen bei der Einspeisung und Entnahme aus dem Netz begrenzt, können diese Spitzen um bis zu 30 % reduziert werden.

Die Integration eines Wasserstoffspeichersystems auf Gebäudeebene bietet interessante Perspektiven. Es gibt jedoch noch Herausforderungen, insbesondere in Bezug auf die Kosten der Geräte und die Komplexität ihrer Integration in bestehende Gebäude. Weitere Forschungsarbeiten sind nötig, um die Geschäftsmodelle und Steuerungsstrategien zu verfeinern, damit diese Lösungen auf dem Markt zugänglicher und attraktiver werden.

drogène est atteinte en deux mois l'été et le stock se vide petit à petit en quelques mois en hiver. Pour arriver au même résultat sans stockage sous forme d'hydrogène, la capacité de la batterie Li-ion de 30 kWh aurait dû être 17 fois plus importante.

Différents objectifs d'optimisation du dimensionnement ont été définis (modes). En effet, il est possible de viser une autosuffisance maximale, une limitation des pics de puissance, une efficacité énergétique maximale de la transformation «power to gas to power», ou encore une limitation des émissions de CO₂ (tableau 1). Le mode de limitation des pics, par exemple, réduit significativement les pics de puissance de l'injection et des prélèvements sur le réseau – jusqu'à -30% –, contribuant ainsi à stabiliser la consommation et la production au niveau du bâtiment. Le mode de limitation des émissions de CO₂ permet, quant à lui, d'obtenir un bilan neutre en optimisant les périodes d'achat et de vente d'électricité en fonction du contenu carbone du mix électrique suisse.

Conclusions et perspectives

L'étude du bâtiment SLL montre que l'intégration d'un système de stockage d'hydrogène à l'échelle du bâtiment offre de nombreuses perspectives intéressantes. En offrant une autonomie sur plusieurs

semaines, l'hydrogène constitue en effet une solution de stockage saisonnier envisageable, contrairement aux batteries dont l'usage se limite en général à quelques heures. Non seulement ce système permet d'augmenter le taux d'auto-suffisance et de réduire les pics de soutirage et d'injection de puissance, mais il contribue également à une meilleure gestion des ressources énergétiques locales.

Cependant, des défis subsistent, notamment en ce qui concerne le coût des équipements et la complexité de leur intégration dans les bâtiments existants. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour affiner les modèles économiques et les stratégies de contrôle, afin de rendre ces solutions plus accessibles et attractives sur le marché.

Que ce soit à l'échelle européenne ou suisse, la stratégie «hydrogène» prend de plus en plus d'importance dans la transition énergétique. Le déploiement de telles technologies pourrait jouer un rôle clé dans la décarbonation des secteurs résidentiels et tertiaires, tout en apportant des services précieux aux réseaux électriques.

Les prochaines étapes de ce projet incluent l'optimisation du code de simulation, l'analyse détaillée des aspects financiers ainsi que l'exploration de nouvelles opportunités pour l'utilisa-

tion de l'hydrogène, notamment dans le cadre de la mobilité durable. L'avenir de l'hydrogène dans le bâtiment semble prometteur, mais il dépendra de la capacité à surmonter les obstacles technologiques et économiques actuels.

Littérature complémentaire

- S. Aguacil, Y. Morier, P. Couty, J.-P. Bacher, « Building-integrated photovoltaics (BIPV) system with hydrogen-based electricity storage system at building-scale towards carbon neutrality », Acta Polytechnica CTU Proceedings, Vol. 38, p. 281–287, 2022. doi.org/10.14311/APP.2022.38.0281
- S. Aguacil Moreno, « Influence of future climate scenarios on the sizing of Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) installations. Case study of a new research-center building in Switzerland », Proceedings of Building Simulation 2023, 18th Conference of IBPSA, p. 2043–2050, 2023. doi.org/10.26868/25222708.2023.1530

Références

- [1] Smart Living Lab. www.smartlivinglab.ch
- [2] Bâtiment du Smart Living Lab. building.smartlivinglab.ch
- [3] Projet « 2023 | Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) Sizing Resilience | Publication », réalisé à l'aide de DesignExplorer v2. design-explorer.epfl.ch.

Auteurs

D^r **Sergi Aguacil** est responsable du groupe Building2050 et manager de l'intégration de l'innovation et de la durabilité dans le bâtiment à l'EPFL.
→ EPFL, 1700 Fribourg
→ sergi.aguacil@epfl.ch

D^r **Philippe Couty** est chargé de cours et responsable du CAS en hydrogène vecteur d'énergie à la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg, HES-SO Haute école spécialisée de Suisse occidentale.
→ HEIA-FR, 1700 Fribourg
→ philippe.couty@hefr.ch

Prof. **Jean-Philippe Bacher** est professeur ordinaire à la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg, HES-SO Haute école spécialisée de Suisse occidentale.
→ jean-philippe.bacher@hefr.ch



pronutec AG

Starkstromkomponenten von den Experten



Composants basse tension par des experts

pronutec AG
Rosenweg 3
6234 Triengen

041 545 86 70
info@pronutec.ch
www.pronutec.ch





KI im Dienste der Energieversorger

Dekarbonisierung des Gebäudesektors mit generativem Design | Ist es angesichts der Tatsache, dass die meisten Gebäude mit fossilen Brennstoffen beheizt werden und die Renovierungsrate bei nur 1% pro Jahr liegt, noch realistisch, die Klimaziele zu erreichen? Eine digitalisierte, KI-gestützte Planung könnte den Mangel an Arbeitskräften durch die Priorisierung von Projekten mit grosser Wirkung ausgleichen.

SÉBASTIEN CAJOT

Energieversorger spielen eine Schlüsselrolle bei der Dekarbonisierung von Gebäuden, sei es durch den Einsatz von Wärmenetzen, Solaranlagen oder durch die Unterstützung von Städten bei der Erstellung territorialer Energiepläne. Doch angesichts der Tatsache, dass zwei Drittel der Gebäude immer noch mit fossilen Brennstoffen beheizt werden, nur 1% jährlich renoviert werden und ein Mangel an qualifizierten Arbeitskräften herrscht [1,2], stellt sich eine neue Herausforderung: Wie können wir die Klimaziele in der nötigen Geschwindigkeit und dem erforderlichen Umfang erreichen? Heute ermöglichen innovative digitale Lösungen, mehr mit weniger zu errei-

chen, indem sie die bestehenden Teams produktiver machen und es ermöglichen, die begrenzten Ressourcen – finanziell, zeitlich und materiell – auf die wirkungsvollsten Projekte zu konzentrieren.

Urbio, ein Schweizer Softwareentwicklungsunternehmen, hat ein Tool entwickelt, das an drei Fronten innovativ ist und in einer Webplattform verlässliche Daten, interaktive Karten und ein sogenanntes «generatives Design»-Modul miteinander verbindet. Dieses Modul, das sich derzeit im Patentverfahren befindet, ermöglicht die intuitive Gestaltung von georeferenzierten Energieszenarien, ähnlich wie man heute Textinhalte mit Tools wie ChatGPT erstellt.

Ein komplexes Energiesystem

Der grossflächige Einsatz von Wärmepumpen, Wärmenetzen, Solaranlagen, Ladestationen und anderen dezentralen Systemen macht die Aufgabe der Energieversorger immer komplexer. Früher waren die Energieflüsse relativ einfach, kamen aus wenigen zentralen Quellen und wurden zu relativ vorhersehbaren Verbrauchern geleitet. Heute verschwimmen die Rollen und Grenzen, insbesondere durch die Abhängigkeit von fluktuierenden Ressourcen und durch das Aufkommen von «Prosumern», die den Strom, den sie dezentral erzeugen, auch selbst verbrauchen.

Darüber hinaus führen fragmentierte oder gar fehlende Datenquellen zu Unsicherheiten bei Investitionen in kapital-

intensive Projekte. Angesichts der Billionen von Franken, die weltweit in die Dekarbonisierung von Gebäuden investiert werden, und einem sich verknappenden Arbeitsmarkt ist eine effektive Planung im Vorfeld entscheidend, um sicherzustellen, dass die lokalen Akteure ihre Anstrengungen auf die rentabelsten und effektivsten Projekte konzentrieren, um ihre CO₂- und Erneuerbare-Energien-Ziele zu erreichen.

Derzeit verfügen wir nicht über die personellen Ressourcen, um diese Pläne im nötigen Tempo und Umfang umzusetzen, um die Ziele des Pariser Abkommens zu erreichen. Traditionelle Methoden sind zeitaufwendig und schränken die Fähigkeit ein, das Spektrum der Möglichkeiten systematisch und dynamisch zu erkunden.

Ausserdem müssen die Daten, die für Investitionsentscheidungen verwendet werden, strukturiert und leicht zugänglich sein, um die Überwachung und Aktualisierung von Geschäftsplänen für Infrastrukturprojekte in einem dynamischen Umfeld zu ermöglichen, in dem sich die Parameter fast täglich ändern.

Daten, Kartografie und KI: Ein Erfolgsrezept

Hinter den Kulissen des Innovationsparks Energypolis im Wallis hat das Start-up Urbio eine Webplattform entwickelt, die drei innovative und ergänzende Module vereint (Bild 1). Ziel ist es, Energieversorgern und Ingenieurbüros zu ermöglichen, die interessantesten Möglichkeiten zehnmal schnel-

ler zu identifizieren als bisher. Die Plattform erlaubt es den Nutzern, die besten Chancen auf nationaler Ebene zu erkennen und dann die Energiesysteme sowie ihre technisch-ökonomischen Parameter zu dimensionieren, und zwar auf der Grundlage einer schlüsselfertigen Datenbank, die an die eigenen Präferenzen angepasst werden kann.

Jedes Modul hat eine spezifische Funktion. Die «Data Factory» zentralisiert und kombiniert mehr als 80 verschiedene Datenquellen, darunter auch Open Data. Ergänzt werden diese durch Attribute aus Machine-Learning-Modellen und Nutzerdatenbanken. Während in der Vergangenheit die Kosten für die manuelle Datenerfassung und Verarbeitung bis zu 50% des



Bild 1 Die drei Säulen der 3-in-1-Software von Urbio.

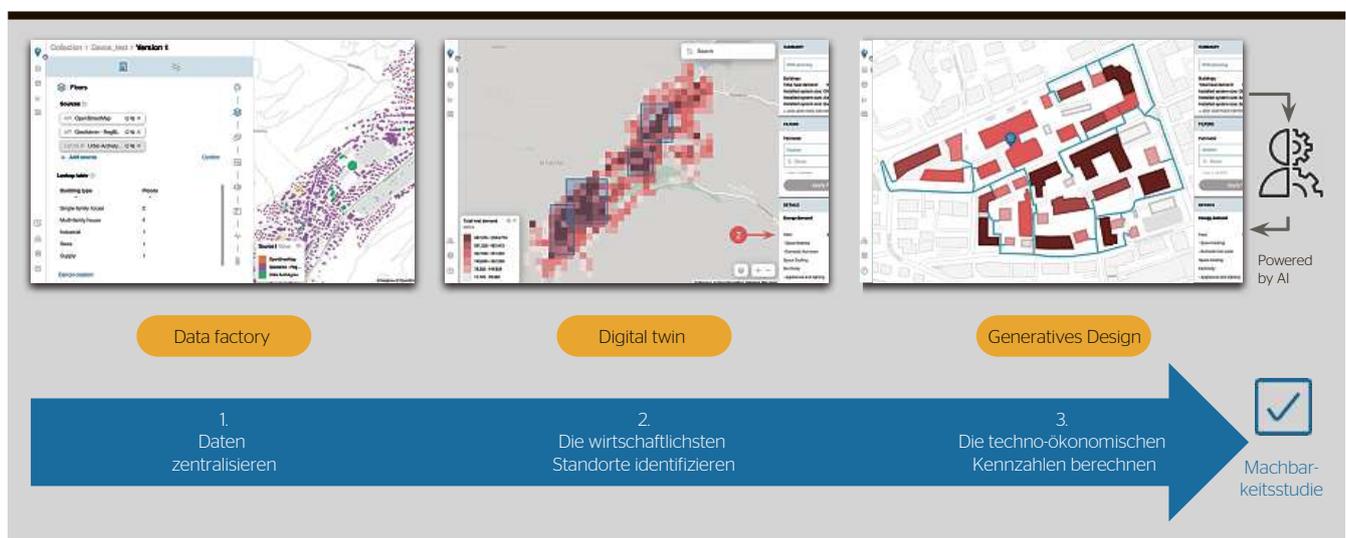


Bild 2 CKW hat die vollständige 3-in-1-Plattform von Urbio genutzt, um die Machbarkeitsstudien für städtische Wärmenetze zu verbessern.

Budgets für die Energieplanung betragen konnten, kann Urbio die Kosten auf weniger als 1% des Gesamtbudgets senken.

Der «Digital Twin» oder digitale Zwilling funktioniert wie Google Maps für Energiedaten. Statt wie auf der Google-Plattform nach Gourmet-Restaurants oder Wanderwegen zu suchen, loggt sich der Nutzer bei Urbio ein, um Informationen über den Wärmebedarf eines Gebäudes oder der Dachbeschichtung zu finden. Während solche Erkundungen heute in klassischen geografischen Informationssystemen möglich sind – wenn man über entsprechende Kenntnisse verfügt –, demokratisiert Urbio diese Tools, sodass ganze technische und kaufmännische Teams ohne umfassende Schulungen vom Mehrwert visueller und interaktiver Karten profitieren können. Ein weiterer Vorteil: Der digitale Zwilling von Urbio ermöglicht es, Millionen von Gebäuden gleichzeitig und in Echtzeit zu erkunden, zu filtern und zu aggregieren.

Schliesslich automatisiert das «Generative Design», das auf künstlicher Intelligenz basiert, die Erstellung von georeferenzierten Szenarien, die

auf den Zielen und Einschränkungen des Benutzers basieren. Da das Modell auf einem vollständigen und transparenten Datensatz basiert, liefert es präzise und aktuelle Ergebnisse. Während die manuelle Erstellung eines Szenarios mit Datenaufbereitung und Problemmodellierung mehr als 40 Stunden brauchen kann, liefert die KI von Urbio vergleichbare Ergebnisse in 5 Minuten.

KI als Arbeitsbegleiter

Über die zugrunde liegenden Algorithmen hinaus innoviert Urbio auch in der Art und Weise, wie Nutzer mit der Plattform interagieren, um die gewünschten Ergebnisse zu erzielen. Obwohl es dem Namen nach der «Generativen KI» ähnelt, unterscheidet sich das generative Design von Urbio von den Sprachmodellen (LLM), die beispielsweise bei ChatGPT verwendet werden. Während diese Tools in der verbalen Interaktion mit Nutzern zur Erstellung kreativer textlicher oder visueller Inhalte hervorragend sind, bleiben die Ergebnisse oft unerklärlich und begrenzt, wenn es darum geht, mit Zahlen oder räumlichen Informationen zu arbeiten. Im Gegensatz dazu entwickelt Urbio eine paten-

tierte Lösung, die es ermöglicht, optimierte und erklärbare georeferenzierte Net-Zero-Szenarien zu erstellen, während sie eine intuitive Interaktion direkt auf einer Karte ermöglicht. Statt sich darauf zu verlassen, dass die Maschine eine fertige Lösung produziert – die der Komplexität der realen Welt selten gerecht wird –, gestalten die Nutzer ihren Plan iterativ, indem sie ihr Fachwissen und kontextuelle Kenntnisse einbringen, während die Algorithmen die Kennzahlen in Echtzeit neu berechnen und verschiedene Ziele wie CO₂-Emissionen, Investitionskosten oder andere optimieren. So bleibt der Nutzer am Steuer und sein digitaler «Begleiter» unterstützt seine Handlungen im Hintergrund.

Mit generativem Design können Akteure im Energiebereich grössere Gebiete viel schneller als bisher untersuchen. Und mit besseren Ergebnissen, da verschiedene Optionen mit geringerem Aufwand verglichen werden können, wodurch sich die Investitionsrendite erhöht. Das Ergebnis ist, dass Ingenieure und Vertriebsteam mehr Zeit damit verbringen, den Kunden einen Mehrwert zu bieten, als Daten und Szenarien vorzubereiten.

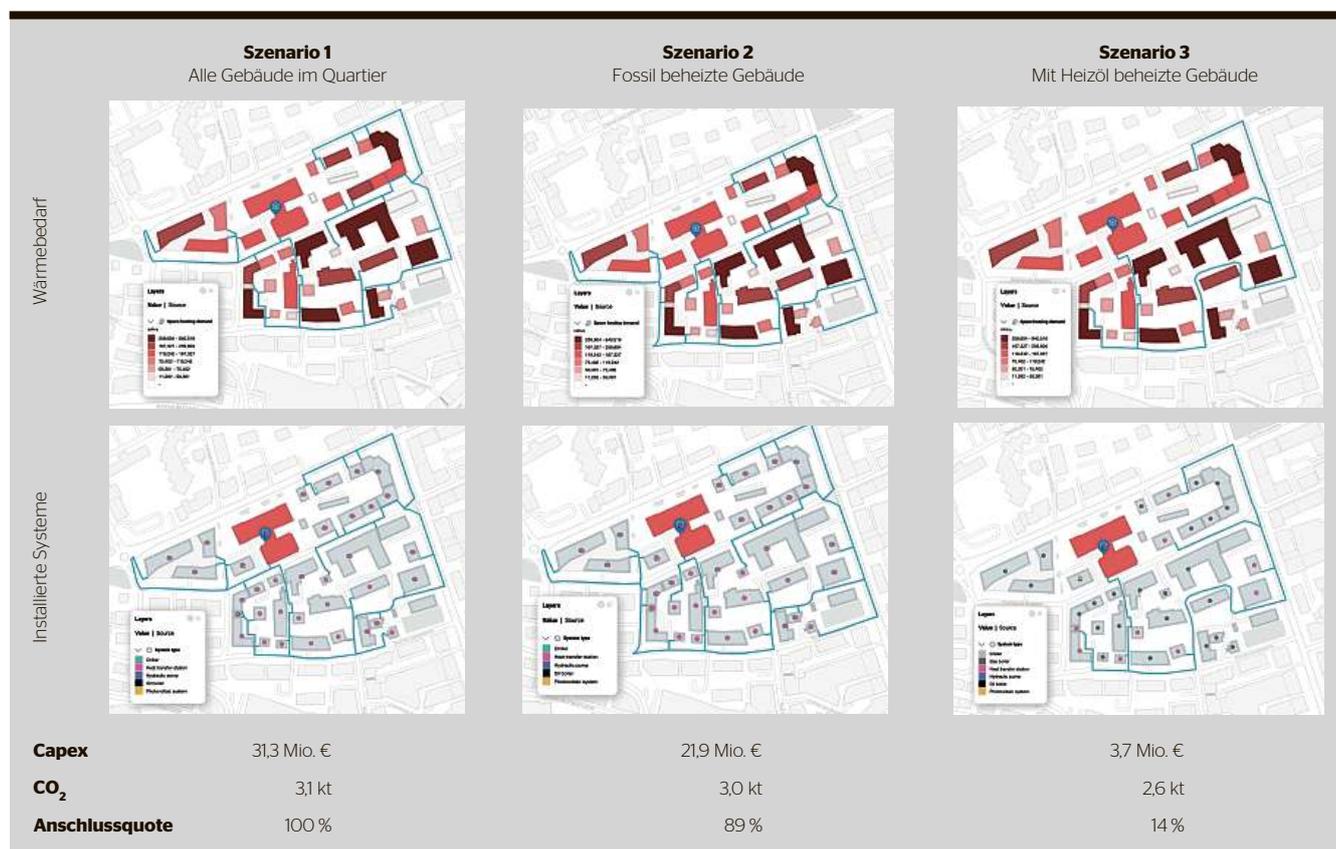


Bild 3 Drei alternative Szenarien für Wärmenetze, erstellt mit KI. Die Daten sind zur Wahrung der Vertraulichkeit indikativ.

Wie Energieversorger von Urbio profitieren

Wärmenetze sind für viele Schweizer Energieversorger wie Romande Energie, Groupe E oder Oiken ein aktuelles Thema. In der Deutschschweiz wollte CKW wissen, welches die nächsten Schwerpunktgebiete für den Ausbau von Wärmenetzen in ihrem Tätigkeitsbereich sind. Angesichts der Notwendigkeit, in einem dynamischen Umfeld schnell zu handeln, suchten sie nach Möglichkeiten, ihren Prozess zu verbessern.

In der Vergangenheit waren diese Bewertungen mit einem hohen manuellen Aufwand verbunden: Sammlung der Gebäudedaten, Kartierung der Basisdaten in Desktop-GIS-Tools und anschliessende Anpassung von Wärmebedarfsmodellen in Ad-hoc-Tabellenkalkulationen. Die Prozesse litten unter lückenhaften Daten und repetitiver Arbeit. Mit Urbio konnte CKW den gesamten Prozess automatisieren, wertvolle Arbeitsstunden einsparen

und es dem Team ermöglichen, sich auf die Erkundung von Szenarien mit Hilfe von schlüsselfertigen Karten und Kennzahlen zu konzentrieren (**Bild 2**).

Der Hauptvorteil dieses komplett digitalisierten Ansatzes besteht darin, Varianten mit unterschiedlichen Zielen zu vergleichen und nur diejenigen auszuwählen, die den angestrebten strategischen Zielen entsprechen. **Bild 3** zeigt, wie drei indikative Szenarien – die von der KI in Echtzeit entsprechend den Zielen des Nutzers generiert werden – einfach miteinander verglichen werden können. Szenario 1 stellt eine ambitionierte Lösung dar, bei der alle Gebäude des Standorts an das Netz angeschlossen werden. Dies führt zu einer maximalen Reduktion der Treibhausgasemissionen, ist aber auch mit den höchsten Investitionskosten verbunden. Im Gegensatz dazu wird in Szenario 3 nur ein einziger Gebäudetyp angeschlossen, nämlich die mit Heizöl beheizten Gebäude. In diesem Szenario können fast 84%

der Emissionen eingespart werden, obwohl nur 14% der Gebäude angeschlossen werden und nur etwa ein Zehntel der Investitionskosten anfällt, was eine strategische Lösung darstellt, wenn dies das angestrebte Ziel ist. Letztlich liegt die Entscheidung bei den Nutzern, die über die Plattform mehr als hundert verfügbare Kriterien erkunden können, um so ihre Investitionen zu optimieren.

Referenzen

- [1] Luigi Jorio, «Ein Jahrhundert, um alle Gebäude der Schweiz zu sanieren», swissinfo.ch, 2020. www.swissinfo.ch/ger/gesellschaft/klimawandel_einjahrhundert-um-alle-gebaeude-der-schweiz-zu-sanieren/45415160
- [2] Justine Fleury, «Faute de main-d'œuvre qualifiée, la Suisse pourrait rater sa transition énergétique», Agefi, 2021.



Autor

Sébastien Cajot ist Mitgründer und CEO von Urbio SA.
→ Urbio SA, 1950 Sion
→ contact@urb.io

La version française de cet article est parue dans le Bulletin 3/2024.

FFHS
Fernfachhochschule
Schweiz
Mitglied der SUPSI

Leben & Studieren einfach kombinieren

Unsere praxisorientierten Weiterbildungen machen Sie fit für die Industrie 4.0 im Zeitalter von KI. Das spezifisch für berufsbegleitendes Studieren entwickelte Studienmodell lässt sich mit Beruf, Familie oder Sport flexibel vereinbaren.



Berufsbegleitend . Persönlich . Anerkannt



Die Plattform: LoRa-Infrastruktur, Gateways und Optimierungsplattform.

Betriebsoptimierung im Wandel

Ziel Netto Null | Die Schweiz hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2050 nicht mehr Treibhausgase auszustossen, als sie wieder aus der Atmosphäre entfernen kann. Gebäude spielen in diesem Kontext eine zentrale Rolle, da sie für einen erheblichen Anteil der Emissionen verantwortlich sind. Mit der KI-unterstützten, datenbasierten Analyse lässt sich die Energieeffizienz von Gebäuden deutlich steigern.

SIMON SOLENTHALER

In Zweckbauten (Büro-, Gewerbe- oder Industriebauten) entsteht ein Grossteil der Emissionen durch den Betrieb von Heizung, Lüftung und Kühlung. In den letzten drei Jahrzehnten konnten durch den Austausch technischer Anlagen und die verbesserte Dämmung der Gebäudehüllen erhebliche Fortschritte erzielt werden: Die flächenbezogenen Emissionen sind im Vergleich zu 1990 um rund 45% gesunken, bleiben jedoch in absoluten Zahlen betrachtet weiterhin hoch [1].

Die Herausforderung in der Gebäudetechnik besteht nun darin, Nutzenergie wie Wärme mit minimalem Zuschlag an Hilfsenergie und minima-

len Erzeugungs- und Verteilverlusten bereitzustellen. In der Praxis trifft die Aussage «modern gleich effizient» jedoch selten zu. Während dies für die Wärmeerzeugung durch Wärmepumpen oder Antriebstechnik stimmt, sind für die Betriebsführung und das Zusammenspiel verschiedener Anlagen andere Aspekte, insbesondere der menschliche Faktor, entscheidend.

In realen Gebäuden ändern sich die Nutzung und die Anforderungen an das Raumklima ständig. Interne Wärmelasten, rasches Aufheizen von Zonen durch die Sonne und die thermische Trägheit von Gebäuden sind nur einige der Faktoren, die berücksichtigt werden

müssen. Die Regler der technischen Anlagen bzw. die Gebäudeautomation müssen so parametrisiert werden, dass das dynamische System Gebäude genau dann mit Wärme, Kälte, Luft versorgt wird, wenn Bedarf entsteht.

Die Diskrepanz zwischen geplantem und tatsächlichem Energieverbrauch in Neubauten, der sogenannte «Performance Gap», neigt sich meist in Richtung Mehrverbrauch [2]. Wichtige «Verursacher» sind das kaum beeinflussbare Nutzerverhalten und Technik, die nicht optimal eingestellt ist oder eingestellt werden kann. In der Forschungsliteratur wird festgestellt, dass oft die notwendige Betriebsopti-

mierung und kontinuierliche Betriebsüberwachung fehlen, Informationsverluste im Lebenszyklus eines Gebäudes auftreten und das Nutzerverhalten zu wenig berücksichtigt wird [3].

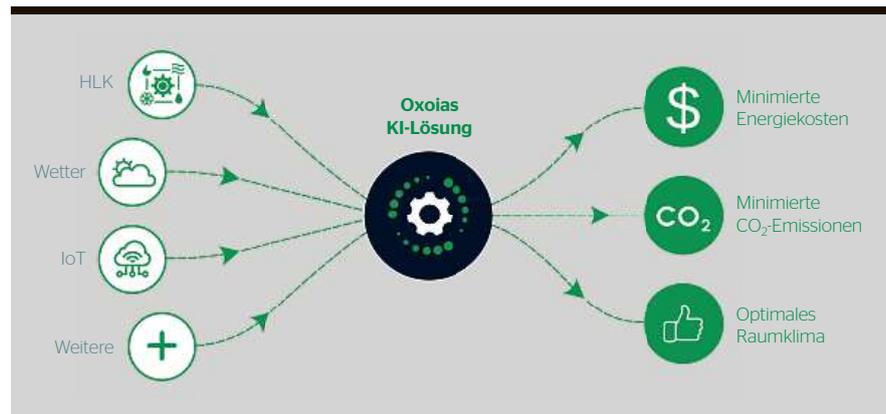
Diese Herausforderungen sind von grosser Bedeutung für das Erreichen der Klimaziele und sollten ernst genommen werden. Ein energetisch optimaler Betrieb der Technik ist eine Grundvoraussetzung zur Erreichung der ambitionierten Klimaziele. Optimal bedeutet hier, dass der Betrieb der Anlagen besser und kontinuierlich auf die Nutzungen und deren Anforderungen abgestimmt werden muss.

Mehr Transparenz durch aussagekräftige Daten

Um aussagekräftige Informationen über den Betrieb von Anlagen wie Lüftungen, Heizungen oder Kälteanlagen zu erlangen, müssen die Nutzungsparameter betrachtet werden. Hierbei sind Fragen relevant wie: Welche Temperaturbereiche wünschen die Nutzer, bzw. welche Vorgaben machen die Eigentümer für Sommer und Winter? Wie ist die Luftqualität in belüfteten Räumen? Welche Temperaturen treten tatsächlich auf? Planungs- oder Auslegungswerte sind in diesem Zusammenhang nicht hilfreich; stattdessen müssen Messdaten erhoben oder, wenn möglich, aus bestehenden Anlagen abgerufen werden.

Eine Umfrage, die Oxoia von August 2023 bis August 2024 unter 200 Liegenschaftsverantwortlichen und Energieberatern durchgeführt hat, zeigt, dass gerade hier Probleme auftreten. Fehlende Daten sind der Hauptgrund dafür, dass der Energieverbrauch entweder gar nicht oder nicht weiter reduziert werden kann. Es besteht also Handlungsbedarf.

Um Messdaten zu generieren, wo sie bisher fehlten, bietet sich der Einsatz von Funksensoren auf LoRa-Basis an. Die Fühler werden dort angebracht, wo sie benötigt werden und senden über Jahre hinweg zuverlässig Raumdaten. Basierend auf diesen Daten lässt sich der Betrieb von Lüftungsanlagen oder Heizgruppen bereits optimieren, noch besser ist es jedoch, wenn auch die Betriebsdaten der Anlagen erfasst und mit den Raumdaten in Beziehung gesetzt werden. Bei Controllern, die auf Bacnet oder Modbus basieren, können über Schnittstellen nicht nur die Daten abgerufen werden, die eventuell



Der Ansatz von Oxoia: Mit dem Einsatz von künstlicher Intelligenz lässt sich viel Energie im Gebäudebereich einsparen.

bereits in einem Leitreechner gespeichert sind, sondern alle Daten, die für die Optimierung von Nutzen sind. Bei grösseren Gebäuden können dies mehrere Tausend Datenpunkte sein.

Um Daten aus unterschiedlichen Quellen und Gebäuden einfach auswerten zu können, werden diese mit einem standardisierten Modell verknüpft. Dies bildet die Grundlage für weitere Verarbeitungsschritte und ermöglicht eine fundierte und effiziente Optimierung des Anlagenbetriebs.

Analyseprozess und Massnahmen

Der Einsatz von standardisierten, themenbezogenen Datengrafiken und -analysen, die durch KI-Algorithmen ermöglicht werden, kann viel Zeit bei der Datensichtung sparen und schnelle Erkenntnisse liefern. Eine datenbasierte Optimierung durchläuft typischerweise mehrere Phasen. Zunächst wird die Funktionalität der Gebäudetechnik überprüft. Oft weichen beispielsweise Temperatur- oder CO₂-Sensoren ab und müssen neu kalibriert werden. Durch Referenzmessungen in den Zonen kann dies leicht erkannt werden.

Anschliessend werden die einzelnen Gewerke grob auf die tatsächliche Nutzung abgestimmt und die Auswirkungen der neuen Einstellungen auf das Gebäude oder einzelne Zonen beobachtet. In weiteren Schritten können die Betriebsparameter iterativ an das Optimum angepasst werden. Die Praxis zeigt aber auch, dass bei einem Mieterwechsel die Anforderungen stark variieren können und der Prozess dann oft von vorne beginnen muss.

Das Ziel jeder Analyse ist es, ganz konkrete Massnahmen zu definieren, die zusammen mit dem Gebäudebetreiber oder der Gebäudebetreiberin besprochen und umgesetzt werden. Diese Analyse- und Optimierungsschritte sind als kontinuierlicher Prozess zu verstehen. Zu Beginn können häufigere Analyse- und Optimierungsintervalle, z.B. dreimal pro Jahr, sinnvoll sein. Sobald erste Verbesserungen sichtbar werden, können die Intervalle auf ein- bis zweimal pro Jahr reduziert werden.

Dieser datenbasierte Ansatz kann die Effizienz von Gebäuden erheblich steigern. Selbst bei Gebäuden, die bereits konventionelle Betriebsoptimierungen durchlaufen haben, ist ein weiterer Effizienzsprung zu erwarten. Von zentraler Bedeutung ist auch das Kosten-Nutzen-Verhältnis: Eine solche Lösung erfordert keine nennenswerten Investitionen und finanziert sich durch die erzielten Effizienzgewinne.

Beispiel aus der Praxis

Wie datenbasierte Lösungen genutzt werden können, zeigt beispielsweise das Gebäude der Swiss Prime Site Solutions in Bern. Das technisch hochkomplexe Gebäude mit einer Nutzfläche von rund 20 000 m² zeichnet sich durch eine Heizungsanlage, 20 Lüftungsanlagen sowie drei Kälteanlagen aus. Für die Analyse werden rund 1000 Datenpunkte verwendet, die einerseits von 20 Automationscontrollern abgerufen werden. Diese werden über das Netzwerkprotokoll Bacnet von einem Kleinrechner ausgelesen. Hinzu kommen rund 30 auf dem LoRa-Standard basierende Funksensoren sowie Wetterdaten.

Alle diese Daten werden kontinuierlich erfasst und ausgewertet. Auf diese Weise konnten bereits über 60 Massnahmen identifiziert werden. Im ersten Jahr konnten 380 MWh Energie, 25 t CO₂ und 66 000 CHF an Betriebskosten eingespart werden – und dies ohne den Ersatz von Anlagen oder zusätzliche Investitionen. Diese Resultate verdeutlichen die Effektivität und Effizienz des datenbasierten Ansatzes. Es ist erwähnenswert, dass Oxoia die Optimierung im Abonnement anbietet, die sowohl die lokale Messinfrastruktur als auch die Softwarenutzung umfasst. Es fallen somit keine Investitionskosten an.

Die nächste Stufe: Automatisierte Optimierung

Der Analyseprozess basiert auf Daten und Algorithmen und wird immer noch manuell durchgeführt. Zeit ist jedoch oft ein weiteres Hindernis für die Optimierung. Wenn die Zeit fehlt, wird nicht optimiert. Das Einholen von Fremdleistungen verursacht zudem zusätzliche Kosten. Ein weiterer limitierender Faktor sind die begrenzten Einstellungsmöglichkeiten von Parametern auf den jeweiligen Controllern. Betriebsparameter sind statische Grössen, die nicht wesentlich auf Nutzungs- oder Wetterereignisse reagieren können. Die Anpassung wäre Aufgabe des Bedieners, der diese Aufgabe jedoch nicht oder nur sporadisch wahrnehmen kann. Heutige programmierbare

logische Regelungen arbeiten nicht vorausschauend und können ihr Regelverhalten nicht aus historischen Messdaten lernen. All diese Faktoren verhindern einen optimalen, energiesparenden Betrieb.

Diese Lücke können übergeordnete Algorithmen schliessen, die auf Datenmodellen arbeiten. Solche intelligenten Regler sind bereits im Einsatz. Sie berechnen aus allen Messdaten im Minutentakt die optimalen Steuerungsgrössen, z. B. Raumsollwerte oder Vorlauftemperaturen, und senden diese an die jeweilige Steuerung. Dies ist vergleichbar mit einer Person, die kontinuierlich umfassende Messungen durchführt und die Steuerung nachjustiert. Statische Betriebsgrössen werden so dynamisiert und bestehende Steuerungen in ihrer Funktionalität erweitert. Sie können plötzlich dynamischer auf interne oder externe Anforderungen reagieren.

Die Erfahrungen mit der von Oxoia entwickelten automatisierten Optimierungslösung weisen auf ein zusätzliches Effizienzpotenzial hin. Drei verschiedene Gebäude, die mit der automatisierten Optimierung ausgestattet sind, zeigen über die letzten Jahre eine stabile Verbrauchsreduktion von 5 bis 25%. Alle Gebäude sind mit modernen Gebäudecontrollern namhafter Hersteller ausgestattet und die Parametrierung wurde bereits zuvor manuell so optimal wie möglich eingestellt. Das weitere Optimierungspoten-

zial kann je nach Gebäude erheblich sein und soll in Zukunft durch eine dynamischere Betriebsführung mittels Algorithmen weiter ausgeschöpft werden, um die Gebäude künftig noch effizienter zu machen.

Fazit

Die energetische Betriebsoptimierung befindet sich im Umbruch. Die datenbasierte Analyse, unterstützt durch Algorithmen, ist ein wichtiger Schritt zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden. Doch die Entwicklung geht weiter. Künftig werden Algorithmen eine noch dynamischere Betriebsführung der Gebäudetechnik ermöglichen und so den Betrieb weiter optimieren. Betriebsoptimierung und Monitoring können jedoch nur dann ihre volle Wirkung entfalten, wenn sie als Werkzeuge auch tatsächlich eingesetzt werden. Es ist daher entscheidend, die vorhandenen Ressourcen effizient zu nutzen und die Vorteile der Technologie voll auszuschöpfen.

Referenzen

- [1] «Kenngrössen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der Schweiz 1990–2022», Bundesamt für Umwelt BAFU, 2024.
- [2] «Energie Performance Gap in Neubauten», Energie Schweiz, 2019.
- [3] B. Frei, C. Sagerschnig, D. Gyalistras, «ParkGap - Performance Gap Gebäude», Studie im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE, 2018.



Autor

Simon Solenthaler ist CTO von Oxoia.
→ Oxoia AG, 5400 Baden
→ simon.solenthaler@oxoia.com

RÉSUMÉ

Optimisation de l'exploitation des bâtiments en pleine mutation

Objectif zéro émission nette

La Suisse s'est fixé pour objectif d'être en mesure d'ici 2050 de ne plus émettre plus de gaz à effet de serre qu'elle ne peut en éliminer de l'atmosphère. Les bâtiments jouent un rôle essentiel dans ce contexte, car ils sont responsables d'une part importante de ces émissions. Dans les bâtiments fonctionnels (bureaux, bâtiments commerciaux ou industriels), une grande partie des émissions provient de l'utilisation du chauffage, de la ventilation et de la climatisation. Au cours des trois dernières décennies, des progrès considérables ont été réalisés grâce au remplacement des installations techniques et à l'amélioration de l'isolation de l'enveloppe des bâtiments: les émissions ont diminué d'environ 45% par rapport à 1990, mais restent néanmoins élevées.

L'optimisation énergétique de l'exploitation des bâtiments est en pleine mutation. Aujourd'hui, le processus

d'analyse est encore effectué manuellement. L'adaptation incomberait à l'opérateur, qui ne peut toutefois pas s'acquitter de cette tâche, ou seulement de manière sporadique. De plus, les régulations logiques programmables actuelles ne fonctionnent pas de manière anticipative. Tous ces facteurs empêchent une exploitation optimale. À l'avenir, des algorithmes permettront une gestion encore plus dynamique de la technique des bâtiments et optimiseront ainsi davantage leur exploitation. Parmi ceux-ci, par exemple, la solution IA d'Oxoia, qui peut également être mise à la disposition des conseillers en énergie. Celle-ci peut être utilisée pour divers cas d'application et montre comment l'empreinte carbone des bâtiments suisses peut être réduite plus rapidement dans son ensemble.

NeoVac

Energie intelligenter machen.



Marco Odermatt weiss, wie er seine Kraft und Dynamik clever einsetzt. Das macht ihn zum Champion. Da ist es nur logisch, dass wir ihn aus voller Überzeugung unterstützen. Schliesslich geht es auch bei NeoVac darum, Energie auf intelligente Weise zu nutzen. In diesem Sinne: **Weiter so, Marco!**

Making energy smarter

neovac.ch

Power Monitoring Expert Cloud

Die Cloud-Lösung für Energiemanagement und Verwaltung der Energieverteilung, vom Wohngebäude bis hin zu grossen Industrieanlagen.

Effizienz und Zuverlässigkeit

- Verwaltung des Energieverbrauchs und der Energiekosten
- Überwachung der Energieverteilung in Echtzeit
- Vermeidung von elektrisch verursachten Bränden

Einfache Implementierung und hohe Cybersicherheit

- Plug-and-Play-Lösung mit einem einfachen VPN-Wireless Router
- End-to-End-Verschlüsselung der Daten
- Konform zur Norm IEC 62443



se.com/ch/pmecloud



Life Is On | Schneider Electric



Objets intelligents? Attention à la sécurité!

Cybersécurité de l'immo et de l'IoT | Ces dernières années, diverses solutions ont été développées pour assurer la sécurité des communications dans les domaines de l'automatisation des bâtiments et de l'Internet des objets. Cet article propose notamment de faire le point sur le fonctionnement et les avantages de ces solutions, ainsi que sur certains éléments à considérer lors de leur mise en œuvre.

XAVIER AYMON

Dans un monde où les bâtiments intelligents jouent un rôle essentiel dans la gestion des infrastructures, la sécurité des systèmes de communication internes devient primordiale. Les bus de communication, qui assurent l'échange d'informations entre les différents systèmes d'un bâtiment – tels que le chauffage, la ventilation, la climatisation et l'éclairage –, sont en effet particulièrement vulnérables aux cyberattaques. Pour faire face à ces menaces croissantes, des protocoles de communi-

tion sécurisés ont été développés. Parmi eux, KNX Secure et BACnet Secure Connect se distinguent par leur capacité à garantir l'intégrité, la confidentialité et l'authentification des données échangées, offrant ainsi une protection robuste contre les intrusions malveillantes.

De plus, l'émergence de la technologie Matter pour l'Internet des objets (Internet of Things, IoT) et de systèmes novateurs qui s'appuient sur un hébergement cloud sécurisé pour le stockage et le traitement des données illustre la

manière dont l'IoT et les solutions intelligentes redéfinissent la sécurité et l'efficacité dans les bâtiments modernes.

Cet article propose d'explorer ces technologies en examinant leur fonctionnement, leurs avantages ainsi que les défis qu'elles posent en termes de mise en œuvre et de gestion au quotidien.

KNX Secure: chiffrage des télégrammes et des adresses

Avec l'augmentation des cyberattaques ciblant les infrastructures critiques, la sécurité des systèmes KNX est devenue

une préoccupation majeure. KNX Secure (**figure 1**) est une extension du protocole KNX, conçue pour garantir la sécurité des communications à travers un chiffrement robuste des données échangées.

Le logiciel ETS 6 joue un rôle central dans la mise en place du chiffrement des télégrammes KNX sur la couche TP (Twisted Pair). Grâce à cet outil, il est possible de configurer les dispositifs KNX Secure de telle sorte que chaque télégramme, c'est-à-dire chaque message envoyé entre les appareils du réseau, soit chiffré. Chaque dispositif KNX équipé de KNX Secure dispose d'une unité de contrôle de bus (Bus Control Unit, BCU) qui gère les clés de chiffrement. Ces clés sont nécessaires non seulement pour sécuriser les télégrammes, mais aussi les adresses de groupes. Ces dernières sont utilisées pour la communication entre différents appareils d'un même groupe fonctionnel. Le chiffrement des adresses de groupes garantit que seules les parties autorisées peuvent accéder aux informations échangées au sein de ce groupe, renforçant ainsi la sécurité globale du réseau.

L'un des effets directs du chiffrement KNX Secure est l'impossibilité de surveiller les données en clair sur le réseau. Cela signifie que les outils de diagnostic traditionnels, qui permettraient de lire les télégrammes pour analyser le bon fonctionnement du système, ne peuvent plus être utilisés de manière simple. Cela renforce la sécurité en empêchant toute tentative d'espionnage, mais complique également les tâches de maintenance et de dépannage. Il est toutefois également possible de mettre en place une installation mixte, où certaines communications sont sécurisées tandis que d'autres ne le sont pas. Par exemple, un ordre envoyé à un actionneur peut être sécurisé, tandis que le retour d'information sur l'état de cet actionneur, visible par le superviseur, peut ne pas être chiffré. Cette flexibilité permet de choisir le niveau de sécurité nécessaire en fonction des besoins spécifiques de chaque projet.

En offrant des outils puissants pour protéger les communications internes contre les menaces potentielles, KNX Secure représente une avancée significative dans la sécurisation des systèmes de gestion des bâtiments.

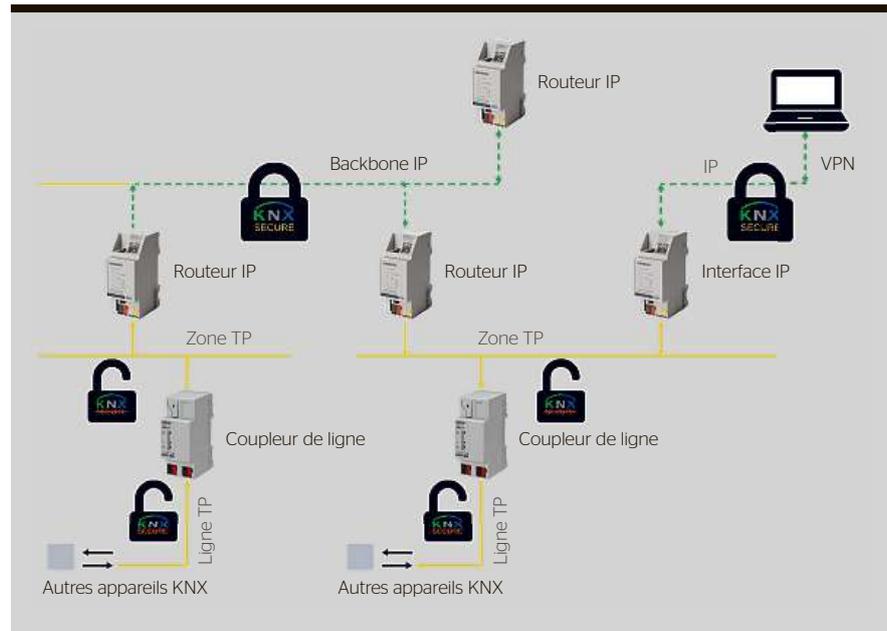


Figure 1 KNX IP Secure permet de sécuriser la communication KNX via IP.

BACnet Secure Connect: chiffrement et certificats

Le protocole BACnet/IP est largement utilisé dans le domaine de l'automatisation des bâtiments, notamment pour la remontée des points de données vers le système de gestion de bâtiment (Building Management System, BMS). Son adoption massive s'explique par les nombreux avantages qu'il offre, notamment sa flexibilité, son interopérabilité avec divers équipements et systèmes, ainsi que sa capacité à gérer un grand nombre de points de données en temps réel. Malgré ses nombreux atouts, BACnet/IP présente une faiblesse majeure: son absence de sécurité intrinsèque. Dans sa version standard, ce protocole ne chiffre pas les données échangées, ce qui signifie que toutes les communications sur le réseau sont exposées. Toute personne ayant accès au réseau, même avec des privilèges limités, peut scanner les communications, visualiser les informations échangées, et potentiellement prendre le contrôle du système entier.

Pour répondre à ces défis de sécurité, une nouvelle extension du protocole a été développée: BACnet Secure Connect (BACnet/SC) introduit des mécanismes de chiffrement et d'authentification, rendant ainsi les communications BACnet/IP sécurisées (**figure 2**). Cette extension repose sur l'utilisation de certificats numériques pour authentifier les appareils et les uti-

lisateurs, garantissant que seules les entités autorisées peuvent participer aux échanges de données. De plus, les communications entre les dispositifs sont chiffrées, empêchant ainsi toute interception ou altération des messages échangés.

La technologie BACnet Secure Connect repose sur un contrôle rigoureux des certificats qui autorisent la communication cryptée entre les participants. Chaque appareil ou utilisateur participant au réseau sécurisé doit posséder un certificat valide. Ces certificats sont vérifiés par un composant central, le hub, qui joue un rôle clé dans l'infrastructure BACnet/SC. Celui-ci est chargé de valider la conformité des certificats, s'assurant ainsi que seules les entités autorisées peuvent échanger des informations sur le réseau. Ce processus de vérification garantit que toutes les communications restent confidentielles et à l'abri des accès non autorisés.

L'implémentation de BACnet Secure Connect dans un bâtiment nécessite plusieurs éléments cruciaux:

- **Compatibilité des produits:** les équipements doivent être compatibles avec la norme BACnet Secure Connect. Cela peut nécessiter une mise à niveau ou le remplacement des dispositifs existants pour assurer une communication sécurisée.
- **Gestion des certificats:** la gestion des certificats numériques est essentielle

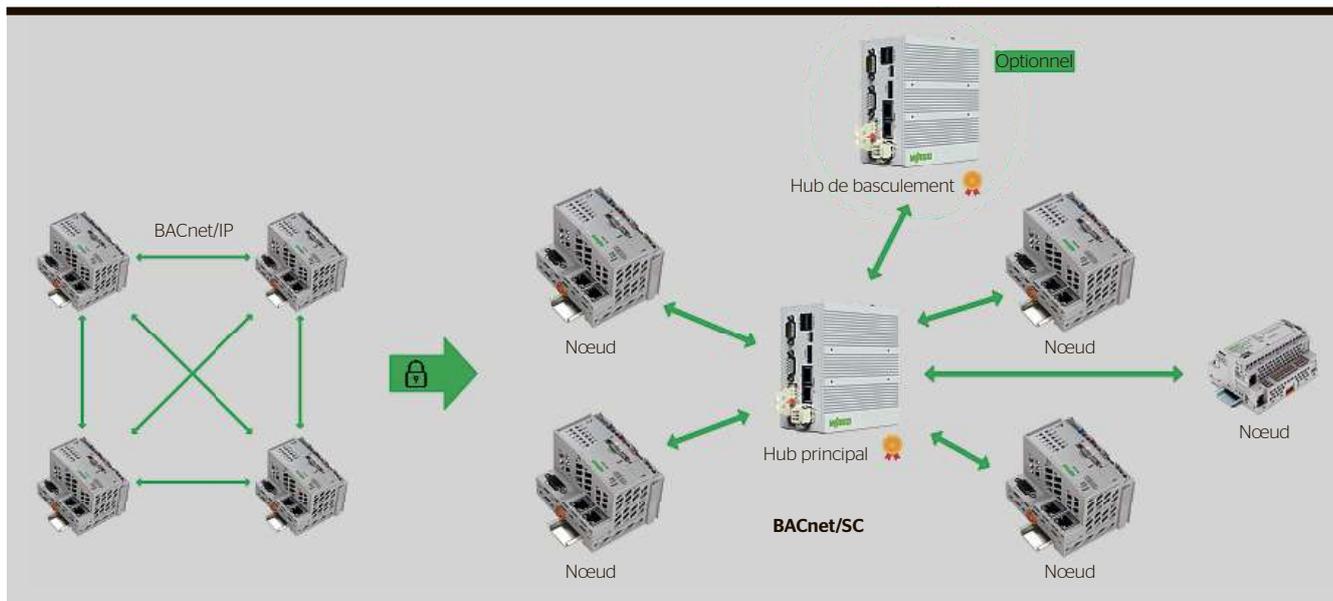


Figure 2 Comparaison des architectures BACnet/IP et BACnet/SC.

pour le fonctionnement continu du système. Cela inclut la création, la distribution, la mise à jour et la révocation des certificats via des outils dédiés. De plus, la durée de vie des certificats doit être gérée de manière proactive pour éviter des interruptions de service.

- Redondance des hubs : afin d'assurer une continuité de service en cas de défaillance du hub principal, une redondance des hubs peut être mise en place. Cette configuration permet de maintenir les communications même si l'un d'eux tombe en panne. BACnet Secure Connect représente donc une avancée importante pour la sécurisation des réseaux de gestion des bâtiments. Bien que son implémentation nécessite des ressources supplémentaires, les avantages en termes de

sécurité et de confidentialité en font une solution incontournable pour les infrastructures critiques.

La technologie Matter pour l'Internet des objets

La technologie Matter émerge comme une norme révolutionnaire pour l'IoT, visant à fournir une connectivité fiable, sécurisée et interopérable entre les dispositifs de diverses marques. Cette technologie utilise la topologie de réseau maillé via le protocole Thread, favorisant un réseau décentralisé où chaque appareil peut relayer des données, améliorant ainsi la portée et la fiabilité. Ce système est idéal pour les grandes surfaces et les bâtiments complexes.

Matter renforce la sécurité en utilisant des techniques de cryptage modernes pour protéger les communi-

cations entre les appareils. Chaque dispositif dispose de certificats numériques ainsi que de mécanismes d'authentification robustes. Cette technologie se distingue par sa compatibilité avec divers protocoles réseau tels que le Wi-Fi, Ethernet et Thread, ce qui lui permet de s'adapter à divers scénarios d'utilisation sans compromettre la performance des appareils.

L'interopérabilité est l'un des atouts majeurs de Matter, facilitant l'intégration d'appareils de différentes marques dans un écosystème unifié. Cela simplifie l'expérience utilisateur – une application mobile intuitive permet aux utilisateurs d'ajouter facilement de nouveaux appareils à leur réseau –, et stimule l'innovation et la concurrence parmi les fabricants. Autre avantage notable: la possibilité de réaliser des

IN KÜRZE

Bei intelligenten Objekten auf die Sicherheit achten

Cybersicherheit in der Gebäudeautomation und im IoT

In einer Welt, in der smarte Gebäude und das Internet der Dinge eine immer grössere Rolle bei der Verwaltung von Infrastrukturen spielen, ist die Cybersicherheit der in diesen Bereichen verwendeten Kommunikationssysteme zentral. Deshalb wurden in den letzten Jahren verschiedene Lösungen entwickelt, um Hackerangriffe zu verhindern, die mitunter schwerwiegende Folgen haben können.

Dieser Artikel gibt einen Überblick über Funktion und Vorteile von KNX Secure und BACnet/SC (BACnet Secure

Connect) sowie über Aspekte, die bei der Implementierung in der Gebäudeautomation beachtet werden müssen. Zudem wird das Funktionsprinzip der Matter-Technologie beschrieben, die im IoT Interoperabilität, Sicherheit, Benutzerfreundlichkeit und Flexibilität vereint und den Aufbau robuster und skalierbarer IoT-Netzwerke ermöglicht. Schliesslich wird mit Oblo – einem vorausschauenden Heizungsregelungssystem – ein Beispiel für ein IoT vorgestellt, dessen Cybersicherheit auf einem sicheren Cloud-Hosting beruht.

mises à jour « over the air (OTA) ». Les fabricants peuvent en effet déployer des mises à jour de sécurité et de fonctionnalités directement sur les appareils, maintenant ainsi leur efficacité et leur sécurité à long terme.

Matter représente une avancée majeure dans le domaine de l'IoT, offrant une solution qui allie interopérabilité, sécurité, facilité d'utilisation et flexibilité. Sa topologie de réseau maillé et sa compatibilité avec plusieurs protocoles facilitent la création de réseaux IoT robustes et évolutifs.

Un exemple d'IoT prometteur et sécurisé

Oblo est un système de régulation de chauffage innovant et anticipatif, conçu pour améliorer l'efficacité énergétique dans divers types d'espaces, qu'ils soient résidentiels, commerciaux ou industriels. En se basant sur les prévisions météorologiques, ce système anticipe les besoins en chaleur, permettant ainsi de mieux gérer l'inertie thermique des bâtiments et d'optimiser la distribution de chaleur. Compatible avec tous les types de chauffage, il permet d'atteindre environ 15 à 20 % d'économie d'énergie.

Cet exemple d'IoT s'appuie sur un hébergement cloud sécurisé pour stocker et traiter en temps réel les données nécessaires à l'anticipation des besoins énergétiques. Grâce à cette infrastructure, les données sensibles relatives aux bâtiments et à la gestion thermique sont protégées tout en offrant des capacités d'analyse avancée et une haute disponibilité.

Conclusion

À mesure que l'Internet des objets prend de l'ampleur et connecte un nombre croissant de dispositifs intelligents, il devient de plus en plus crucial d'assurer la sécurité des communications nécessaires à son bon fonctionnement. Les objets connectés collectent et échangent d'énormes volumes de données, souvent sensibles, qu'il s'agisse d'informations personnelles, d'usages énergétiques ou de contrôle de systèmes critiques. Une protection robuste contre les cyberattaques et les intrusions malveillantes est essentielle pour garantir la confidentialité, l'intégrité et la disponibilité de ces systèmes. Sans une sécurité adéquate, les infrastructures IoT sont vulnérables à des risques majeurs qui peuvent compromettre non

seulement les utilisateurs individuels, mais aussi des réseaux entiers, avec des conséquences potentiellement graves. La sécurité dans l'IoT n'est plus une option, mais une nécessité pour assurer la confiance et la durabilité de ces technologies dans un monde de plus en plus interconnecté.

L'adoption de technologies avancées telles que KNX Secure, BACnet/SC, Matter, ou encore l'hébergement des données dans un cloud sécurisé, constitue un tournant décisif dans la gestion des bâtiments et de l'IoT. Ces solutions non seulement renforcent la sécurité des systèmes de communication, mais augmentent également l'efficacité énergétique, tout en offrant des avantages substantiels en termes de flexibilité et de durabilité environnementale. Ces avancées technologiques répondent de manière adéquate aux exigences actuelles et préparent le terrain pour une future intégration encore plus poussée des bâtiments intelligents dans notre quotidien.



Auteur

Xavier Aymon est administrateur de l'Atelier R2D2.
→ Atelier R2D2 Sàrl, 1966 Ayent
→ hello@atelier-r2d2.ch

Swiss Lighting Forum

30.01.2025 | Technopark Zürich



swiss-lighting-forum.ch

**JETZT
ANMELDEN!**





Energie sparen mit Bürgerpower

Das Projekt Smart Energy Coach | Heute fehlt es an einfachen Tools, die es der Bevölkerung ermöglichen, ihren Energieverbrauch zeitnah zu überwachen und zu optimieren. Doch was bewegt die Menschen dazu, dies überhaupt zu tun? Das wollen der Verein «Smart City Lab Grenchen» und die regionale Energieversorgerin SWG mit einem Smart-City-Innovationsprojekt herausfinden.

ANDREAS STIERLI, RETO NUSSBAUMER, SASCHA NUSSBAUMER

Die ersten Wohnungen der Grenchner Einwohner wurden bereits 2014 mit intelligenten Stromzählern ausgestattet, der Smart-Meter-Rollout dauerte über das komplette Versorgungsgebiet rund fünf Jahre. Der damalige Technologiestand bei den Smart Metern war noch weit entfernt von den heutigen Anforderungen. Gerade im Bereich der Kundenschnittstelle waren noch keine entsprechenden Standards implementiert. Dennoch konnte die SWG feststellen, dass die Anzahl an Kunden, die sich

für ihren Energieverbrauch im Detail interessieren, von Jahr zu Jahr anstieg. Eine Motivation dazu waren die landesweit steigenden Energiepreise.

Rahmenbedingungen und Kundenbedürfnisse

Es stellte sich also die Frage, wie mit dieser Situation umzugehen ist. Einerseits sieht die SWG eine plausible, zeitnahe und transparente Darstellung der Energieverbräuche als Dienst am Kunden, andererseits ist gerade eine drohende Energiemangel in den Win-

termonaten ein Thema, das sowohl die Mitwirkung der Energieversorger wie auch der Kunden erfordert.

Gemäss der Studie «Erkenntnisse zu Umweltwirkungen von Smart Metern» [1] liegt das Potenzial zum Einsparen von elektrischer Energie mit Smart Metern bei rund 2,2%. Voraussetzung hierfür ist jedoch die Echtzeitfähigkeit der Smart Meter und die Mitwirkung der Verbraucher.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte wurden gemeinsam mit dem Verein «Smart City Lab Grenchen»

mögliche Lösungsansätze diskutiert. Schnell kam die Erkenntnis, dass sowohl Hard- wie auch Software benötigt werden, die nur funktionieren können, wenn das Entwicklerteam die Bedürfnisse der Kunden versteht und diese in den Prozess mit einbezieht.

Projekt «Smart Energy Coach»

Das Projekt «Smart Energy Coach» ist eine Kooperation des Smart City Lab Grenchen, der Stadt Grenchen, des lokalen Energieversorgers SWG, des Software-Dienstleisters Uxiamo GmbH sowie des lokalen Kommunikationsanbieters Gagnet AG. Das Projekt wird von EnergieSchweiz unterstützt. Jeder Partner bringt spezifisches Wissen in die Lösungserarbeitung ein und unterstützt die Trägerschaft, um die Ziele erreichen zu können.

Das Hauptziel des Projekts ist es, das mit Smart Metering verbundene Energieeinsparungspotenzial zu erreichen und möglicherweise zu übertreffen. Das Projekt verfolgt folgende Ziele:

- Die Verbraucher werden auf ihren Energieverbrauch sensibilisiert, indem ihnen die gesamte Energienutzung sowie ein detailliertes Nutzungsprofil aufgezeigt wird.
- Aus diesen Erkenntnissen werden den Verbrauchern Handlungsempfehlungen für einen sparsamen Umgang mit Energie gegeben. Zudem sollen Gamification Patterns dafür sorgen, dass die Anreize zum Energiesparen auch über einen längeren Zeithorizont erhalten bleiben.
- Die Handlungsempfehlungen werden im Rahmen einer «Energy Community» evaluiert, auf ihre Wirksamkeit überprüft und kontinuierlich verbessert.

Co-Creation-Prozess mit Kunden

Wie bereits erläutert, reicht eine rein technische Lösung für die Zielerreichung nicht aus. Auch psychologische Faktoren – der Mensch – müssen berücksichtigt werden. Es geht darum, die Motive und Werte der Nutzer zu aktivieren. Deshalb werden die Bürgerinnen und Bürger aktiv in die Entwicklung des Smart Energy Coach einbezogen, um eine Lösung zu entwickeln, die den Faktor Mensch stärker berücksichtigt. Denn ohne eine Verhaltensänderung bleibt auch die fortschrittlichste Technologie wirkungslos. Durch den Einbezug der

Kunden kann die Lösung auch auf ihre Wirksamkeit hin überprüft werden.

In der Praxis ist das Vorgehen nicht völlig sequenziell, sondern iterativ. So wird der aktuelle Prototyp kontinuierlich verbessert, indem das Nutzerfeedback direkt in den Entwicklungsprozess einfließt. Zudem wurde eine erste Version des Backends erstellt, sodass nun eine funktionsfähige Version des Smart Energy Coach zur Verfügung steht.

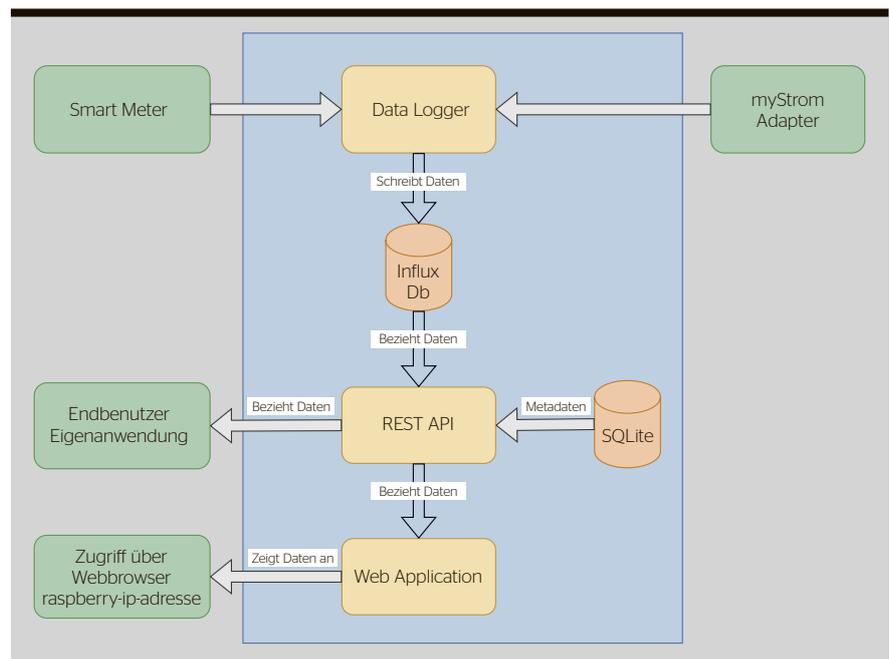
Das Projekt wurde am 5. April 2023 mit einem Kickoff-Anlass gestartet.

Hierbei wurde die interessierte Bevölkerung zur Teilnahme an der für dieses Projekt ins Leben gerufene «Energy Community» animiert und das Projekt vorgestellt. Die involvierten Partner nahmen an diesem Anlass ebenfalls teil und standen Red und Antwort. Bereits am Kickoff wurden von den Teilnehmern erste Ideen entwickelt.

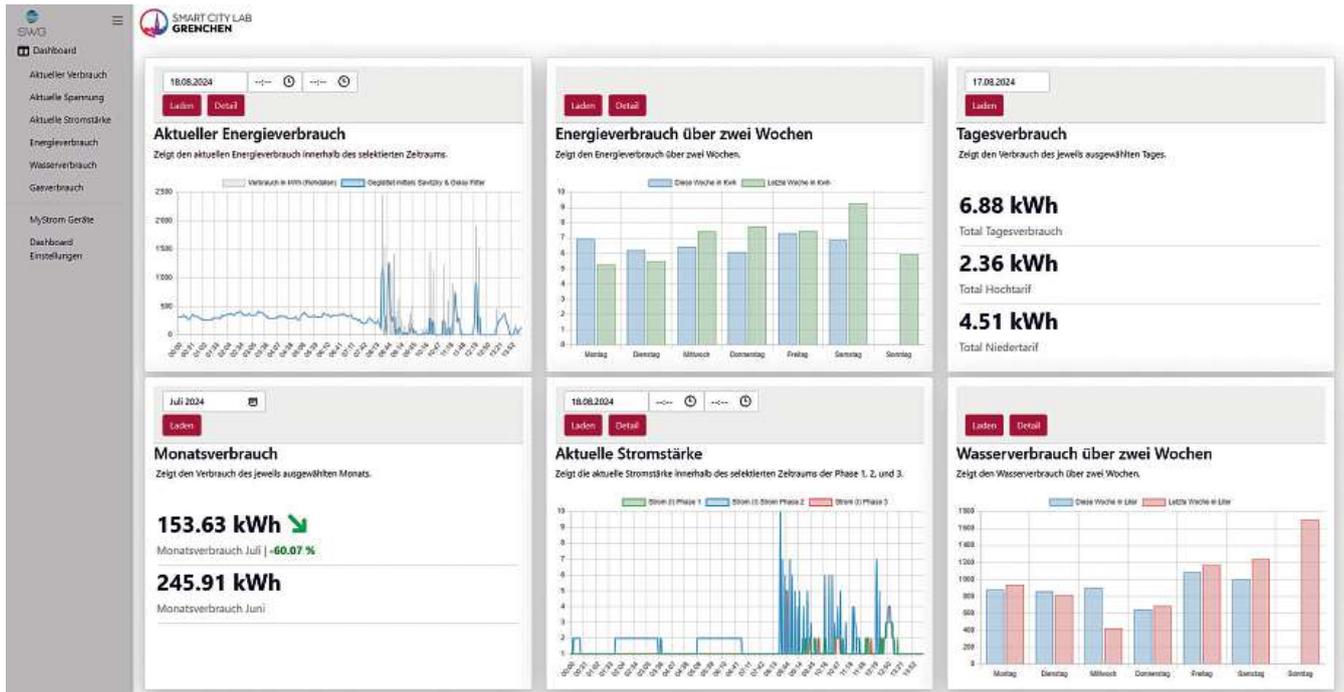
Bei den Workshops vom 25. Mai 2023 und 5. Juli 2023 wurden unter der Anleitung des ehemaligen Energieberaters Armin Meier Ideen und Massnahmen



Impressionen aus einem der Workshops.



Die Architektur des Smart Energy Coach.



Die Web-Bedienoberfläche des Smart Energy Coach.

zum Energiesparen, Anforderungen und Prototypen für die zukünftige App erarbeitet.

Parallel dazu hat der Software-Dienstleister Uxiamo GmbH aus Grenchen an der Firmware für die Smart Energy Box gearbeitet. Inzwischen konnte bereits ein erster Prototyp für die «Smart Energy Box» an einem Workshop im November 2023 vorgestellt und für einen Pilotbetrieb im Winter mit vorerst elf Installationen genutzt werden.

Architektur

Der Smart Energy Coach basiert auf .NET Core 8 und läuft auf einem Raspberry Pi 4. Ein zentrales Element dieses Systems ist ein Datenlogger, der mithilfe eines Dritthersteller-Software-Development-Kits Verbrauchsdaten erfasst und in einer InfluxDB speichert. Eine REST API dient als Schnittstelle zur Datenabfrage und wird durch eine SQLite Datenbank für Metadaten unterstützt. Zusätzlich sind myStrom-Adapter integriert, die Geräteverbrauchsdaten ebenfalls in der InfluxDB speichern.

Die Visualisierung der Energiedaten erfolgt über eine Blazor-Web-Applikation, die ihre Daten über eine REST API abrufen. Benutzer können die Gesamtverbrauchsdaten des Smart Meters zeitlich mit den Verbrauchs-

daten einzelner Geräte vergleichen, die über myStrom-Adapter erfasst werden. Um eine detaillierte Analyse zu ermöglichen, lassen sich diese Verbrauchsdaten in der Visualisierung als separate Kurven in der Gesamtverbrauchskurve darstellen.

Um sicherzustellen, dass die Energiedaten jederzeit und von überall zugänglich sind, kann die REST API in Zukunft in die Cloud verlagert werden. Die Bereitstellung der API in der Cloud bietet nicht nur eine höhere Verfügbarkeit und Skalierbarkeit, sondern ermöglicht es auch, die Daten flexibel verschiedenen Stakeholdern zur Verfügung zu stellen. Energieversorger, Forschungsinstitute und Drittanbieter können die Daten nutzen, um Analysen durchzuführen, eigene Applikationen zu entwickeln oder neue Dienstleistungen anzubieten. Die offene Architektur der REST API unterstützt dabei diverse Anwendungsszenarien.

Bei der Verlagerung in die Cloud kommt der Datensicherheit und dem Datenschutz besondere Bedeutung zu. Durch Verschlüsselungstechnologien und Anonymisierungsverfahren kann sichergestellt werden, dass keine personenbezogenen Nutzerdaten offen gelegt werden, die Daten aber für Analysezwecke nutzbar bleiben. So wird Sicherheit gewährleistet, ohne die Funktionalität einzuschränken.

Das Auslesen der Verbrauchsdaten über einen Smart Meter kann anspruchsvoll sein, da diese oft nicht direkt über den Obis-Code abgerufen werden können. Zunächst muss die logische Speicheradresse des Werts über den Obis-Code ermittelt werden, bevor die eigentlichen Verbrauchsdaten abgerufen werden können. Das Problem liegt darin, dass sich diese Speicheradressen beim gleichen Hersteller sowohl zwischen verschiedenen Zählermodelltypen als auch bei unterschiedlichen Firmware-Versionen desselben Modells unterscheiden können. Deshalb braucht es für jeden Smart Meter ein spezifisches Profil, was den Auslesemechanismus komplex und schwer wartbar macht. Zudem müssen die jeweiligen Verbrauchsdaten auf Byte-Ebene ausgelesen werden. Dies macht den Prozess noch komplizierter und erfordert zusätzliches Fachwissen.

Bisherige Ergebnisse und Ausblick

Der aktuelle Prototyp ist voll funktionsfähig und konnte bei elf Mitgliedern der Energy Community installiert werden. Aufgrund des zurzeit noch hohen Preises (180 CHF) sind momentan Überlegungen im Gange, ob auch «Bring-Your-Own-Device» unterstützt werden kann. Gerade für den weiteren Projektverlauf ist es entscheidend, eine

gewisse Anzahl an Nutzern zu haben, um die zentrale Frage des Projekts zu beantworten, welche Faktoren die Nutzer zum Energiesparen animieren. Dennoch lässt sich aus der bisherigen Nutzererfahrung ableiten, dass die Beteiligung zu Beginn respektive nach der Installation des Smart Energy Coach sehr hoch ist. Dementsprechend berichten die meisten Nutzer, dass sie ihren Energieverbrauch in den ersten Wochen täglich prüften. Mit der Zeit nimmt dieses Engagement stark ab, dennoch berichten die meisten Nutzer (rund 80 %) bei einer Befragung, dass sie den Energieverbrauch mehrmals im Monat auf dem Smart Energy Coach überprüfen.

Spannend ist auch, dass viele der Nutzerangaben, dass die Möglichkeit zum Überwachen des Energieverbrauchs bei ihnen nicht direkt zum Energiesparen geführt hat. Lediglich Personen mit eigener Energieerzeugung (PV-Anlagen) waren vermehrt darauf bedacht, grössere Verbraucher nach Möglichkeit auf eine Zeit mit PV-Produktion zu verlegen und so den Eigenverbrauch zu optimieren. Hauptsächlich diese Nutzer gaben an, die

Beleuchtung und die Warmwasseraufbereitung optimiert zu haben.

Die Tatsache, dass eher wenige Nutzer auf diese Frage geantwortet haben, deckt sich also weitgehend mit den Beobachtungen aus früheren Studien zum Thema Energieverbrauch und Bewusstseinsbildung. Daher hat das Projektteam die Nutzer konkret gefragt, warum die bereitgestellten Informationen ihrer Meinung nach nicht zu einer Optimierung des Energieverbrauchs geführt haben. Die meisten Befragten gaben an, dass ihnen die grafische und numerische Darstellung des Energieverbrauchs zu wenig aussagekräftig war. Die Mehrheit gab auch an, dass eine gewisse Angst vor Komfortverlust besteht und dass die Software proaktiv mit dem Nutzer interagieren muss (Push statt Pull).

Um diesem Feedback gerecht zu werden, werden als Nächstes unter der Organisation des Smart City Lab Grenchen mehrere Follow-up-Workshops mit der «Energy Community» durchgeführt. Hier sollen die Erkenntnisse aus der Nutzung besprochen sowie eine nicht technische UI respektive

App mit Gamification-Elementen erarbeitet werden.

In einem ersten Schritt wird im September der Workshop unter dem Titel «Energiedaten mit Power BI analysieren» stattfinden, damit die User lernen, eigene Dashboards und Auswertungen mit dem Smart Energy Coach nach ihren Bedürfnissen zu erstellen.

Bis Ende des Jahres sollen zudem im Rahmen eines weiteren Workshops Gamification Patterns entworfen werden, die zu einer sparsamen Nutzung des Stroms animieren und zusammen mit der «Energy Community» validiert werden können.

Referenz

[1] «Erkenntnisse zu Umweltwirkungen von Smart Metern», Umweltbundesamt, Dessau-Rosslau, Februar 2021. www.umweltbundesamt.de/publikationen/erkenntnisse-zu-umweltwirkungen-von-smart-metern

Autoren

Andreas Stierli ist Leiter Messwesen SWG Grenchen.
→ SWG, 2540 Grenchen
→ andreas.stierli@swg.ch

Reto Nussbaumer ist Senior Lead Software Engineer sowie Mitglied der Geschäftsleitung.
→ Uxiamo GmbH, 2540 Grenchen
→ reto.nussbaumer@uxiamo.com

Sascha Nussbaumer ist CEO und Gründer von Uxiamo.
→ sascha.nussbaumer@uxiamo.com

RÉSUMÉ

Économiser l'énergie grâce à l'engagement des citoyens

Le projet Smart Energy Coach

Il manque encore aujourd'hui d'outils simples qui permettraient à la population de surveiller et d'optimiser sa consommation d'énergie en temps réel. Mais qu'est-ce qui inciterait les gens à le faire? C'est ce que l'association «Smart City Lab Grenchen» et le fournisseur d'énergie régional SWG veulent déterminer grâce au projet d'innovation «Smart Energy Coach».

Ce projet vise à atteindre, voire à dépasser, le potentiel d'économies d'énergie réalisable grâce au comptage intelligent (smart metering). Pour ce faire, les consommateurs sont sensibilisés à leur consommation énergétique en leur montrant à combien s'élève leur utilisation globale d'énergie ainsi qu'en leur présentant un profil d'utilisation détaillé. Ils reçoivent en outre des recommandations d'action pour parvenir à une utilisation économe de l'énergie. Il s'agit ici de ne pas seulement miser sur une solution purement technique pour atteindre l'objectif visé, mais aussi sur des

modèles ludiques (gamification) pour que les incitations à économiser l'énergie soient suivies plus longtemps. Le but consiste à éveiller les motivations et les valeurs des utilisateurs. Les citoyens sont aussi impliqués de manière active dans le développement du Smart Energy Coach afin de mettre au point une solution qui tienne davantage compte du facteur humain.

Jusqu'à présent, le nombre d'utilisateurs ayant optimisé leur consommation sur la base des informations fournies est plutôt faible. La plupart des personnes interrogées ont indiqué que les représentations graphiques et numériques de leur consommation d'énergie n'étaient pas assez parlantes. La majorité a également mentionné une certaine crainte de perte de confort et souhaité que le logiciel interagisse de manière proactive avec l'utilisateur. Le développement du Smart Energy Coach sera donc encore poursuivi.

SMART HOME KONTROLLER
TMPS10

SOLAR-WECHSEL-RICHTER
TRI

EV CHARGER
TCL-DC

SMART GRID IOT
TSR1

SMART HOME INTERFACE
TIW

Stromversorgungen für die Gebäudetechnik
AC/DC von 2–150 Watt

- DIN-Schienen Modelle für Unterverteilungen, max. Einbautiefe 55 mm
- Module für Installation in Unterputzdosen
- EN 60335-1 Zulassung für Haushalt
- Hohe Energieeffizienz gemäss ErP Direktive
- IEC/EN/UL 62368-1 Zulassung
- 3 Jahre Produktgewährleistung

Für weitere Informationen, Datenblätter und Zertifikate besuchen Sie unsere Website www.tracopower.com

Komplettes Hausanschlusskasten-Sortiment aus einer Hand

Rauscher Stoecklin
A company of R&S



Kernkraftwerk Gösgen.

Kommt die Atomkraft wieder?

Entwicklungen und Herausforderungen | Die Schweiz möchte raus aus der Kernenergie, andere Länder wie Frankreich setzen vermehrt darauf – künftig auch mit Reaktoren der vierten Generation, die sicherer, sauberer und effizienter als bisherige Kraftwerkstypen sein sollen. Können moderne Atomreaktoren ein sinnvoller Teil eines klimaschonenden Energiemixes sein?

JANOSCH DEEG

Die metallisch grauen Kugeln messen sechs Zentimeter im Durchmesser. Dem Aussehen nach könnten sie auf einem französischen Boulefeld liegen. Doch weit gefehlt. Denn sie sind ein wesentlicher Bestandteil zweier moderner Kugelhaufenreaktoren, die Ende 2023 in China ihren kommerziellen Betrieb aufgenommen haben. Diese zählen zu den Kernreaktoren der vierten Generation, die vor allem die beiden schweren

Anlagepunkte der Atomkraft entkräften sollen: Sicherheitsbedenken und radioaktiver Müll. Zudem sollen diese Reaktortypen effizienter als die bisherigen arbeiten und damit kostengünstiger sein. Nach Einschätzung mancher Fachleute könnten Kernkraftwerke der vierten Generation in etlichen Ländern mittel- bis langfristig (2030 bis 2050) eine wichtige Quelle für Grundlaststrom werden [1]. Einige der Konzepte sollen sogar dafür geeignet sein, die

schwankende Einspeisung aus erneuerbaren Energien effizient auszugleichen [2].

Die Reaktoren in China zählen zu den sogenannten Hochtemperaturreaktoren, die deutlich höhere Betriebstemperaturen erreichen als traditionelle Siedereaktoren. Möglich wird dies durch ein gasförmiges Kühlmittel und hitzeresistente Werkstoffe aus Keramik. Der radioaktive Brennstoff ist in den tennisballgrossen Graphitku-

geln untergebracht – von denen jeder der beiden Reaktoren jeweils mehr als 400 000 Stück enthält. Die Kugeln halten Temperaturen bis zu 2500°C stand und sind daher weitgehend vor einem ungewollten Schmelzen geschützt. Jedes einzelne Exemplar kann während seiner Lebensdauer so viel Energie freisetzen wie 1,5 t Kohle.

Für viele ist es vor allem diese unvorstellbar hohe Energiedichte, die die Kernkraft attraktiv macht: «Man braucht nur winzige Mengen an Brennstoff, um extrem viel Energie zu erzeugen», sagt zum Beispiel Annalisa Manera, Ingenieurin und Professorin für Nukleare Sicherheit und Mehrphasenströmungen am Departement Maschinenbau und Verfahrenstechnik der ETH Zürich. Spaltet man einen einzigen Urankern, wird mehr als eine Million Mal so viel Energie frei wie bei den chemischen Reaktionen einer Verbrennung von fossilen Rohstoffen. «Dies ist die höchste Energiedichte, die wir auf unserem Planeten haben», schwärmt Manera, die wegen ihrer Forschung zur Sicherheit von Kernreaktoren und für ihre Beiträge in der Öffentlichkeit zur Kernenergie Anfang 2023 als Mitglied in die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) gewählt wurde.

Hinzu kommt, dass beim Spalten von Atomkernen kein CO₂ freigesetzt wird, beim Verfeuern fossiler Energieträger hingegen sehr viel, was uns die Klimakrise eingebrockt hat. Es überrascht deshalb nicht, dass die Atomkraft weiterhin zahlreiche Anhänger hat: Etliche Länder, darunter China, Frankreich, Grossbritannien, Polen, Tschechien, USA und Japan wollen mit Hilfe neuer Kernreaktoren ihre Energieversorgung krisenfest und CO₂-neutral gestalten. Der Schweizer Bundesrat hat hingegen schon 2011 beschlossen, die bestehenden fünf Atommeiler stillzulegen [3], sobald sie die Sicherheitsanforderungen nicht mehr erfüllen. Neue Reaktoren dürfen nicht mehr gebaut werden [4]. 2016 bestätigte eine Volksabstimmung das entsprechende Gesetz, das schliesslich 2018 in Kraft trat [5]. In Deutschland sind die letzten drei Kernkraftwerke 2023 vom Netz gegangen [6]. «Mir kommt es manchmal so vor, als wäre der deutschsprachige Raum eine Anti-Atomkraft-Blase», urteilt Manera. Zahlreiche andere Länder – auch viele

europäische – würden in eine gegensätzliche Richtung steuern und vermehrt auf Kernkraft setzen, so die Expertin.

Dabei soll insbesondere eine neue Generation von Atomreaktoren eine wichtige Rolle spielen. «Als Kernreaktoren der vierten Generation bezeichnet man visionäre Konzepte, an die besondere Kriterien hinsichtlich Sicherheit, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit vom Generation IV International Forum GIF gestellt wurden», erklärt Thomas Schulenberg, Honorarprofessor am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und ehemaliger Leiter des Instituts für Kern- und Energietechnik am KIT. Er hat sich viele Jahre aktiv in diesem Forum engagiert und ein Fachbuch über die Reaktoren der vierten Generation geschrieben. Insgesamt sechs Reaktortechnologien hat das 2001 gegründete Forum als Kandidaten für Generation-IV-Reaktoren ausgewählt. «Diese beruhen auf Designs, die zum Teil bereits seit vielen Jahrzehnten entwickelt werden, aber noch nicht funktionsreif oder zumindest ökonomisch nicht konkurrenzfähig waren und oft noch sind», sagt Schulenberg.

Ein neues Kühlmittel

Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der verschiedenen Reaktorkonzepte ist das Kühlmittel. Bei den traditionellen Varianten wird Wasser verwendet. Sie funktionieren wie folgt: Die bei der Kernspaltung entstehende Wärme lässt das Wasser verdampfen; der Wasserdampf treibt wiederum eine Turbine an, die über einen Generator

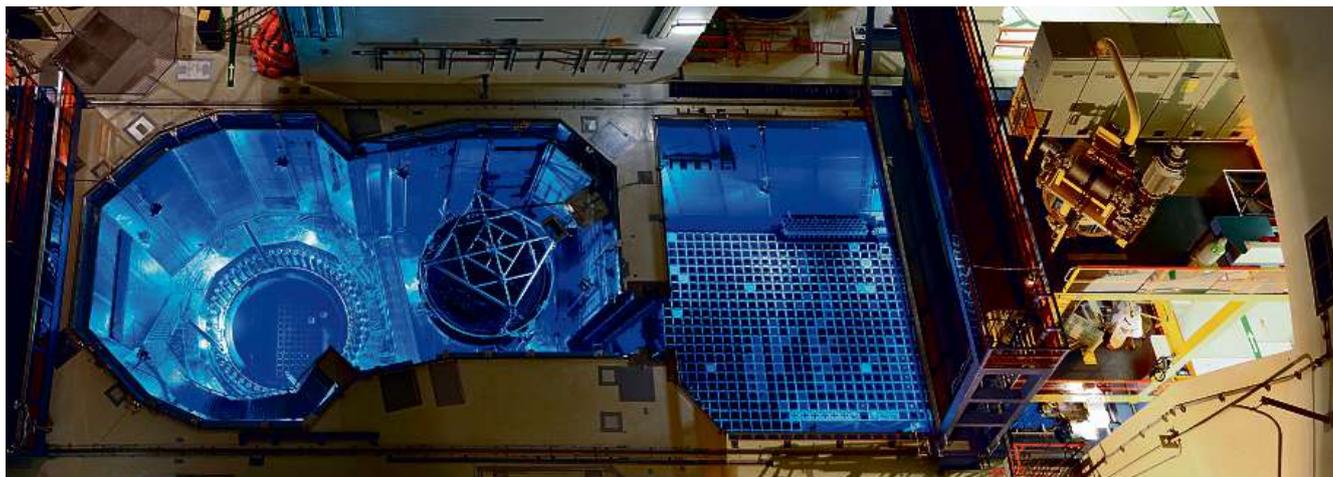
Strom erzeugt. Ein Nachteil davon ist, dass das verdampfte Wasser selbst wieder abgekühlt werden muss, um den Reaktor erneut zu kühlen. Ein Stromausfall kann – zumindest bei älteren wassergekühlten Anlagen – dazu führen, dass der Reaktorkern immer heisser wird und es zu einer Kernschmelze wie in Fukushima kommt. Dabei schmelzen die Hüllrohre um die Brennelemente und setzen radioaktives Material frei.

Verwendet man andere Kühlmittel, etwa flüssige Salze (Molten Salt Reactor, MSR) oder Metalle wie Natrium oder Blei (Lead-cooled Fast Reactor, LFR), die den Reaktor auch bei einem Stromausfall passiv weiterkühlen können, ist eine Kernschmelze im klassischen Sinne ausgeschlossen [7]. In den USA wurde schon in den 1950er- und 1960er-Jahren am Konzept der Flüssigsalzreaktoren gearbeitet [8]. Zwei schnelle natriumgekühlte Reaktoren (Sodium-cooled Fast Reactor, SFR) sind in Russland sogar am Netz, einer seit 1980, der andere seit 2015 [9]. China erforscht und entwickelt seit 2011 mehrere Flüssigsalz-Reaktorkonzepte für die kommerzielle Energiegewinnung. Das Land steht kurz davor, einen ersten Prototypen zu testen [10]. Laut chinesischen Forschern sind 99,99% des Atom Mülls nach spätestens 300 Jahren in harmlose Elemente zerfallen. Die Technologie würde es sogar erlauben, existierenden Atom Müll als Brennstoff zu nutzen [11].

Auch das Schweizer Paul-Scherrer-Institut, PSI, hat erst kürzlich einen Kooperationsvertrag mit dem dani-



Steuerzentrale des KKW Gösgen.



Blick in den Druckbehälter des KKW Gösgen. Das Kraftwerk deckt rund 13 % des Schweizer Stromverbrauchs ab.

schen Entwickler von Salzschnmelzenreaktoren Copenhagen Atomics geschlossen, um Experimente mit Thorium-Flüssigsalz durchzuführen. Ziel sei es, «die Technologie zu validieren und den Kooperationspartnern wertvolle Erfahrungen bei der Planung, dem Bau, der Genehmigung, dem Betrieb und der Stilllegung der neuen Salzschnmelzenreaktor-Technologie zu liefern», heisst es in einer Pressemitteilung vom Juni 2024 [12]. Und Russland wiederum hat vor drei Jahren mit dem Bau des weltweit ersten bleigekühlten Schnellen Reaktors – Brest OD-300 – begonnen, der 2026 zu Testzwecken in Betrieb gehen soll [13].

Bei Hochtemperaturreaktoren (Very High Temperature Reactor, VHTR), wie dem Kugelhaufenreaktor in China, soll eine Kernschmelze hingegen fast ausgeschlossen sein, weil die hitzebeständige Graphitbeschichtung der mit Uran gefüllten Kugeln verhindert, dass der Kernbrennstoff oder seine Spaltprodukte in den Reaktorraum austreten. Die USA, Grossbritannien und Deutschland haben an solchen Anlagen geforscht, Japan betreibt einen Testreaktor. Ob die Technik wirklich sicherer ist, wird allerdings bezweifelt: «Wenn es ein Leck gibt und Luft eindringt, entzündet sich das glühend heisse Graphit», erklärt Schulenberg. «Daher würde ich nicht sagen, dass es sicherer ist. Das wäre nur ein anderer Typ von Unfall – aber genauso verheerend.»

Daneben gibt es Reaktoren der Generation IV, die ähnlich aufgebaut sind wie Siedewasserreaktoren, aber mit überkritischem Wasser gekühlt werden (Supercritical-water-cooled Reactor –

SCWR). «Der Druck darin ist so hoch, dass das Wasser nicht siedet und sich im sogenannten überkritischen Zustand befindet», erklärt Schulenberg, der in den 2000er-Jahren gemeinsam mit Studenten und Doktoranden an einem Konzept für einen solchen Reaktor gearbeitet hat. Weil das Wasser nicht verdampft, hat es eine höhere Dichte sowie höhere Temperatur und kann die Wärme besser aufnehmen, weshalb der Wirkungsgrad des Reaktors vergleichsweise gross ist. «Ausserdem besteht der Kraftwerkstyp aus weniger Komponenten, weshalb er preiswerter herstellbar sein sollte», sagt Schulenberg. Noch befindet sich die Entwicklung eines solchen Reaktortyps in einem frühen Stadium. «Unsere Forschung war damals in dem Sinne erfolgreich, als dass viele Studenten im Anschluss in die Kernenergietechnik gegangen sind», erinnert sich Schulenberg. Zu jener Zeit gab es in Deutschland noch einen grossen Bedarf an Nachwuchskräften für die Entwicklung der Atomkraft. Heute dagegen gehört Schulenberg in seiner Heimat zu einer «aussterbenden Spezies». In der Schweiz gebe es inzwischen mehr Atomkraftexpertise, glaubt er.

Schwammige Begriffsdefinition

Weil die Idee von schnellen natriumgekühlten Reaktoren der Generation IV bereits in den 1970er-Jahren aufkam und mehrere Anlagen bereits gebaut wurden, hält Manera die Klassifizierung der AKWs für «ziemlich schwammig»: «Das GIF wurde zwar erst im Jahr 2001 gegründet, das Konzept und die Ideen hinter manchen Generation-

IV-Reaktoren reichen jedoch viel weiter zurück», sagt sie. «Schon vor mindestens 60 Jahren hat man nach Wegen gesucht, um die Effizienz der Brennstoffnutzung zu verbessern.» Daher gebe es viele Missverständnisse darüber, was diese «neue» Generation an Reaktoren überhaupt ist, vermutet sie.

Seit der Begriffsdefinition um die Jahrtausendwende haben sich auch die traditionellen Konzepte weiterentwickelt. «Bei den wassergekühlten Reaktortypen haben wir ein Sicherheitsniveau erreicht, das wirklich schwer zu schlagen ist», sagt Manera. Laut statistischen Risikoabschätzungen komme es innerhalb von zehn Millionen Jahren oder sogar einer Milliarde Jahre nur noch zu einem einzigen kritischen Zwischenfall. «Aus der Ingenieursperspektive ist die Unfallwahrscheinlichkeit praktisch bei Null», sagt sie. Passive Sicherheitssysteme sorgen etwa dafür, dass eine Kernschmelze ausgeschlossen ist. «Die Art der Kühlflüssigkeit ist also kein ausschlaggebender Sicherheitsfaktor, es kommt auf das Design des Reaktors an.» Daher seien die Reaktoren der Generation IV laut Manera wegen Folgendem attraktiv: «Einige können sehr hohe Temperaturen erreichen, mit denen man eine ganze Reihe von industriellen Prozessen betreiben könnte. Und eine Untergruppe nutzt schnelle Neutronen, mit denen sich Material, das eigentlich kein Brennstoff ist, in Brennstoff umwandeln lässt. So erhält man viel mehr Energie bei deutlich weniger Abfall.» Hinzu kommt, dass sich bestehender Atom Müll mit manchen Reaktoren der vierten Generation recyceln lässt.

«95% von dem, was wir heute als Atom­müll bezeichnen, könnte immer noch als Brennstoff dienen», sagt Manera.

Solche Argumente überzeugen offenbar. Gemeinsam mit dem Wirtschafts­dachverband Economiesuisse forder­ten etwa SVP- und FDP-nahe Kreise im Sommer 2024 mit der Initiative «Black-out stoppen» den Ausstieg aus der Kernkraft rückgängig zu machen [14]. Der Schweizer Umwelt- und Energie­minister Albert Rösti beantragte dar­aufhin im Bundesrat formell, das beste­hende AKW-Neubauverbot aus dem Gesetz zu streichen.

Die ökonomische Perspektive

Der Hauptkritikpunkt an der Kern­energie ist, dass sie schlicht zu teuer sei. «Bei Atomkraftwerken sind über viele Jahrzehnte die Kosten nicht zurückgegangen, weil die Technologie sehr komplex ist», sagt der Ökonom Jonas Savelsberg von der ETH Zürich, der sich schon lange mit Energiesyste­men aus der Wirtschaftsperspektive auseinandersetzt und den Strommarkt modelliert. Daran würden auch die Reaktoren der vierten Generation nichts ändern. Auf der anderen Seite gebe es alternative Technologien, die man in sehr grossen Mengen standar­disiert produzieren könne: «Solar- und Windenergie wurden über die letzten Jahre erheblich günstiger.»

Seine Aussagen werden unter an­derem durch die Berechnungen der US-Investmentbank Lazard und der Unter­nehmensberatung Roland Berger bestätigt. Die Unternehmen nutzten dazu die Levelized Costs Of Energy (LCOE) – eine Kennzahl für die Kosten der Energieproduktion. Die LCOE ist so etwas wie der durchschnittliche Mindestpreis, zu dem die von der Anlage erzeugte Elektrizität verkauft werden muss, um die gesamten Pro­duktionskosten während der Lebens­dauer zu decken. In den letzten Jahren ist der LCOE für Atomstrom laut Lazard um fast 50% gestiegen; in der gleichen Zeit fiel er für Solar um mehr als 80 und für Wind um 65% [15]. Dem­nach liegt der LCOE für Atomstrom bei etwa 18 US-Cent, bei Solarenergie und Windkraft um die 5 US-Cent pro Kilo­wattstunde.

Das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg, Deutschland, kommt für die LCOE der Atomkraft sogar auf Werte von bis zu

50 Eurocent pro Kilowattstunde [16]. Windkraft und PV-Anlagen lägen dagegen zwischen 4 und 15 Eurocent. Hinzu kommt, dass der LCOE-Wert langfristige Kosten wie die Endlage­rung von Atom­müll nicht berücksich­tigt. Damit wäre die Kernkraft die teu­erste Art der Stromerzeugung.

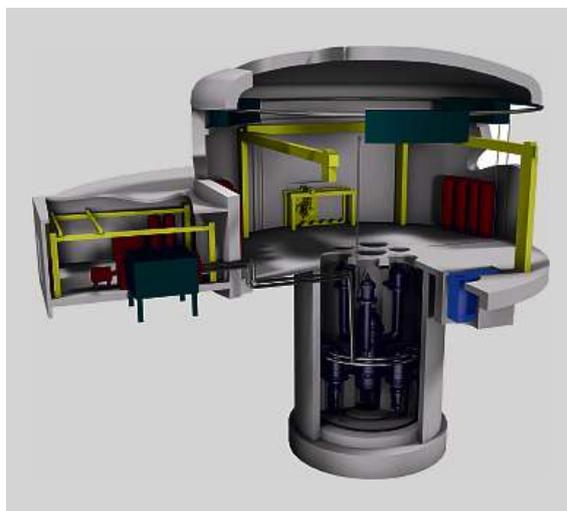
Da Lazard eine Investmentfirma ist, die in erneuerbare Energien investiert, und das ISE an Solarenergie forscht, sehen Kritiker hier allerdings keine unabhängige Auseinandersetzung mit der Thematik. «Es wurden unrealisti­sche Worst-Case-Annahmen für die Kernenergie zugrunde gelegt», so bei­spielsweise der Vorwurf von Manera. Das PSI ermittelte etwa in einem Report für das Bundesamt für Energie aus dem Jahr 2017 den LCOE-Wert auf 5 bis 12,5 Rp./kWh [17]. Im ungünstig­sten, aber sehr unwahrscheinlichen Fall könnte der Wert auf 27,5 Rp./kWh stei­gen.

Der Report gehe jedoch von niedri­gen Investitionskosten und von einem Grundlastbetrieb aus, der in Zukunft immer unwahrscheinlicher werde, bemängelt Savelsberg wiederum. «Auf europäischer Ebene bewegen wir uns hin zu einem Stromsystem, in dem der grösste Teil mit Wind, Sonne und Was­serkraft gedeckt werden wird», sagt er. «Nun müssen wir uns die Frage stel­len, wie sich der Rest vernünftig erzeu­gen lässt.» Technisch braucht es dazu eine Methode, die flexibel hochgefah­ren werden kann, sobald die Nachfrage das Angebot an erneuerbaren Energien übersteigt. «Es ist ein Missverständ­nis, dass die Kernenergie das nicht leisten kann», sagt Manera. «In Frank­reich wird das die ganze Zeit prakti­

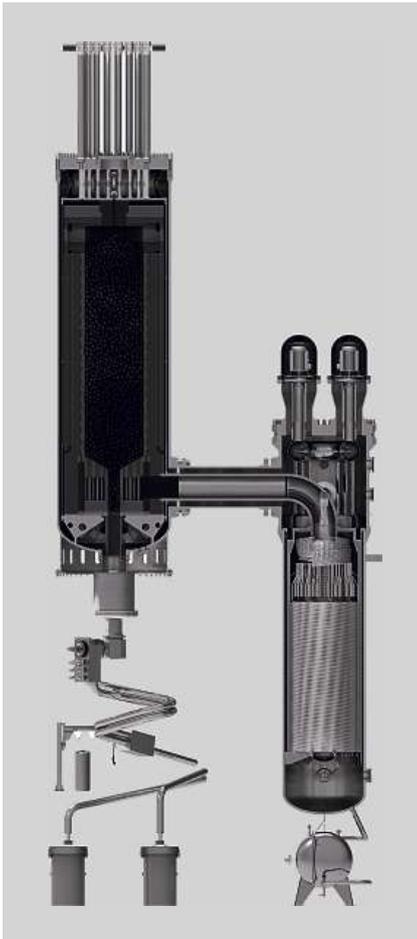
ziert.» Aus wirtschaftlicher Sicht sei es allerdings nicht sinnvoll, einen Kern­reaktor nur zeitweise mit voller Leis­tung zu betreiben, räumt sie ein. Und genau das ist für Savelsberg das grund­legende Problem: «Wenn man auf Kernenergie als komplementäre Tech­nologie zu den erneuerbaren Energien setzt, wird eine einzelne Stromeinheit sehr teuer. Denn die abzuschreibenden Investitions- und die Betriebskosten der Reaktoren bleiben gleich, unab­hängig davon, ob sie gerade Strom pro­duzieren oder nicht.» Die ohnehin schon teure Energie eines AKWs wird also noch teurer. Das bestätigt auch Schulenberg: «Wenn man jede ein­zelne Kilowattstunde von Wind und Sonne nutzen will, dann macht ein Kernkraftwerk ökonomisch keinen Sinn, die Fixkosten sind viel zu hoch.»

Und diese hohen Kosten beginnen schon beim Bau: In seinem Buch «How Big Things Get Done» kommt Bent Flyvbjerg, Ökonom und Professor an der IT University of Copenhagen, zum Ergebnis, dass Kernkraftwerke im Schnitt 120% teurer werden als geplant. End- oder Zwischenlagerung kosten sogar rund 240% mehr, als ursprünglich kalkuliert wurde [18]. Ein aktuelles Beispiel lässt sich in Polen verfolgen: Das Land wollte 2033 seinen ersten Reaktor fertigstellen, was inzwischen auf 2040 verschoben wurde bei 14 Jahren Bauzeit und hohen Kosten, wie das Magazin «Focus» berichtet [19].

Das Kernkraftwerk Hinkley Point C im englischen Somerset sollte bei Bau­beginn 2016 rund 21 Mia. Euro kosten, mittlerweile geht man von rund 40 Mia. aus [20]. Und statt 2025 wird



Mit dem gasgekühlten schnellen Hochtempera­ turreaktor Allegro werden Reaktorkonzepte der Ge­neration IV demonstriert, aber kein Strom erzeugt.



Xe-100, ein kommerzieller gasgekühlter Hochtemperatur-Kugelhaufenreaktor, der 2027 in den USA in Betrieb gehen soll.

der erste von insgesamt zwei Reaktoren frühestens 2031 ans Netz gehen [21]. Allerdings werden die beiden Einheiten des Hinkley Point C voraussichtlich so viel Strom erzeugen wie alle Schweizer Kernkraftwerke zusammen. «Will man die gleiche Menge mit Alpsolar produzieren, würden die Anlagen mehr als 50 Milliarden Schweizer Franken kosten», ordnet Manera ein. Gleichwohl zählt diese Methode zu einer der teuersten erneuerbaren Stromquellen.

Zur Wahrheit gehört auch, dass die Bauzeiten stark variieren: China, Japan oder Südkorea stellten zum Beispiel ihre jüngeren Reaktoren oft innerhalb von fünf bis sieben Jahren fertig [22]. Laut Statista liegt der Median für den Bau eines Kernreaktors in den Jahren 2020 bis 2022 bei etwas mehr als sieben Jahren [23]. Besonders China sticht heraus. Obwohl das Land erst im Jahr 1981 sein erstes Atomkraftwerk genehmigt hat, sind heute schon 57 Reaktoren

in Betrieb und 30 weitere werden gebaut. So hat das chinesische Atomprogramm in den letzten Jahrzehnten einen hohen Grad an Standardisierung erreicht, von dem andere Länder nur träumen können. Die gebauten Reaktortypen sind oft einheitlich, zugehörige Lieferketten etabliert und erfahrene Arbeitskräfte vorhanden. Zudem garantieren staatliche Banken die Finanzierung. «Neue Atomkraftwerke werden eigentlich nur gebaut, wenn der Staat sie finanziert», sagt Savelsberg. Für private Investoren ist das Risiko zu hoch, weil sowohl Investitionssumme als auch Bauzeit in der Regel ungewiss sind.

Manera ist jedoch optimistisch, dass sich eine Standardisierung sowie höhere Effizienz in der Produktion über die gesamte Branche hinweg durchsetzen könnte und der Bau neuer Kraftwerke auch in Europa künftig wieder schneller geht. «Man entwickelt ausserdem kleine modulare Reaktoren und sogar Mikroreaktoren, die zu grossen Teilen in Fabriken gefertigt werden. Das macht die Herstellung viel kosteneffizienter.» Solche Anlagen könnten etwa Energie für ein grosses Unternehmen liefern, das viel Strom oder Wärme benötigt und nicht von den Preisschwankungen im Netz abhängig sein will, denkt sie.

Noch sei der Strom eines «Small Modular Reactors», SMR, aber teurer als der der grossen, sagt Schulenberg. «Ich denke nicht, dass sich das bald ändert.» Manche, wie etwa die Firma NuScale Power, mussten bereits geplante SMRs wegen explodierender Kosten wieder einstellen [24]. Andere glauben weiterhin an die Technologie – zum Beispiel das Unternehmen Rolls-Royce, das an einem SMR arbeitet [25]: «Jedes fabrikgefertigte Kernkraftwerk wird genügend bezahlbaren, kohlenstoffarmen Strom liefern, um eine Million Haushalte mehr als 60 Jahre lang zu versorgen», heisst es in einer Pressemitteilung der Firma aus dem Jahr 2024 [26].

«Nicht jedes Land ist an grossen Anlagen interessiert», sagt Manera. Es gebe bereits mehrere europäische Länder, die den Kauf von SMRs in Betracht ziehen – darunter Polen, Rumänien und Grossbritannien. «Bei uns in Europa sehe ich hierfür keinen Markt», urteilt Schulenberg hingegen. «Sinnvoll könnten die SMRs für sogenannte

Inselnetze sein, wo man die Leistung von grossen Atomkraftwerken gar nicht losbekommen würde», sagt er. Solche Netzinfrastrukturen gibt es etwa in Kanada, Alaska oder Sibirien. Eine Idee für die ferne Zukunft ist auch, solche Minikraftwerke im All zu nutzen. Die US-amerikanische Raumfahrtbehörde Nasa hat gemeinsam mit dem Los Alamos National Laboratory bereits einen Demonstrationsreaktor mit dem Kürzel Krusty entwickelt [27]. China und Russland entwickeln ebenfalls ein Modell, das auf einer Forschungsstation auf dem Mond zum Einsatz kommen könnte [28].

Wie entwickelt sich die Energieversorgung?

Doch zurück zur Erde: Kann die Atomkraft in Zukunft ein sinnvoller Teil eines kohlenstoffarmen Energiemixes sein? Schulenberg und Manera sind davon überzeugt. Für Schulenberg etwa ist die angestrebte Struktur der Energieversorgung eine rein politische Entscheidung: «Frankreich sagt: Wir setzen bei unserer Grundstromversorgung im Wesentlichen auf Kernenergie und produzieren nebenbei Solar- und Windenergie.» Das sei einfach ein anderes Konzept. Er denkt sogar, dass Frankreich auf Dauer billiger Strom produzieren werde als Deutschland. Denn Flauten ohne Wind und Sonne müssen mit alternativen Technologien überbrückt werden, beispielsweise mit Speichertechnologien wie Batterien und Wasserstoff oder Gas- oder Ölkraftwerken mit CCS, also der Abscheidung und Speicherung des entstehenden CO₂-Gases.

Viele dieser Ansätze seien nicht effizient, noch nicht einsatzfähig oder würden ebenfalls hohe Kosten verursachen, sagt Manera. Sie findet das Verhalten von Deutschland daher «heuchlerisch»: «Man will keine Kernenergie mehr, aber dann importiert man Atomstrom aus Frankreich. Das macht wenig Sinn.» Sie ist der Meinung, dass Kernenergie auf dem Weg zur CO₂-Neutralität unverzichtbar ist und in vielen Ländern die energetische Grundversorgung in Zukunft gewährleistet wird. Zu diesem Schluss kommt auch ein Grundlagenpapier, das Manera kürzlich zusammen mit anderen führenden Schweizer Kernkraftforschern im Auftrag des Bundes verfasst hat. Gemäss dem Bericht ist

die Kernkraft ausserdem nicht zwangsläufig teurer als andere Energiequellen, so lange man sie sinnvoll in das Stromversorgungssystem integriert [29].

Savelsberg sieht das anders: «Wir werden in Europa künftig einen Grossteil des Jahres die komplette Last mit den Erneuerbaren decken können.» Manchmal gibt es schon jetzt zu viel Strom. «Unter solchen Bedingungen lohnt sich ein Atomkraftwerk nicht mehr, weil seine Grundlast dann gar keinen Wert mehr hat», erklärt Savelsberg. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt eine Studie der ETH Zürich, die die Rolle der Kernenergie für das Schweizer Stromsystem bewertet. Eines der Resultate war, dass bei den derzeitigen Investitionskosten für Atomkraftwerke in Europa der Bau einer neuen Anlage zu wesentlich höheren Kosten führt als das Szenario ohne neue Kernkraftwerke. Allerdings kommt die Studie auch zum Schluss, dass ein längerer Betrieb der bestehenden Kernkraftwerke im Winter die Stromimporte reduzieren würde. Das könnte die Gesamtkosten der Stromversorgung senken und den Anstieg der Strompreise abschwächen, so das Fazit der Autoren [30].

Manera bemängelt unter anderem, dass dem Nuklearszenario ein sehr grosser Unsicherheitsfaktor hinzugefügt wurde – nur deshalb sei es kostspieliger geworden. Sie stützt ihre Meinung auf eine 2022 veröffentlichte OECD-Studie der Nuclear Energy Agency für die Schweiz [31]. Diese kommt zum Ergebnis, dass der Strom billiger wäre, wenn neue Kernkraftwerke gebaut würden. Allerdings resultiert diese Situation wiederum vor allem aus Gewinnen aus Stromexporten, «die lediglich zustande kommen, weil für die Nachbarländer historische Strompreise angenommen wurden», so Savelsberg. Würde man auch dort sinkende Kosten voraussetzen, fielen die Gewinne grösstenteils weg. Es zeigt sich also, dass die Ergebnisse völ-

lig unterschiedlich ausfallen können, je nachdem welche Annahmen getroffen werden.

Ungeachtet der Kontroverse um die Kernenergie befindet sich die Schweiz bereits heute in einer komfortablen Situation, was die Versorgungssicherheit mit Strom betrifft. Ein erheblicher Teil des Bedarfs an elektrischer Energie wird durch die wenig schwankungsanfällige Wasserkraft gedeckt. Zudem gibt es Pumpspeicherkraftwerke für überschüssigen Strom, die diesen bei Bedarf wieder zur Verfügung stellen können. «Hierzulande ist die Lösung für die Energiewende also längst da», resümiert Savelsberg. In Deutschland hingegen setzt man Übergangsweise auf Erdgaskraftwerke. «Wie es allerdings weitergehen soll, wenn man kein Gas mehr verbrennen möchte, ist noch völlig unklar», bemängelt Schulenberg. Die deutsche Politik möchte bei nicht vermeidbaren Emissionen mit CCS arbeiten, um das ausgestossene CO₂ abzufangen und zu speichern [32]. Zudem soll ein umfangreicher Netzausbau die Stromversorgung gewährleisten.

Die Idee dahinter erklärt Savelsberg: «Der grosse Vorteil in Europa gegenüber anderen Regionen ist, dass es ein gemeinsames Netz gibt, in dem sich Strom untereinander handeln lässt.» In einem so grossflächigen Verbundsystem gleichen sich Angebot und Nachfrage im Mittel aus, so die Annahme. Irgendwo in Europa gibt es immer so viel Wind, Sonne und Wasserkraft, dass es meistens für alle reicht. Und wenn nicht, gibt es Backup-Technologien wie Batterien und Gaskraftwerke mit CCS. Da aber einige Nationen weiterhin auf die Kernkraft setzen, wird auch diese Technologie in Zukunft Teil der europäischen Stromversorgung bleiben. «Natürlich muss nicht jedes Land in Europa Kernenergie haben», findet Schulenberg. Viel wichtiger sei es, dass man gemeinsam vernünftige Lösungen findet. Damit sind auch Manera und Savelsberg einverstanden.

Referenzen

- [1] www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421513006083?via%3Dihub
- [2] arxiv.org/pdf/2302.14515
- [3] www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/abstimmungen/abstimmung-zum-energiegesetz/kernenergie.html
- [4] www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/abstimmungen/atomausstiegsinitiative.html
- [5] www.zeit.de/wirtschaft/2017-05/schweiz-volksabstimmung-atomausstieg-energiewende
- [6] www.bmu.de/media/atomkraftwerke-in-deutschland-abschaltung-der-noch-betriebenen-reaktoren-gemeinsam-atomgesetz-atg
- [7] www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687850713000101
- [8] energyfromthorium.com/pdf/NAT_MSREexperience.pdf
- [9] en.wikipedia.org/wiki/Sodium-cooled_fast_reactor#Reactors
- [10] www.mdr.de/wissen/china-startet-ersten-thorium-fluessigsalz-reaktor-atomkraft-100.html
- [11] edison.media/energie/ist-der-fluessigsalzreaktor-das-perfekte-kraftwerk/25223783
- [12] www.psi.ch/de/news/mediemitteilungen/zusammenarbeit-in-der-reaktorforschung
- [13] www.nuclearforum.ch/de/news/russland-baubeginn-fuer-bleigekuehlten-schnellen-reaktor
- [14] www.tagessanzeiger.ch/akw-neubau-schweiz-roesti-will-verbot-kippen-198816516068
- [15] www.lazard.com/media/xemfey0k/lazards-lcoepus-june-2024_vf.pdf
- [16] www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestuehngskosten-erneuerbare-energien.html
- [17] www.psi.ch/sites/default/files/import/ta/PublicationTab/Final-Report-BFE-Project.pdf
- [18] www.n-tv.de/wirtschaft/Varum-China-AKW-bauen-kann-und-wir-nicht-article25171647.html
- [19] www.focus.de/earth/analyse/kurs-verschlingt-milliarden-ein-ungeloestes-problem-gefaehrdet-polens-risikante-atomkraft-plaene_id_260254192.html
- [20] www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/journalists/all-press-releases/hinkley-point-c-update-1
- [21] www.zdf.de/nachrichten/politik/ausland/atomkraftwerk-atomenergie-grossbritannien-bau-100.html
- [22] thebreakthrough.org/issues/energy/chinas-impressive-rate-of-nuclear-construction#:~:text=The%20Chinese%20nuclear%20project%20construction,to%20just%20over%207%20years.
- [23] www.statista.com/statistics/712841/median-construction-time-for-reactors-since-1981
- [24] www.theguardian.com/australia-news/2023/nov/09/small-molular-nuclear-reactor-that-was-hailed-by-coalition-as-future-cancelled-due-to-rising-costs
- [25] www.rolls-royce-smr.com
- [26] www.rolls-royce-smr.com/press/rolls-royce-smr-presses-home-advantage-as-it-moves-into-final-step-of-uk-regulatory-assessment
- [27] www.nasa.gov/tlm/fission-surface-power
- [28] www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/russland-entwickelt-atomkraft-fuer-den-mond-a-ad047003-9e89-45fb-9cd6-9795006c021d
- [29] www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/news-und-medien/publikationen.exturl.html/aHROcHM6Ly9wd-WJkYi5iZmUuYWRtaW4uY2gvZmV2ZmVibGJlYX/Rpb24vZG93bmxvYmV4YmV4YmV4YmV4Mzgz.html
- [30] nexus-e.org/role-of-nuclear-power
- [31] www.oecd.org/en/publications/achieving-net-zero-carbon-emissions-in-switzerland-in-2050_ac21f8be-en.html
- [32] www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/05/20240529-entscheidung-ccs-industrie-deutschland.html



Autor

Dr. Janosch Deeg ist Physiker und freier Wissenschaftsjournalist.
→ Deschawi.de, DE-69221 Dossenheim
→ deeg@deschawi.de

SIEMENS



Transparenz und Innovation für Ihr Verteilnetz

Maximieren Sie die Effizienz Ihres Verteilnetzes mit Electrification X, SICAM EGS (Enhanced Grid Sensor) und der intelligenten SENTRON NH-Sicherung 3NA COM! Unsere innovative Lösung bietet Ihnen eine einfache und kosteneffiziente Digitalisierung Ihrer Ortsnetz- und Verteilstationen. Profitieren Sie von Echtzeitüberwachung, präzisen Messdaten und einer nahtlosen Integration in Ihre bestehende Infrastruktur. Erleben Sie die Zukunft der Energieversorgung – sicher, transparent und effizient. Reduzieren Sie Ausfallzeiten und Wartungskosten durch frühzeitige Fehlererkennung und optimale Netzüberwachung.

[siemens.ch/smartinfrastructure](https://www.siemens.ch/smartinfrastructure)

Zählersteckklemme 80 A



Youtube

- Zählerwechsel ohne Stromunterbruch
- Schneller Wechsel – unter einer Minute
- Maximale Arbeitssicherheit
- Amortisiert nach dem ersten Wechsel

www.ewecoklemmen.ch

eweco



La centrale nucléaire de Gösgen.

Le nucléaire va-t-il faire son grand retour ?

Développements et défis | La Suisse souhaite s'affranchir de l'énergie nucléaire, alors que d'autres pays tels que la France misent de plus en plus sur cette technologie – à l'avenir aussi avec des réacteurs de quatrième génération censés être plus sûrs, plus propres et plus efficaces que les centrales actuelles. Ces réacteurs peuvent-ils constituer un élément judicieux d'un mix énergétique respectueux du climat ?

JANOSCH DEEG

Les boules gris métallique mesurent six centimètres de diamètre. D'après leur apparence, elles pourraient se trouver sur un terrain de pétanque français. Mais c'est loin d'être le cas. Elles font partie intégrante des deux réacteurs à lit de boulets modernes qui ont été mis en service commercial en Chine fin 2023. Ceux-ci appartiennent aux réacteurs nucléaires de quatrième génération, qui doivent

avant tout permettre de répondre aux deux graves chefs d'accusation portés contre l'énergie nucléaire: les problèmes en matière de sécurité et les déchets radioactifs. Ces types de réacteurs sont aussi censés fonctionner plus efficacement que les précédents, et donc être moins onéreux. Selon certains spécialistes, les centrales nucléaires de quatrième génération pourraient devenir une source impor-

tante de production d'électricité en ruban dans plusieurs pays à moyen ou à long terme (2030 à 2050) [1]. Certains concepts seraient même en mesure de compenser efficacement les fluctuations de l'injection issue des énergies renouvelables [2].

Les deux réacteurs en service en Chine font partie des réacteurs dits à haute température, qui atteignent des températures de fonctionnement nette-

ment plus élevées que les réacteurs à eau bouillante traditionnels. Ceci est rendu possible grâce à l'utilisation d'un moyen de refroidissement sous forme gazeuse et de matériaux céramiques résistants à la chaleur. Le combustible radioactif est logé dans des boules de graphite de la taille d'une balle de tennis – dont chacun des deux réacteurs contient plus de 400 000 unités. Ces boulets résistent à des températures allant jusqu'à 2500 °C et sont donc largement protégés contre une fusion involontaire. Chacun d'eux peut libérer autant d'énergie que 1,5 t de charbon au cours de sa durée de vie.

Pour beaucoup, c'est surtout cette densité énergétique extrêmement élevée qui rend l'énergie nucléaire attrayante: «Il suffit de quantités infimes de combustible pour produire une énorme quantité d'énergie», explique par exemple Annalisa Manera, ingénieure et professeure de sécurité nucléaire et d'écoulements multiphasiques au sein du département de génie mécanique et de génie des procédés de l'ETH Zurich. La fission d'un seul noyau d'uranium libère plus d'un million de fois plus d'énergie que les réactions chimiques intervenant lors de la combustion de matières premières fossiles. «C'est la densité énergétique la plus élevée que nous ayons sur notre planète», s'enthousiasme Annalisa Manera, qui a été élue membre de l'Académie suisse des sciences techniques (SATW) début 2023 en raison de ses recherches sur la sécurité des réacteurs nucléaires et de ses contributions relatives à l'énergie nucléaire auprès du public.

À cela s'ajoute le fait que la fission des noyaux atomiques ne libère pas de CO₂, alors que la combustion d'énergies fossiles en émet beaucoup, ce qui nous a menés à la crise climatique actuelle. Il n'est donc pas surprenant que l'énergie nucléaire continue à avoir beaucoup de partisans: de nombreux pays, dont la Chine, la France, la Grande-Bretagne, la Pologne, la République tchèque, les États-Unis et le Japon, comptent utiliser de nouveaux réacteurs nucléaires pour mettre en place un approvisionnement énergétique neutre en CO₂ et résistant aux crises. En Suisse, en revanche, le Conseil fédéral a décidé dès 2011 d'arrêter les cinq centrales nucléaires existantes [3] dès qu'elles ne répondront plus aux exigences de sécurité. Et il

n'est plus permis de construire de nouveaux réacteurs [4]. En 2016, une votation populaire a confirmé la loi correspondante, qui est finalement entrée en vigueur en 2018 [5]. En Allemagne, les trois dernières centrales nucléaires ont été déconnectées du réseau en 2023 [6]. «L'espace germanophone me semble parfois être une bulle antinucléaire», juge Annalisa Manera. Selon elle, de nombreux autres pays – aussi européens – vont dans la direction opposée et misent de plus en plus sur l'énergie nucléaire.

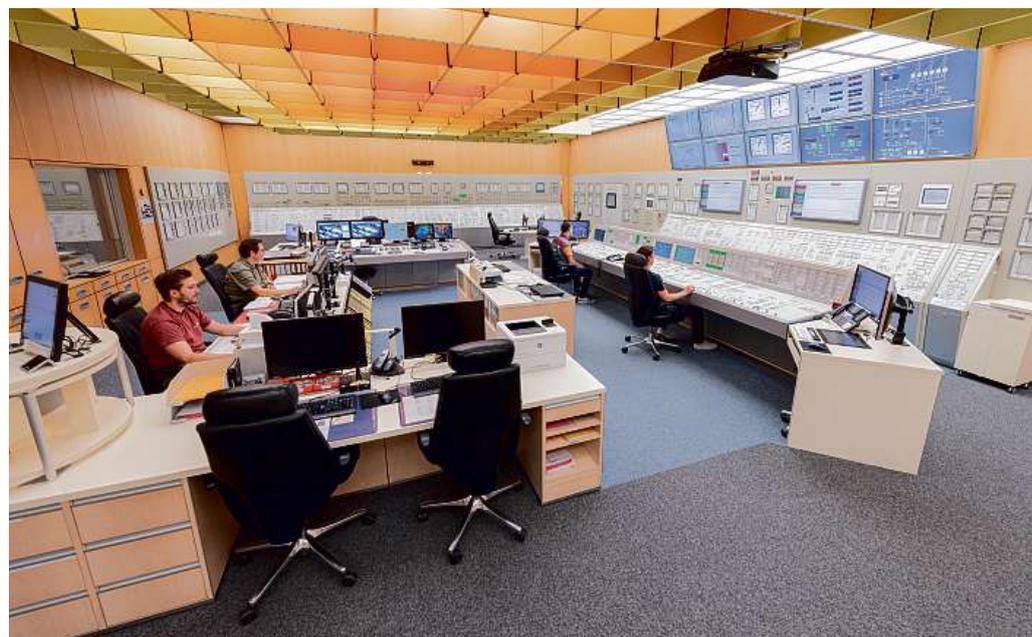
Une nouvelle génération de réacteurs devrait notamment jouer un rôle important. «On appelle réacteurs nucléaires de quatrième génération des concepts visionnaires auxquels des critères particuliers en matière de sécurité, de durabilité et de rentabilité ont été imposés par le Forum international Génération IV», explique Thomas Schulenberg, professeur honoraire à l'Institut de technologie de Karlsruhe (KIT) et ancien directeur de l'Institut de technologie nucléaire et énergétique du KIT. Il a participé activement à ce forum – aussi appelé Generation IV International Forum ou GIF – pendant de nombreuses années et a écrit un ouvrage de référence sur les réacteurs de quatrième génération. Fondé en 2001, le GIF a sélectionné au total six technologies de réacteurs en tant que candidates pour les réacteurs de génération IV. «Ces technologies reposent sur des concepts dont certains sont en

cours de développement depuis de nombreuses décennies, mais qui n'étaient pas encore prêts à fonctionner ou pas encore compétitifs sur le plan économique – et qui ne le sont souvent pas encore», explique-t-il.

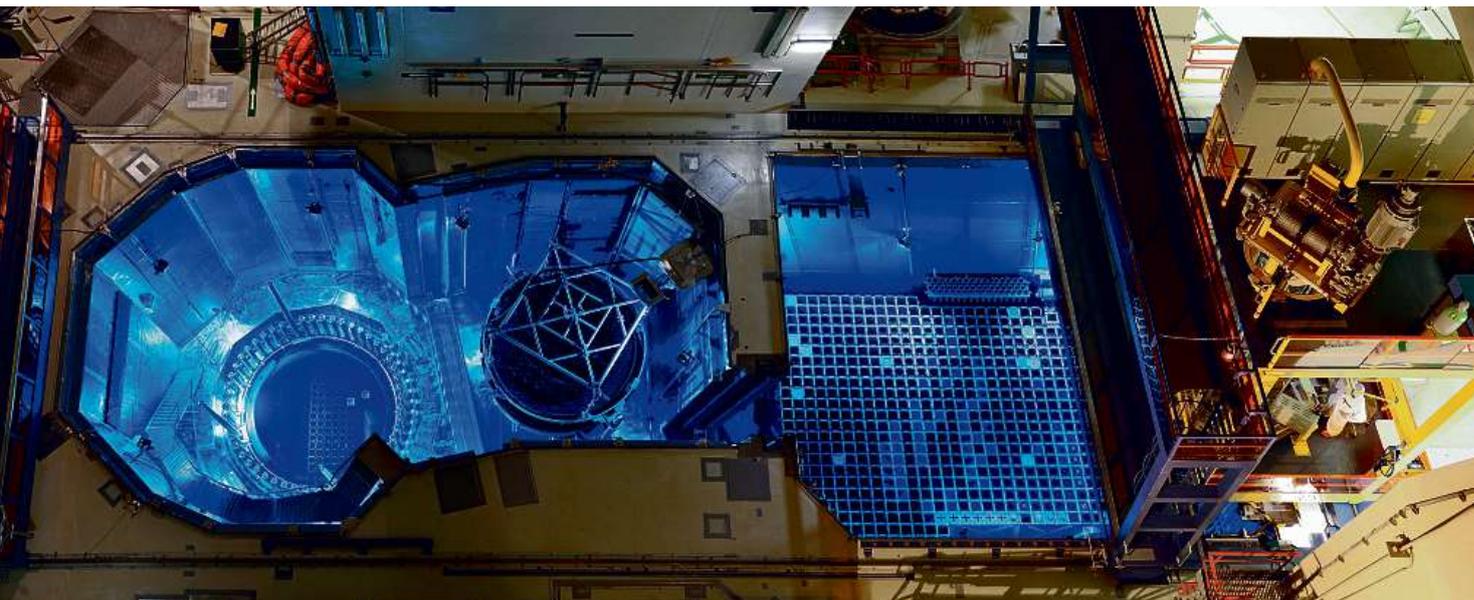
Un nouveau moyen de refroidissement

Une caractéristique essentielle distingue les différents concepts de réacteurs: le moyen de refroidissement. Les variantes traditionnelles utilisent de l'eau. Elles fonctionnent de la manière suivante: la chaleur produite par la fission nucléaire mène à l'évaporation de l'eau; la vapeur d'eau entraîne à son tour une turbine qui produit de l'électricité via un générateur. L'un des inconvénients est que l'eau évaporée doit elle-même être refroidie pour pouvoir à nouveau refroidir le réacteur. Une panne de courant peut – du moins dans les anciennes centrales refroidies à l'eau – entraîner une augmentation continue de la température du cœur du réacteur et provoquer sa fusion, comme cela a été le cas à Fukushima. Les gaines entourant les éléments combustibles fondent alors, et libèrent des matières radioactives.

Si l'on utilise d'autres moyens de refroidissement, par exemple des sels fondus (Molten Salt Reactor, MSR) ou des métaux tels que le sodium ou le plomb (Lead-cooled Fast Reactor, LFR), qui peuvent continuer à refroidir passivement le réacteur même en cas



Salle de commande de la centrale nucléaire de Gösgen.



Cuve de pression de la centrale nucléaire de Gösgen. Cette dernière couvre environ 13 % de la consommation suisse d'électricité.

de panne de courant, une fusion du cœur au sens classique du terme est exclue [7]. Aux États-Unis, des chercheurs ont déjà travaillé dans les années 1950 et 1960 à la conception de réacteurs à sels fondus [8]. Deux réacteurs rapides refroidis au sodium (Sodium-cooled Fast Reactor, SFR) sont même en service en Russie, l'un depuis 1980, l'autre depuis 2015 [9]. La Chine, quant à elle, étudie et développe depuis 2011 plusieurs concepts de réacteurs à sels fondus pour la production commerciale d'énergie. Elle est sur le point de tester un premier prototype [10]. Selon les chercheurs chinois, 99,99 % des déchets nucléaires se seront désintégrés en éléments inoffensifs au bout de 300 ans au plus tard. Cette technologie permettrait même d'utiliser les déchets nucléaires existants comme combustible [11].

Du côté de la Suisse, l'Institut Paul Scherrer (PSI) a lui aussi conclu tout récemment un contrat de coopération avec le développeur danois de réacteurs à sels fondus Copenhagen Atomic, afin de réaliser des expériences avec des sels fondus au thorium. L'objectif consiste à « valider la technologie et à fournir aux partenaires de la coopération une expérience précieuse pour la planification, la construction, l'autorisation, l'exploitation et le démantèlement de la nouvelle technologie de réacteurs à sels fondus », peut-on lire dans un communiqué de presse de juin 2024 [12]. Et la Russie, pour sa part,

a lancé il y a trois ans la construction du premier réacteur rapide refroidi au plomb au monde – Brest OD-300 –, qui devrait être mis en service en 2026 à des fins d'essai [13].

Dans les réacteurs à très haute température (Very High Temperature Reactor, VHTR) tels que les réacteurs à lit de boulets en Chine, une fusion du cœur est en revanche censée être quasiment exclue, car le revêtement en graphite résistant à la chaleur des boulets remplis d'uranium empêche le combustible nucléaire, ou ses produits de fission, de s'échapper dans la chambre du réacteur. Les États-Unis, la Grande-Bretagne et l'Allemagne ont mené des recherches sur de telles installations, et le Japon exploite un réacteur d'essais. Certains doutent toutefois que cette technologie soit vraiment plus sûre : « S'il y a une fuite et que de l'air s'infiltrerait, le graphite incandescent s'enflamme », explique Thomas Schulenberg. « Je ne dirais donc pas que c'est plus sûr. Ce serait juste un autre type d'accident – mais tout aussi dévastateur. »

Parallèlement, il existe des réacteurs de génération IV dont la structure est similaire à celle des réacteurs à eau bouillante, mais qui sont refroidis à l'eau supercritique (Supercritical Water Reactor, SCWR). « La pression à l'intérieur est si élevée que l'eau ne bout pas et se trouve dans un état dit supercritique », explique Thomas Schulenberg, qui a travaillé dans les années 2000 avec des étudiants et des doctorants à

un concept pour un tel réacteur. Comme l'eau ne s'évapore pas, elle a une densité et une température plus élevées et peut mieux absorber la chaleur, ce qui explique le rendement plus élevé du réacteur. « De plus, ce type de centrale comporte moins de composants et devrait donc être moins cher à construire », ajoute-t-il. Le développement d'un tel type de réacteur n'en est encore qu'à ses débuts. « Nos travaux de recherche ont été couronnés de succès à l'époque, dans le sens où de nombreux étudiants se sont ensuite orientés vers la technologie de l'énergie nucléaire », se souvient-il. À cette époque, l'Allemagne avait encore un grand besoin de relève pour le développement de l'énergie nucléaire. Aujourd'hui, en revanche, Thomas Schulenberg fait partie d'une « espèce en voie de disparition » dans son pays. Il estime que la Suisse dispose désormais de plus d'expertise dans ce domaine.

Une définition floue

Comme l'idée de réacteurs rapides refroidis au sodium de génération IV est apparue dès les années 1970 et que plusieurs installations ont déjà été construites, Annalisa Manera estime que cette classification des centrales nucléaires est « assez floue » : « Le GIF n'a certes été créé qu'en 2001, mais le concept et les idées qui se trouvent derrière certains réacteurs de génération IV remontent à bien plus longtemps », rappelle-t-elle. « Cela fait déjà

plus de 60 ans que l'on cherche des moyens d'améliorer l'efficacité de l'utilisation du combustible. » Elle suppose que c'est probablement pour cette raison qu'il y a beaucoup de malentendus sur ce qu'est cette « nouvelle » génération de réacteurs.

Depuis la définition du terme au tournant du millénaire, les concepts traditionnels ont également évolué. « Pour les types de réacteurs refroidis à l'eau, nous avons atteint un niveau de sécurité qui est vraiment difficile à battre », explique Annalisa Manera. Selon les estimations statistiques des risques, il ne devrait se produire plus qu'un seul accident critique en l'espace de dix millions d'années, voire d'un milliard d'années. « Du point de vue de l'ingénierie, la probabilité d'accident est pratiquement nulle », ajoute-t-elle. Les systèmes de sécurité passifs veillent par exemple à ce qu'une fusion du cœur soit exclue. « Le type de liquide de refroidissement n'est donc pas un facteur de sécurité déterminant, c'est la conception du réacteur qui compte. » Selon elle, les réacteurs de génération IV sont donc attrayants en raison des éléments suivants: « Certains peuvent atteindre des températures très élevées qui pourraient être exploitées dans toute une série de processus industriels. Et un sous-groupe utilise des neutrons rapides qui permettent de transformer en combustibles des matériaux qui ne sont pas des combustibles à l'origine. On obtient ainsi beaucoup plus d'énergie avec beaucoup moins de déchets. » À cela s'ajoute le fait que les déchets nucléaires existants peuvent être recyclés avec certains réacteurs de quatrième génération. « 95% de ce que nous appelons aujourd'hui des déchets nucléaires pourraient encore servir de combustible », explique-t-elle.

De tels arguments sont apparemment convaincants. Avec la fédération faitière de l'économie Economiesuisse, les milieux proches de l'UDC et du PRD ont par exemple demandé cet été, avec l'initiative « Stop au blackout », de revenir sur l'abandon du nucléaire [14]. À la suite de quoi, Albert Rösti, le chef du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, a formellement demandé au Conseil fédéral de supprimer de la loi l'interdiction existante de construire de nouvelles centrales nucléaires.

La perspective économique

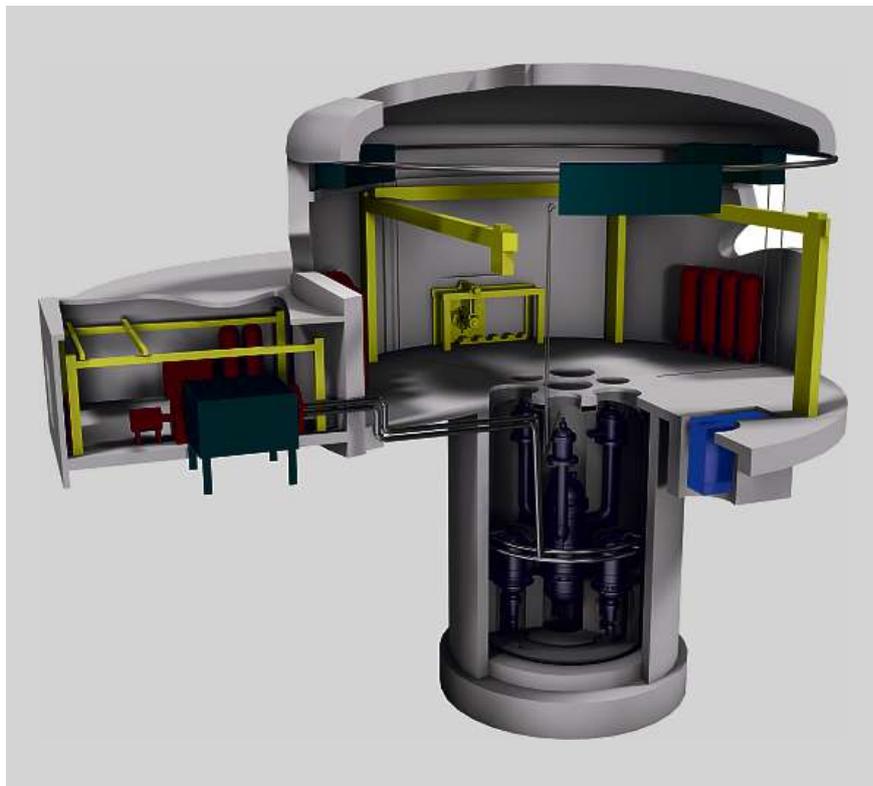
La principale critique adressée à l'énergie nucléaire est qu'elle est tout simplement trop chère. « Les coûts des centrales nucléaires n'ont pas diminué depuis des décennies, car la technologie est très complexe », explique l'économiste Jonas Savelsberg de l'ETH Zurich, qui étudie depuis longtemps les systèmes énergétiques dans une perspective économique et modélise le marché de l'électricité. Les réacteurs de quatrième génération n'y changeraient rien. D'un autre côté, il existe des technologies alternatives que l'on peut produire de manière standardisée en très grandes quantités: « Les énergies solaire et éolienne sont devenues considérablement moins chères au cours des dernières années. »

Ses déclarations sont confirmées entre autres par les calculs de la banque d'investissement américaine Lazard et du cabinet de conseil en stratégie Roland Berger. Pour ce faire, ces entreprises ont utilisé le LCOE (Levelized Costs of Energy) – un indicateur des coûts de production d'énergie. Le LCOE est en quelque sorte le prix minimum moyen auquel l'électricité produite par l'installation doit être vendue pour couvrir l'ensemble des coûts de

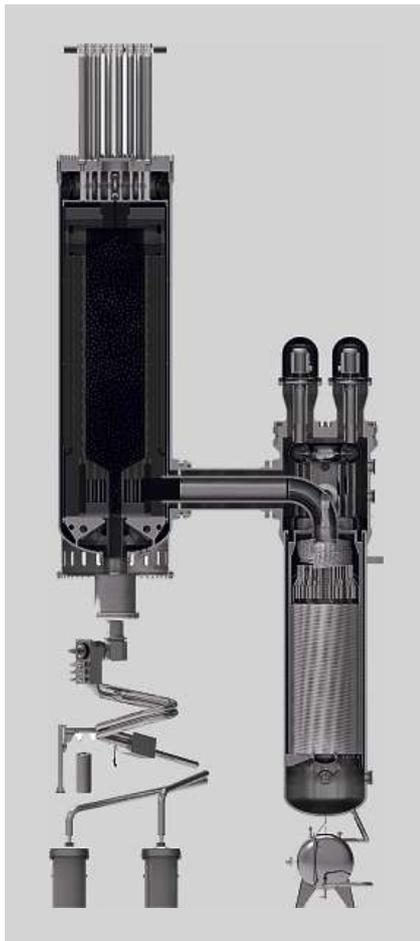
production pendant sa durée de vie. Ces dernières années, selon Lazard, le LCOE de l'électricité nucléaire a augmenté de près de 50%; dans le même temps, il a chuté de plus de 80% pour le photovoltaïque et de 65% pour l'éolien [15]. Selon ses calculs, le LCOE de l'électricité nucléaire est d'environ 0,18 USD par kilowattheure, tandis que pour l'énergie photovoltaïque et éolienne, il est d'environ 0,05 USD.

L'Institut Fraunhofer pour les systèmes énergétiques solaires ISE, à Freiburg, en Allemagne, arrive même à des valeurs allant jusqu'à 0,5 EUR par kilowattheure pour le LCOE de l'énergie nucléaire [16]. L'énergie éolienne et les installations photovoltaïques se situeraient en revanche entre 0,04 et 0,15 EUR. À cela s'ajoute le fait que la valeur du LCOE ne tient pas compte des coûts à long terme tels que ceux liés au stockage des déchets nucléaires en couche géologique profonde. L'énergie nucléaire serait ainsi le mode de production d'électricité le plus cher.

Étant donné que Lazard est une société d'investissement qui investit dans les énergies renouvelables et que l'ISE effectue des travaux de recherche dans le domaine de l'énergie solaire, des critiques sont parfois formulées ici



Le réacteur à neutrons rapides à haute température refroidi au gaz Allegro permet de démontrer des concepts de réacteurs de génération IV, mais il ne produit pas d'électricité.



Xe-100 : ce réacteur commercial à lit de boulets à haute température refroidi au gaz devrait être mis en service aux États-Unis en 2027.

quant à un manque d'indépendance dans la prise de position sur le sujet. « Les hypothèses les plus pessimistes ont été utilisées comme base pour l'énergie nucléaire », reproche par exemple Annalisa Manera. Dans un rapport de 2017 pour l'Office fédéral de l'énergie, le PSI a par exemple calculé une valeur du LCOE comprise entre 0,05 et 0,125 CHF par kilowattheure [17]. Dans le cas le plus défavorable, bien que très improbable, cette valeur pourrait atteindre 0,275 CHF/kWh.

Ce rapport se base toutefois sur des coûts d'investissement faibles et sur une production en ruban qui deviendra de moins en moins probable à l'avenir, critique à son tour Jonas Savelsberg. « Au niveau européen, nous nous dirigeons vers un système électrique dans lequel la plus grande partie des besoins sera couverte par le vent, le soleil et l'énergie hydraulique », explique-t-il. « Nous devons désormais nous poser la

question de savoir comment produire raisonnablement le reste. » Techniquement, il faudrait pour cela une méthode à laquelle il serait possible de recourir de manière flexible dès que la demande dépasse l'offre des énergies renouvelables. « Il serait erroné de penser que l'énergie nucléaire ne peut pas le faire », explique Annalisa Manera. « En France, il s'agit d'une pratique courante. » D'un point de vue économique, il n'est toutefois pas judicieux de faire fonctionner un réacteur nucléaire à pleine puissance uniquement par moments, admet-elle. Et c'est justement là le problème fondamental pour Jonas Savelsberg : « Si l'on mise sur l'énergie nucléaire comme technologie complémentaire aux énergies renouvelables, l'unité d'électricité devient très chère. Les coûts d'investissement à amortir et les coûts d'exploitation des réacteurs restent les mêmes, qu'ils soient en train de produire de l'électricité ou non. » L'énergie déjà onéreuse d'une centrale nucléaire devient donc encore plus chère. C'est ce que confirme aussi Thomas Schulenberg : « Si l'on veut utiliser chaque kilowattheure produit par le vent ou le soleil, une centrale nucléaire ne fait aucun sens d'un point de vue économique : les coûts fixes sont beaucoup trop élevés. »

Et ces coûts élevés commencent dès la construction : dans son livre « How Big Things Get Done », Bent Flyvbjerg, économiste et professeur à l'IT University of Copenhagen, arrive à la conclusion que les centrales nucléaires coûtent en moyenne 120 % de plus que prévu. Le stockage intermédiaire ou final des déchets nucléaires coûte même 240 % de plus que ce qui avait été calculé à l'origine [18]. Un exemple récent : la Pologne voulait achever son premier réacteur en 2033, ce qui a entre-temps été repoussé à 2040, pour une durée de construction de 14 ans et des coûts élevés, comme le rapporte le magazine « Focus » [19].

La centrale nucléaire Hinkley Point C, dans le Somerset anglais, devait coûter environ 21 milliards d'euros au début de sa construction en 2016 : on estime entre-temps qu'elle coûtera environ 40 milliards [20]. Et le premier des deux réacteurs sera connecté au réseau au plus tôt en 2031, soit six ans plus tard qu'initialement prévu [21]. Toutefois, les deux unités de Hinkley Point C produiront vraisem-

blablement autant d'électricité que toutes les centrales nucléaires suisses réunies. « Si l'on voulait produire la même quantité d'électricité avec le solaire alpin, les installations coûteraient plus de 50 milliards de francs suisses », estime Annalisa Manera. Le solaire alpin est toutefois l'une des sources d'électricité renouvelable les plus chères.

Il est aussi vrai que les délais de construction varient fortement : la Chine, le Japon ou la Corée du Sud ont par exemple souvent achevé leurs réacteurs les plus récents en cinq à sept ans [22]. Selon Statista, la médiane pour la construction d'un réacteur nucléaire entre 2020 et 2022 était d'un peu plus de sept ans [23]. La Chine se distingue particulièrement à cet égard. Bien que le pays n'ait autorisé sa première centrale nucléaire qu'en 1981, 57 réacteurs sont déjà en service aujourd'hui et 30 autres sont en construction. Ainsi, au cours des dernières décennies, le programme nucléaire chinois a atteint un degré de standardisation élevé, dont les autres pays ne peuvent que rêver. Les types de réacteurs construits sont souvent uniformes, les chaînes d'approvisionnement associées bien établies, et une main-d'œuvre expérimentée est disponible. De plus, les banques gouvernementales garantissent le financement. « Les nouvelles centrales nucléaires ne sont en fait construites que si l'État les finance », explique Jonas Savelsberg. Pour les investisseurs privés, le risque est trop élevé, car le montant de l'investissement et la durée de la construction sont généralement incertains.

Annalisa Manera est toutefois optimiste quant au fait qu'une standardisation ainsi qu'une plus grande efficacité dans la production puissent s'imposer dans l'ensemble du secteur et que la construction de nouvelles centrales puisse à nouveau s'accélérer à l'avenir, même en Europe. « On développe aussi de petits réacteurs modulaires et même des microréacteurs qui sont en grande partie fabriqués en usine. Cela rend la fabrication beaucoup plus rentable. » De telles installations pourraient, par exemple, fournir de l'énergie à une grande entreprise qui a besoin de beaucoup d'électricité ou de chaleur et qui ne veut pas dépendre des fluctuations de prix de l'électricité du réseau, pense-t-elle.

Mais l'électricité d'un « Small Modular Reactor », SMR, est encore plus chère que celle des grands réacteurs, explique Thomas Schulenberg. « Je ne pense pas que cela change bientôt. » Certains, comme l'entreprise NuScale Power, ont déjà dû abandonner des SMR prévus en raison de l'explosion des coûts [24]. D'autres continuent de croire en cette technologie – par exemple l'entreprise Rolls-Royce, qui travaille à un SMR [25] : « Chaque centrale nucléaire fabriquée en usine fournira suffisamment d'électricité abordable et à faible teneur en carbone pour alimenter un million de foyers pendant plus de 60 ans », peut-on lire dans un communiqué de presse publié par l'entreprise en 2024 [26].

« Tous les pays ne sont pas intéressés par de grandes installations », précise Annalisa Manera. Plusieurs pays européens envisageraient déjà d'acheter des SMR – dont la Pologne, la Roumanie et la Grande-Bretagne. « Chez nous, en Europe, je ne vois pas de marché pour de tels réacteurs », juge en revanche Thomas Schulenberg. « Les SMR pourraient être utiles pour les réseaux dits en îlots, où il serait impossible d'exploiter entièrement la puissance des grandes centrales nucléaires », ajoute-t-il. De telles infrastructures de réseau existent par exemple au Canada, en Alaska ou en Sibérie. Une idée consisterait également à utiliser, dans un avenir lointain, de telles minicentrales dans l'espace. La NASA a déjà développé, en collaboration avec le Los Alamos National Laboratory, un réacteur de démonstration baptisé Krusty [27]. La Chine et la Russie développent également un modèle qui pourrait être utilisé dans une station de recherche sur la Lune [28].

Comment l'approvisionnement en énergie va-t-il évoluer ?

Mais revenons à la Terre: l'énergie nucléaire peut-elle à l'avenir faire judicieusement partie d'un mix énergétique pauvre en carbone? Thomas Schulenberg et Annalisa Manera en sont convaincus. Pour Thomas Schulenberg, par exemple, la structure envisagée pour l'approvisionnement énergétique est une décision purement politique: « La France dit: nous misons essentiellement sur l'énergie nucléaire pour notre approvisionnement de base en électricité et produisons accessoire-

ment de l'énergie photovoltaïque et éolienne. » Il s'agit simplement d'un autre concept. Il pense même qu'à long terme, la France produira de l'électricité moins chère que l'Allemagne. Car les périodes creuses sans vent ni soleil devront être alimentées avec des technologies alternatives, par exemple avec des technologies de stockage telles que les batteries et l'hydrogène, ou avec des centrales à gaz ou au fioul avec CCS, c'est-à-dire avec capture et stockage du CO₂ produit.

Nombre de ces approches ne sont pas efficaces, ne sont pas encore opérationnelles ou entraîneraient également des coûts élevés, explique Annalisa Manera. Elle trouve donc le comportement de l'Allemagne « hypocrite »: « On ne veut plus d'énergie nucléaire, mais on importe ensuite de l'électricité nucléaire de France. Cela n'a guère de sens. » Elle estime que l'énergie nucléaire est indispensable pour atteindre la neutralité carbone et qu'elle garantira à l'avenir l'approvisionnement énergétique de base dans de nombreux pays. C'est également la conclusion d'un document de référence qu'elle a récemment rédigé à la demande de la Confédération avec d'autres chercheurs suisses de premier plan dans le domaine du nucléaire. Selon ce rapport, l'énergie nucléaire n'est pas nécessairement plus chère que d'autres sources d'énergie, pour autant qu'on l'intègre judicieusement dans le système d'approvisionnement en électricité [29].

Jonas Savelsberg voit les choses différemment: « En Europe, nous pourrions à l'avenir couvrir la totalité de nos besoins en électricité avec les énergies renouvelables une grande partie de l'année. » Nous produisons parfois déjà aujourd'hui trop d'électricité. « Dans de telles conditions, une centrale nucléaire n'est plus rentable, car sa production en ruban n'a alors plus du tout de valeur », explique-t-il. Une étude de l'ETH Zurich, qui évalue le rôle de l'énergie nucléaire dans le système électrique suisse, parvient à une conclusion similaire. L'un des résultats a été que, compte tenu des coûts d'investissement actuels pour les centrales nucléaires en Europe, la construction d'une nouvelle installation entraînerait des coûts nettement plus élevés que le scénario sans nouvelles centrales nucléaires. Toutefois, l'étude conclut également qu'un fonctionnement pro-

longé des centrales nucléaires existantes en hiver permettrait de réduire les importations d'électricité. Cela pourrait faire baisser les coûts globaux de l'approvisionnement en électricité et atténuer la hausse des prix de l'électricité, concluent les auteurs [30].

Annalisa Manera déplore notamment qu'un très grand facteur d'incertitude ait été ajouté au scénario nucléaire – c'est la seule raison pour laquelle il est devenu plus onéreux. Elle appuie son opinion sur une étude de la Nuclear Energy Agency de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) consacrée au cas de la Suisse, publiée en 2022 [31]. Cette étude arrive à la conclusion que l'électricité serait moins chère si de nouvelles centrales nucléaires étaient construites. Toutefois, cette situation est à nouveau principalement due aux bénéfices issus des exportations d'électricité, « qui ne sont atteints que parce que l'on a pris en considération des prix historiques de l'électricité pour les pays voisins », explique Jonas Savelsberg. Si l'on avait considéré une baisse des coûts dans ces pays également, les bénéfices disparaîtraient en grande partie. On constate donc que les résultats peuvent être totalement différents selon les hypothèses retenues.

Indépendamment de la controverse sur l'énergie nucléaire, la Suisse se trouve déjà aujourd'hui dans une situation confortable en ce qui concerne la sécurité d'approvisionnement en électricité. Une part importante des besoins en énergie électrique est couverte par l'énergie hydraulique, peu sujette aux fluctuations. Le pays dispose en outre de centrales de pompage-turbinage pour l'électricité excédentaire, qui peuvent la remettre à disposition en cas de besoin. « En Suisse, la solution pour la transition énergétique est là depuis longtemps », résume Jonas Savelsberg. En Allemagne, en revanche, on mise de manière transitoire sur les centrales au gaz naturel. « Mais on ne sait pas encore très bien ce qu'il adviendra si l'on ne veut plus brûler de gaz », déplore Thomas Schulenberg. La politique allemande souhaite recourir au CCS en cas d'émissions non évitables, afin de capter et de stocker le CO₂ émis [32]. De plus, une extension importante du réseau doit garantir l'approvisionnement en électricité.

Jonas Savelsberg explique l'idée sous-jacente: « Le grand avantage en Europe par rapport à d'autres régions est qu'il existe un réseau commun au sein duquel les différents pays peuvent échanger de l'électricité. » On part du principe que dans un système interconnecté à une si grande échelle, l'offre et la demande s'équilibrent en moyenne. Quelque part en Europe, il y a généralement toujours suffisamment de vent, de soleil et d'énergie hydraulique pour produire assez d'électricité pour tout le monde. Et si ce n'est pas le cas, il y a des technologies de back-up telles que les systèmes de stockage par batterie et les centrales à gaz avec CCS. Mais comme certaines nations continuent de miser sur l'énergie nucléaire, cette technologie fera également partie de l'approvisionnement en électricité de l'Europe à l'avenir. « Bien sûr, tous les pays d'Europe ne doivent pas avoir de centrales nucléaires », estime Thomas Schulenberg. Selon lui, il est bien plus important de trouver ensemble des solutions raisonnables. Annalisa Manera et Jonas Savelsberg sont aussi d'accord sur ce point.

Références

[1] www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421513006083?via%3Dihub
 [2] arxiv.org/pdf/2302.14515
 [3] www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/abstimmungen/abstimmung-zum-energiegesetz/kernenergie.html
 [4] www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/abstimmungen/atomausstieginitiative.html
 [5] www.zeit.de/wirtschaft/2017-05/schweiz-volksabstimmung-atomausstieg-energiende
 [6] www.bmuv.de/media/atomkraftwerke-in-deutschland-abschaltung-der-noch-betriebenen-reaktoren-gemeass-atomgesetz-atg
 [7] www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687850713000101
 [8] energyfromthorium.com/pdf/NAT_MSREExperience.pdf
 [9] en.wikipedia.org/wiki/Sodium-cooled_fast_reactor#Reactors
 [10] www.mdr.de/wissen/china-startet-ersten-thorium-fluessigsalz-reaktor-atomkraft-100.html
 [11] edison.media/energie/ist-der-fluessigsalzreaktor-das-perfekte-kraftwerk/25223783
 [12] www.psi.ch/de/news/medienmitteilungen/zusammenarbeit-in-der-reaktorforschung
 [13] www.nuklearforum.ch/de/news/russland-baubeginn-fuer-bleigekuehlten-schnellen-reaktor
 [14] www.tagesanzeiger.ch/akw-neubau-schweiz-roestli-will-verbot-kippen-198816516068
 [15] www.lazard.com/media/xemfeyOk/lazards-lcoe-plus-june-2024-_vf.pdf
 [16] www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html
 [17] www.psi.ch/sites/default/files/import/ta/Publication-Tab/Final-Report-BFE-Project.pdf
 [18] www.n-tv.de/wirtschaft/Warum-China-AKWs-bauen-kann-und-wir-nicht-article25171647.html
 [19] www.focus.de/earth/analyse/kurs-verschlingt-milliarden-ein-ungeloestes-problem-gefaehrdet-polens-riskante-atomkraft-plaene_id_260254192.html
 [20] www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/journalists/all-press-releases/hinkley-point-c-update-1
 [21] www.zdf.de/nachrichten/politik/ausland/atomkraftwerk-atomenergie-grossbritannien-bau-100.html
 [22] thebreakthrough.org/issues/energy/chinas-impressive-rate-of-nuclear-construction#:~:text=The%20Chinese%20nuclear%20project%20construction,to%20just%20over%207%20years
 [23] www.statista.com/statistics/712841/median-construction-time-for-reactors-since-1981
 [24] www.theguardian.com/australia-news/2023/nov/09/small-modular-nuclear-reactor-that-was-hailed-by-coalition-as-future-cancelled-due-to-rising-costs
 [25] www.rolls-royce-smr.com
 [26] www.rolls-royce-smr.com/press/rolls-royce-smr-presses-home-advantage-as-it-moves-into-final-step-of-uk-regulatory-assessment
 [27] www.nasa.gov/tdm/fission-surface-power
 [28] www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/russland-entwickelt-atomkraft-fuer-den-mond-a-ad047003-9e89-45fb-9cd6-9795006c021d
 [29] www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/news-und-medien/publikationen/exturl.html/aHROcHM6Ly9wd-WJkYi5iZmUuYWYWRtaW4uY2gvZW4vcHVibGijYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvMTE4Mzg.html
 [30] nexus-e.org/role-of-nuclear-power
 [31] www.oecd.org/en/publications/achieving-net-zero-carbon-emissions-in-switzerland-in-2050_ac21f8be-en.html
 [32] www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/05/20240529-entscheidung-ccs-industrie-deutschland.html



Auteur

Dr. Janosch Deeg est physicien et journaliste scientifique indépendant.
 → Deschawi.de, DE-69221 Dossenheim
 → deeg@deschawi.de

Power Monitoring Expert Cloud

La meilleure solution cloud de gestion de l'énergie et de la distribution électrique, du résidentiel aux grands sites industriels.

Efficacité et fiabilité

- Gestion des consommations et coûts liés à l'énergie
- Supervision de la distribution électrique en temps réel
- Prévention des incendies électriques

Installation simple et cybersécurité élevée

- Solution Plug-and-Play avec un simple routeur VPN
- Cryptage des données de bout en bout, conforme à la norme IEC 62443



se.com/ch/pmecloud-fr

Life Is On | Schneider Electric



Use Cases basierend auf Smart-Meter-Daten

Neue Möglichkeiten | Die Abkehr von fossilen Energiequellen führt zu einem Ausbau der nachhaltig erzeugten Elektrizität. Weil diese oft dezentral produziert wird, verändern sich die Anforderungen an das Verteilnetz stark. Für eine Um- bzw. Ausbaustrategie sind verlässliche Daten des Verteilnetzes zentral. Hierbei spielt der fortschreitende Smart-Meter-Rollout eine wichtige Rolle.

DAVIDE CROTTA, NILS BECKHAUS, DIRK SCHNEIDER

Mit dem Smart-Meter-Rollout stehen Daten für immer mehr Anschlusspunkte zur Verfügung. Es wird einfacher, die Daten zu erfassen, sie zu analysieren und basierend auf den Resultaten strategische und operative Entscheide zu treffen.

Smart Meter haben die Hauptaufgabe, Energiemesswerte für Abrechnungen zu erfassen. Den grössten Mehrwert für die Lastflussberechnung stellen die gemessenen 15-Minuten-

Profile dar. Sie ermöglichen Aussagen über die Netzauslastung und bilden die Grundlage für Prognosen. Die von Smart Metern erfassten Daten haben auch für die Analyse des Niederspannungsnetzes ein grosses Potenzial. Genau hier setzte die Arbeitsgruppe Smart Data des VSGS an. Sie hat untersucht, welchen Mehrwert solche zusätzlichen Smart-Meter-Daten generieren können. Im Folgenden wird anhand einiger Beispiele (Use Case) der Mehrwert aufgezeigt.

Grundlagen

Die Messfunktionalität von Smart Metern ist eine Kombination von Messgrössen und Messarten und dient in erster Linie der Abrechnung. Zu den typischen Messgrössen gehören Wirkleistung, Blindleistung, Scheinleistung, Spannung, Strom, Leistungsfaktor sowie die Frequenz. Mit Lastprofilen und Netzqualitätsmessungen stehen wertvolle Messwerte zur Verfügung.

Smart Meter protokollieren zudem unterschiedliche Ereignisse wie Mani-

pulationen, Änderungen an Konfigurationen oder Spannungsausfälle. Diese Ereignisse werden in der Regel mit einem Ereigniscode sowie mit einem Datum/Uhrzeit-Stempel registriert. Dabei werden unkritische Ereignisse als «Ereignis» und kritische Ereignisse als «Alarm» gespeichert. Die Alarm-/Ereignislogs ermöglichen interessante Use Cases, wenn die Informationen in einem zentralen System zur Verfügung stehen.

Systemaufbau

Mit dem Einsatz von Smart Metern wird eine neue Systemebene zwischen Verbrauchserfassung und Abrechnungssystem geschaffen, die der Kommunikation der Smart Meter mit dem Abrechnungssystem dient. Die Kommunikationsstrecke wird zwischen den dezentralen Smart Metern und dem Head End System (HES) aufgebaut. Das HES stellt die Daten dem Abrechnungssystem über das Metering Data Management (MDM) zur Verfügung und speichert sie für Datenanalysen (Bild 1). Die Architektur der Kommunikation, des HES inkl. MDM und des Datenspeichers muss auf die zu verarbeitende Datenmenge ausgelegt sein. Zukünftige Anwendungen sollten dabei berücksichtigt werden. Die Übertragung und Verarbeitung von 15-Minuten-Lastgängen aller Zähler am Folgetag ist anzustreben. Diverse Kommunikationstechnologien (PLC, LTE usw.) stehen dafür zur Verfügung, jede mit gewissen Vor- und Nachteilen. Die Wahl sollte die Netz-situation und Strategie des Netzbetreibers sowie mögliche Abhängigkeiten von Drittanbietern berücksichtigen.

Use Cases im Bereich der Versorgungsqualität

Die Erfassung der Störungen und der geplanten Ausschaltungen beispielsweise im VSE-Tool «NeDisp» erfolgt meist manuell. Die wichtigen Zahlen – wie die Anzahl der betroffenen Kunden, die nicht zeitgerecht gelieferte Energie usw. – werden häufig geschätzt und hochgerechnet. Dieses Vorgehen braucht einerseits viel Zeit und ist, je nach Komplexität der Störung, oft ungenau.

Alarmwerte oder Ereignisse aus Smart Metern ermöglichen eine effizientere und genauere Statistik. Konkret dient die Information über die vom Stromausfall betroffenen Smart Meter (z. B. Alarm «Stromausfall») der Quantifizierung der Anzahl betroffener Kunden resp. Messstellen. Mit den Informationen aus den Eventlogs (Zeitstempel) der betroffenen Smart Meter, wie zum Beispiel «Beginn des Stromausfalls» und «Wiederherstellung der Stromversorgung», kann die Dauer der Versorgungsunterbrechung bestimmt werden. Nach dem Pull-Prinzip kann – bei allen betroffenen Smart Metern – die Leistung vor der Versorgungsunterbrechung abgefragt werden. Diese drei Kenngrößen ermöglichen die Berechnung der nicht zeitgerecht gelieferten Energie einer Störung.

Die Nutzung von Smart-Meter-Daten erleichtert einerseits die Erfassung der Störungskennzahlen und erhöht andererseits deren Qualität. Korrekt geführte Störungsstatistiken sind ein gutes Abbild der Realität und helfen, künftige Massnahmen im Netz festzulegen und ihre Wirkung zu überprüfen.

Detektion von Netzstörungen

Bei den meisten Verteilnetzbetreibern erfolgt die Störungsmeldung mehrheitlich durch die betroffenen Kunden. Mehrere Meldungen – meistens telefonisch – ermöglichen die Eingrenzung der Störung. Diese Informationen liegen aber nie vollständig vor. Darum muss ein geografisch grösseres Gebiet untersucht werden, was entsprechend lange dauern kann. Der Ort eines Phasenausfalls kann heute oft erst nach längerem Suchen eruiert werden.

Eine automatische Übertragung von Alarmwerten der betroffenen Smart Meter (wie zum Beispiel «Ausfall aller Phasen») und entsprechende Lokalisierung ermöglichen eine genaue Beurteilung der Netzstörung. Mit den Smart-Meter-Daten erfolgt die Meldung über eine Netzstörung schneller und genauer. Dies erlaubt eine bessere Einschätzung der Dringlichkeit und der Ausprägung der Störung. Sie kann deshalb besser priorisiert und schneller behoben werden. Hier ermöglichen die Smart-Meter-Daten eine signifikante Verbesserung der Störungsbehebungen.

Nutzung von Eventlogs

Die Einhaltung der Spannungsqualität am Anschlusspunkt wird heute durch netzplanerische Grundsätze und Stichproben in Messkampagnen sichergestellt. Bei Meldungen von Kunden erfolgt eine spezifische Messung am Anschlusspunkt und, bei Bedarf, die Einleitung von Massnahmen zur Verbesserung der Spannungsqualität. Mit Smart Metern kann die Einhaltung der Spannungsqualität kontinuierlich überwacht werden. Allfällige Verletzungen

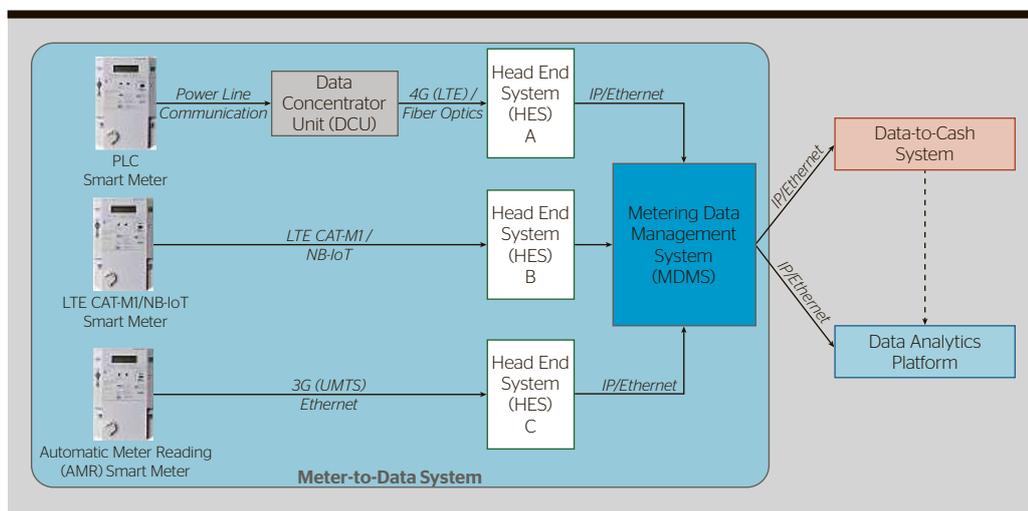


Bild 1 Übersicht über das Smart-Meter-Ökosystem. Weitere Möglichkeiten sind denkbar: Beispielsweise können Smart Meter via RS485/Ethernet mittels Building Gateway und Breitbandkommunikation an ein HES angeschlossen werden.

Bild: Romande Energie, Repower AG

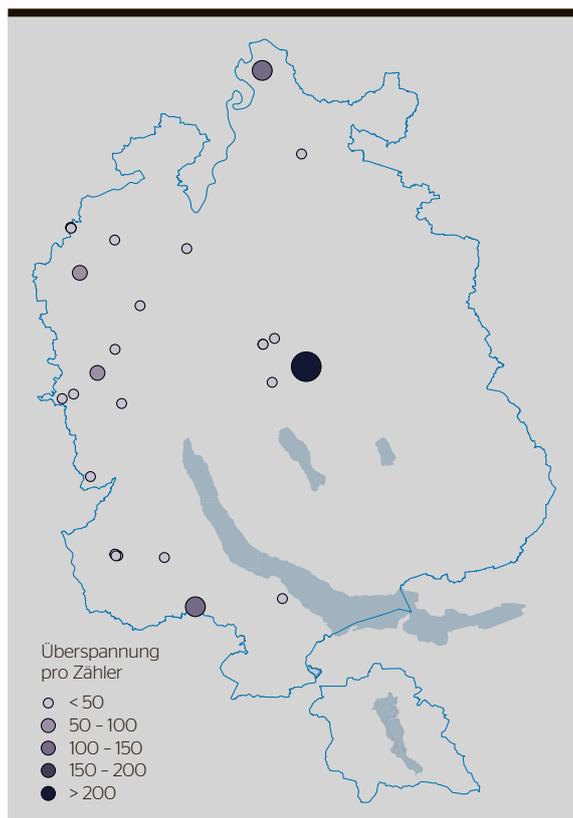


Bild 2 Verknüpfung der Netztopologie mit Events.

definierter Grenzwerte können mit einem Zeitstempel in einem Eventlog protokolliert werden. Diese Informationen werden täglich an das HES gesendet. In der Regel ist ein Export der Eventlogs mit spezifischen Daten für einen Messpunkt aus dem ERP-System ohne Probleme möglich. Da der Einbaort des Smart Meters bekannt ist, lässt sich die Störung geografisch positionieren (**Bild 2**). Auch eine Zuordnung zu einzelnen Netzelementen (Hausanschluss, Verteilkabine usw.) ist möglich. Mit der Verknüpfung zur Netztopologie kann die Ursachenforschung noch weiter unterstützt werden.

Mit dem Smart-Meter-Rollout bringt der Netzbetreiber Intelligenz an die Übergabestelle zu den Kunden, welche bestimmte Parameter auf eine Über- bzw. Unterschreitung von Grenzwerten überprüfen kann. Die Ereignisse (Events) werden in den Smart Metern in Eventlogs gespeichert. Durch die Auswertung dieser Eventlogs kann die Einhaltung der Grenzwerte am Messpunkt überprüft werden. Bei einer Verletzung kann bereits vor einer Kundenreklamation reagiert werden. Durch die Einordnung der Smart Meter in die Netztopologie kann unter Umständen auf den Ort eines Netzengpasses bzw. einer Störungsquelle geschlossen werden.

Use Cases «Kontrolle und Analyse»

Viele Smart Meter erlauben es, die momentane Energieflussrichtung (Bezug und Rücklieferung) pro Phase (also nicht nur über alle drei Phasen saldiert) zu messen, oft sogar mit der Leistung der jeweiligen Phase. Dies ermöglicht es, neue Kontrollmechanismen zu entwickeln und automatisiert einzusetzen.

Schweizweit werden jedes Jahr unzählige PV-Anlagen neu in Betrieb genommen oder erweitert. In Einzelfällen wird eine solche Inbetriebnahme oder Erweiterung dem Netzbetreiber nicht gemeldet, was zu einer ungenauen Kenntnis über das eigene Netzgebiet führt. Ist hinter einem

Messpunkt der Verbrauch grösser als die Produktion, wird im üblichen (über alle Phasen saldierten) Registerwert oder Lastgang keine Rücklieferung gemessen. Das Messen der Energieflussrichtung oder gar deren Leistungswert pro Phase erhöht die Wahrscheinlichkeit massgeblich, dass eine Produktionsanlage automatisiert erkannt wird und fehlende Inbetriebnahme- oder Erweiterungsmeldungen nachgefordert werden können.

Aufgrund der besseren Kenntnis über die PV-Anlagen im Netzgebiet kann eine genauere Simulation der Netzlast vorgenommen werden, was wiederum Einfluss auf die Bewilligung weiterer Produktionsanlagen sowie die Planung des Netzausbaus hat.

Erkennen von falsch angeschlossenen Zählern

Mit der Messung der Energieflussrichtung pro Phase kann zudem folgender Problemfall aufgedeckt werden. Bei der Installation von Zählern kann es passieren, dass aus Versehen die Zuleitung an der Klemme für die hausseitige Installation und das Kabel der hausseitigen Installation an der Klemme für die Zuleitung angeschlossen werden (**Bild 3b**).

Der Zähler rechnet damit den an dieser falsch angeschlossenen Phase gemessenen Verbrauch als Rücklieferung in den über alle drei Phasen saldierten Wert ein. Geschieht dies nur an einer Phase, so reduziert sich der über alle drei Phasen saldierte Verbrauch durchschnittlich auf einen Drittel des eigentlichen Verbrauchs. Nach einem Zählerwechsel oder wenn mehrere Phasen falsch angeschlossen sind, kann ein solcher Fehler anhand unplausibler Verbrauchsveränderungen oder eingespeister Energie ohne PV-Anlage festgestellt werden. Bei

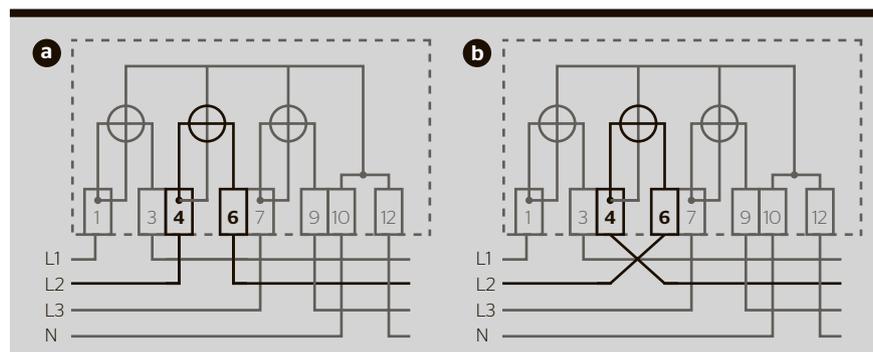


Bild 3 a) Korrekt angeschlossener Stromzähler; b) falsch angeschlossener Stromzähler.

Neuinstallationen hingegen ist der verkehrte Anschluss an nur einer Phase ohne Kenntnis des effektiv zu erwartenden Verbrauchs nicht feststellbar. Über die Jahre oder gar Jahrzehnte hinweg können so mehrere Tausend oder gar Zehntausende Franken an Mindereinnahmen zusammenkommen.

Wenn an allen Messpunkten ohne PV-Produktion die Lieferrichtung pro Phase gemessen und eine Rücklieferung auf nur einer Phase festgestellt wird, so handelt es sich mit grosser Wahrscheinlichkeit um einen falsch angeschlossenen Zähler. Bei dieser Prüfung müssen Messungen mit jederzeit möglichen Rücklieferungen ausgeschlossen werden, wie dies beispielsweise bei der Rekuperation von Liftanlagen der Fall sein kann. Mit der beschriebenen Prüfung können solche Mindereinnahmen sowie spätere, unangenehme Nachforderungen vermieden werden.

Nutzung von Tageswerten für Kontrollzwecke

Smart Meter ermöglichen das Speichern und Übertragen von Tageswerten wie die Energie-Zählerstände oder die Maximalleistung. Eine regelmässige Auswertung und Darstellung dieser

Daten dienen der Analyse, ob bewilligte resp. vertraglich vereinbarte Werte eingehalten werden. Um dies umsetzen zu können, müssen die definierten Werte der Anschlussobjekte wie beispielsweise die bezugsberechtigte Leistung oder die maximale Rückspeiseleistung bekannt, digitalisiert und einem Messpunkt zugeordnet sein.

Werden die Tageswerte regelmässig übertragen und automatisiert mit den definierten Werten abgeglichen, so kann über das gesamte Verteilnetz geprüft werden, ob die bewilligten resp. vertraglich vereinbarten Werte eingehalten wurden.

Fazit und Ausblick

Die Smart Meter können aber weit mehr. Es sind kleine Messcomputer, positioniert an jedem Hausanschluss. Diese Messcomputer liefern zusätzlich zu den Energiemesswerten weitere Daten. Mit diesen Daten sind viele neue Anwendungen möglich.

Die Schwierigkeit für den Netzbetreiber wird darin bestehen, sich aus diesen Möglichkeiten auf die für ihn sinnvollen Anwendungen zu konzentrieren. Dazu ist das für ihn spezifische Kosten-Nutzen-Verhältnis zu berücksichtigen. Mit der Wahl der Infrastruk-

tur, beispielsweise der Art der Kommunikation über PLC oder Glasfaser, sind bestimmte Use Cases möglich oder eben nicht. Daher sollten die Use Cases schon bei der Wahl der Infrastruktur berücksichtigt werden.

Für die neuen Möglichkeiten sind neue Kompetenzen nötig. Der Netzbetreiber kann diese intern aufbauen oder extern beziehen. Wichtig ist, dass mit den neuen Möglichkeiten auch die zusätzlichen Gefahren betrachtet werden. Der Netzbetreiber muss die Verantwortung für die Daten übernehmen. Dazu muss er eventuell seine Prozesse erweitern oder zumindest überprüfen. Die Erkenntnisse aus der Arbeitsgruppe Smart Data des VSGS zeigen, dass die Smart Meter weit mehr können.

Autoren

Davide Crotta ist Leiter Planung & Projekte und Mitglied der Geschäftsleitung bei Energie Service Biel/Bienne.
→ Energie Service Biel/Bienne, 2501 Biel
→ davide.crotta@esb.ch

Nils Beckhaus ist Bereichsleiter Asset Management Netze bei EKZ.
→ EKZ, 8002 Zürich
→ nils.beckhaus@ekz.ch

Dirk Schneider ist Projekt Manager bei Repower.
→ Repower, 7742 Poschiavo
→ dirk.schneider@repower.ch



Cas d'utilisation des données des compteurs intelligents

Nouvelles possibilités

L'abandon des sources d'énergie fossiles entraîne un développement de la production durable d'électricité. Comme celle-ci est souvent décentralisée, le réseau de distribution est soumis à des exigences qui évoluent fortement. Or, pour pouvoir définir une stratégie de transformation ou d'extension, il est essentiel de disposer de données fiables sur le réseau de distribution. Le déploiement en cours des compteurs intelligents joue un rôle important à cet égard.

Les compteurs intelligents ne mesurent pas seulement la consommation d'énergie, mais enregistrent également différents événements tels que les manipulations, les modifications de configuration ou les pannes de courant. Ces événements sont généralement enregistrés avec un code relatif à l'événement et sont horodatés. Les événements non critiques sont enregistrés en tant qu'« événement » et les événements critiques en tant qu'« alarme ». Les rapports d'alarmes/d'événements ouvrent la voie à des cas d'utilisa-

tion intéressants pour autant que les informations soient disponibles dans un système central. Par exemple, des applications dans le domaine de la qualité de l'alimentation – pour les statistiques, pour la détection des perturbations du réseau ou pour la détermination des goulets d'étranglement – ainsi que pour le contrôle et l'analyse – pour détecter les compteurs mal raccordés ou pour assurer le respect des valeurs convenues par contrat – sont possibles.

Avec le déploiement en cours réglementé par la loi, d'ici fin 2027, 80 % des compteurs installés en Suisse seront des compteurs intelligents. Ceux-ci fournissent en premier lieu des données pour la facturation de l'énergie et des coûts d'utilisation du réseau, mais peuvent également être utilisés pour d'autres applications. La difficulté pour le gestionnaire de réseau consistera à se concentrer sur les applications qui lui sont utiles.

JETZT MIETEN

SKYWORKER®
Arbeitsbühnen - Vermietung

Telestapler 6.26e | 17.45e

Geräuscharm
100% elektrisch
Kleiner Wenderadius
Nutzungsdauer bis 8h
Strassenzulassung CH

ws-skyworker.ch

Greenline SkyAccess

Mehr Infos
hslu.ch/gebaeude-technik

BACHELOR GEBÄUDETECHNIK | ENERGIE

Näher dran an smarten Gebäuden und
erneuerbarer Energie

HSLU Hochschule
Luzern

Digitale oder analoge Energiewende

Fachtagung und Themenmesse am 15. November 2024
in der THE HALL in Dübendorf

JETZT ANMELDEN!

Erleben Sie die Zukunft der Energieversorgung!

Diskutieren Sie die Möglichkeiten und Grenzen digitaler Stromnetze und profitieren Sie von auserlesenen Fachvorträgen. Freuen Sie sich auf spannende Themen wie:

- Die Transformation der elektrischen Energienetze
- Neuigkeiten vom BfE zur Umsetzung des Stromgesetzes
- Verbesserung der Datenqualität
- Entwicklung vom klassischen Netz zum SmartGrid
- ... und weitere wertvolle Informationen

Prof. Uwe Schneidewind spricht Klartext über die Chancen und Herausforderungen der urbanen Energiewende. **Adrian Bolliger** zeigt die internationalen Ansätze in der Umsetzung der Energiewende auf. **Zum 10-jährigen Jubiläum werden sich 10 ausgewählte Start-up Unternehmen präsentieren.**

Mehr Informationen und Anmeldung unter www.swissmig.ch

Patronat:

Medienpartner:

Platinpartner:



À l'arrêt, les panneaux solaires du van sont déployés et inclinés pour favoriser la production PV.

En route vers un futur durable

Réalisation d'un van électrique 100 % solaire | Transformer un vieux fourgon en fin de vie en un van électrique solaire capable non seulement de produire toute l'électricité dont il a besoin, mais aussi d'en fournir au réseau ou à d'autres consommateurs: c'est le défi qu'a relevé Soleva, une équipe de huit jeunes ingénieurs motivés à promouvoir une manière de voyager plus durable.

MATTHIEU BOURGOIS, TOBIA WYSS

En 2021, trois jeunes ingénieurs, Curdin Wüthrich, Sara Bossuyt et Matthieu Bourgois, ont lancé le projet Soleva dans le but de construire le véhicule de voyage le plus durable possible. L'idée consistait à utiliser un minibus thermique en fin de vie, à le convertir à la propulsion électrique et à le munir de suffisamment de panneaux photovoltaïques pour pouvoir voyager uniquement à l'énergie solaire. Depuis, l'équipe de Soleva – aujourd'hui constituée de huit ingénieurs –, a réussi à

allier récupération, énergies renouvelables et matériaux naturels pour construire un van aménagé à faible impact environnemental, alimenté uniquement à l'énergie solaire.

L'équipe se sert désormais de ce véhicule pour transmettre un message positif de sensibilisation au voyage durable ainsi que d'encouragement à prendre part à la transition énergétique. Pour ce faire, elle a notamment réalisé cet été un tour de Suisse à l'énergie solaire.

Conversion à la propulsion électrique

Comme véhicule de base, Soleva a arrêté son choix sur un fourgon Peugeot J9 des années 80. Ce véhicule en fin de vie thermique se prêtait en effet particulièrement bien à une seconde vie électrique solaire, de par sa simplicité, ses dimensions, sa charge utile sur le toit et sa configuration en traction avant.

La première étape a consisté à retirer l'ancien moteur diesel ainsi que ses

accessoires tels que le pot d'échappement et le réservoir. Le châssis ainsi allégé de près de 300 kg était dès lors prêt à recevoir sa nouvelle motorisation électrique, essentiellement constituée de composants récupérés sur des véhicules accidentés: le moteur provient d'une Nissan Leaf et la batterie a été prélevée sur une VW ID3. L'équipe a de plus conçu une bague d'adaptation pour monter le moteur sur la boîte de vitesses du J9, ainsi qu'un système de caissons sur mesure pour installer les huit modules de batterie sous le châssis.

Le véhicule électrifié dispose ainsi d'une puissance de 60 kW (une puissance limitée pour des raisons d'homologation) et d'une batterie d'une capacité de 58 kWh. Cela lui permet de rouler sur tout type de route, des cols alpins aux autoroutes, et de parcourir des distances, selon le type de terrain et de conduite, allant jusqu'à plus de 250 km sur une seule charge de batterie.

Une structure photovoltaïque unique

En Suisse, le réseau de bornes de recharge est suffisamment développé pour pouvoir voyager avec un véhicule électrique sans panneaux solaires intégrés. Soleva a toutefois pour but d'explorer des zones bien plus éloignées et retirées. La solution consiste donc à produire l'électricité nécessaire sur place au moyen d'une structure photovoltaïque déployable et inclinable installée sur le toit du van.

Spécialement conçue par l'équipe, cette structure devait être à la fois légère, facile à manipuler et robuste pour résister aux intempéries. De plus, la surface solaire principale, au centre de la structure (**figure de titre**), est en permanence exposée au soleil, mais aussi au vent et à la grêle. C'est pourquoi Soleva est entrée en partenariat avec le CSEM, à Neuchâtel, qui a développé des panneaux solaires en composites, à la fois légers et résistants. Les autres panneaux sont rangés sous la surface principale lorsque le véhicule est en mouvement (**figure 1**). Grâce à un système de coulisses, ceux-ci peuvent être déployés dans les quatre directions lorsque le véhicule est à l'arrêt, pour atteindre une surface active totale de 25 m² et une puissance nominale de 5,1 kW (**figure de titre**). Enfin, la structure est inclinable afin de pouvoir optimiser la charge solaire en début et en fin de journée.



Figure 1 Lors des déplacements, les panneaux solaires déployables sont rangés sous la surface photovoltaïque centrale.



Figure 2 La partie habitat du van électrique solaire est essentiellement réalisée à partir de matériaux naturels (bois, bambou, liège, etc.).

Partager l'énergie solaire grâce au V2X

Le van Soleva ne se contente pas d'être un véhicule électrique et solaire, il a également la capacité de faire office de centrale photovoltaïque mobile en réinjectant l'électricité qu'il a produite sur le réseau électrique grâce à la technologie de Studer, l'un de ses sponsors, ou en générant un réseau électrique local. Cette technologie V2X (Vehicle-to-X) offre toutes sortes d'opportunités telles que l'alimentation d'habitants,

d'événements ou d'outillage dans des zones déconnectées du réseau ou touchées par des catastrophes naturelles.

Voyager de manière confortable

Le van Soleva ne serait pas un véhicule de voyage si l'intérieur n'avait pas été aménagé en conséquence (**figure 2**). La partie habitat est essentiellement constituée de matériaux naturels: du liège et de la laine servent d'isolation, tandis que le mobilier est en bois et en bambou. Il peut accueillir trois adultes

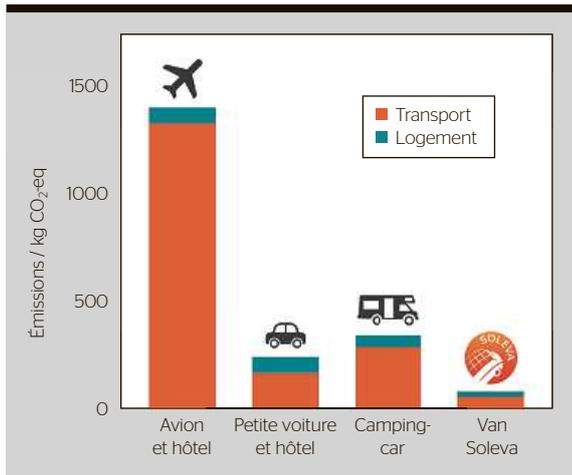


Figure 3 Comparaison des émissions de gaz à effet de serre de différentes manières de voyager pour un voyage d'une semaine en Europe, avec une distance totale parcourue de 600 km.



Figure 4 Une partie de l'équipe de Soleva lors de son tour de Suisse: Sara Bossuyt, Tobia Wyss, Nicola Offeddu, Lucanael Kopf, Curdin Wüthrich, Matthieu Bourgois et Max Chevron (de g. à d.).

de manière confortable, et toute l'électricité provient bien évidemment de l'installation photovoltaïque, cuisinière à induction incluse. Un petit poêle à bois permet en outre de chauffer l'habitat en hiver.

Homologation en Suisse

À l'heure actuelle, il n'existe pas de règlement clair quant à l'homologation d'un véhicule converti à la propulsion électrique en Suisse. Grâce à son équipe d'ingénieurs et à une bonne communication avec le Service des automobiles et de la navigation du canton de Vaud, le van solaire a pu être homologué sans trop de difficultés. Les points clés de son homologation étaient liés à la limite

de puissance qui ne devait pas dépasser la puissance d'origine de plus de 20 %, au respect des masses maximales autorisées pour ce véhicule, à la sécurité électrique et à la compatibilité électromagnétique.

Le processus d'homologation coûte toutefois encore très cher, plus de 15 000 CHF pour ce van: de quoi décourager beaucoup de particuliers et de petits entrepreneurs à convertir leur véhicule. Soleva participe depuis aux discussions ayant pour but de clarifier et de simplifier le processus d'homologation, afin de pouvoir réduire l'impact environnemental de la mobilité en Suisse grâce à la revalorisation de véhicules existants.

Réduire l'impact environnemental

En collaboration avec l'EPFL, Soleva a aussi effectué une analyse de cycle de vie de son véhicule solaire. Grâce à quelques principes simples tels que la réutilisation de matériel existant, une taille de batterie modérée et le recours à des produits naturels ainsi qu'aux énergies renouvelables, l'équipe a réussi à réduire l'impact de son véhicule de 80 % par rapport à un camping-car standard. Il est aussi intéressant de mentionner que, selon cette étude, voyager avec une petite voiture et dormir à l'hôtel est plus écologique que de voyager avec un camping-car standard (figure 3). Quant à prendre l'avion, il s'agit - et de loin - de la pire manière de partir en voyage.

Tour de Suisse

De juin à août 2024, Soleva a mis son véhicule solaire à l'épreuve: l'équipe a réalisé un tour de 50 jours à travers la Suisse pour tester le van dans des conditions réelles (figure 4). Elle en a profité pour participer à 37 événements, dont plusieurs visites d'écoles, de communes et d'entreprises, mais aussi des festivals et des fêtes de villages, et a même présenté son van au Centre commun de recherche de la Commission européenne, à Ispra, en Italie. Au cours de ce périple, le van a parcouru plus de 3500 km avec plus de 30 000 m de dénivelé, dont plus des deux tiers purement à l'énergie solaire - la mauvaise météo et un programme fixé à l'avance ont en effet contraint l'équipe à utiliser quelques fois une borne de recharge. Chaque arrêt a été l'occasion de montrer les caractéristiques du van et de discuter de l'avenir des voyages à l'énergie solaire avec des curieux, des professionnels de l'industrie et les médias.

Le van a démontré ses capacités tout au long du tour. Lors d'une journée particulièrement ensoleillée, une recharge solaire record suffisante pour 185 km d'autonomie a été atteinte. En outre, le van a parcouru 275 km sur une seule charge de batterie, affichant une consommation inférieure à 20 kWh/100 km, démontrant ainsi le potentiel du retrofit et de la mobilité solaire.

Parmi les nombreux moments forts du tour, deux événements ont été particulièrement marquants. Soleva a eu l'occasion unique d'alimenter un cinéma en plein air dans le village pittoresque de Grimentz ainsi qu'un concert

dans la ville de Martigny, et ce, entièrement grâce à l'énergie solaire produite par le van. Il ne s'agissait pas là uniquement de réaliser une démonstration technologique, mais aussi de célébrer les possibilités qu'offre l'énergie durable pour améliorer la vie des communautés. Ces événements ont permis de montrer que les véhicules à énergie solaire peuvent non seulement réduire les émissions, mais aussi offrir un nouveau moyen de rassembler et d'inspirer les gens de manière significative.

Perspectives

Son tour de Suisse terminé, l'équipe est empreinte d'un sentiment d'accomplissement et d'anticipation pour la suite.

Le van Soleva a non seulement fait ses preuves en tant que démonstrateur technologique, mais il a également suscité d'importantes discussions sur l'avenir de la mobilité et du voyage durable.

Les idées et les données recueillies au cours de ce tour sont précieuses pour continuer à affiner la conception du van et à repousser les limites de la mobilité solaire. Le prochain voyage s'annonce encore plus ambitieux – une aventure pionnière qui mènera l'équipe au-delà des frontières de la Suisse et dans des territoires éloignés de toute civilisation. Le meilleur reste à venir...

Le projet Soleva est un voyage de découverte, d'apprentissage et de crois-

sance. L'association est plus déterminée que jamais à poursuivre sa mission de promotion de la mobilité durable, un kilomètre solaire à la fois, et invite tout le monde à se joindre à l'effort commun en vue de construire un avenir plus durable.

Liens

- soleva.org
- www.instagram.com/soleva_solar_van
- www.linkedin.com/company/solevavanproject

Auteurs

Matthieu Bourgois est CTO chez Soleva.

- Soleva, 1020 Renens
- matthieu.bourgois@soleva.org

Tobia Wyss est responsable solaire chez Soleva.

- tobia.wyss@soleva.org

IN KÜRZE

Auf dem Weg in eine nachhaltige Zukunft

Realisierung eines 100 % mit Solarenergie angetriebenen Vans

Das Soleva-Projekt wurde 2021 mit dem Ziel gestartet, ein möglichst nachhaltiges Reisefahrzeug zu bauen. Zu diesem Zweck ersetzte das Projektteam, das nun aus acht jungen Ingenieuren besteht, bei einem Peugeot J9 Van aus den 1980er-Jahren den Dieselmotor durch einen Elektroantrieb – mit Komponenten aus Unfallfahrzeugen: einem Nissan-Leaf-Motor und einer VW-ID3-Batterie. Um den für seine Fahrten benötigten Strom erzeugen zu können, wurde das Dach des Vans mit 25 m² Solarzellen ausgestattet, die auf einer speziell für das Projekt entwickelten neigbaren Struktur montiert sind. Diese besteht aus einer zentralen, robusten und leichten PV-Fläche, unter der weitere Solarpaneele verstaut sind, die bei stehendem Fahrzeug in alle Richtungen ausgefahren werden können.

Durch diese Umbauten konnte das Soleva-Team die Umweltauswirkungen seines Solar-Vans im Vergleich zu einem

Standard-Wohnmobil um 80 % reduzieren. Von Juni bis August 2024 führte es eine 50-tägige Tour durch die Schweiz durch, um den Van unter realen Bedingungen zu testen und ihn bei verschiedenen Veranstaltungen vorzustellen. An einem besonders sonnigen Tag wurde eine Rekord-Solarladung erreicht, die für eine Reichweite von 185 km ausreichte. Darüber hinaus fuhr der Van mit einer einzigen Batterieladung (58 kWh) bis zu 275 km weit. Schliesslich konnte das Team zeigen, dass der Van auch in der Lage ist, einen Teil der von ihm erzeugten Energie an andere Verbraucher abzugeben (V2X-Technologie), beispielsweise an ein Freiluftkino in Grimentz oder ein Konzert in Martigny.

Soleva plant weitere Reisen, um die nachhaltige Mobilität in noch weiter entfernten und abgelegenen Regionen zu fördern.



**Autor**Urs-Peter Menti
Institutleiter an der HSLU

Technik allein genügt nicht

Die Gebäudetechnik ist eine Schlüsseldisziplin, um den Klimawandel zu bremsen, aber auch, um seine Folgen zu bewältigen. Sie schafft behagliche Wohn- und Arbeitsräume, auch bei extremen Temperaturen, und spielt eine zentrale Rolle bei Energieeffizienz, Versorgungssicherheit und Netto-Null-Emissionen. Dabei sollen die Gebäude und ihre Technik nicht als statische Strukturen verstanden werden, sondern als dynamische, nachhaltige Systeme. Am Institut für Gebäudetechnik und Energie (IGE) der Hochschule Luzern werden Lösungen entwickelt, die diesen Anforderungen gerecht werden.

Viele technische Ansätze wie energieeffiziente Heizsysteme und intelligente Steuerungen sind erprobt und im Einsatz. Doch in Bereichen wie zirkulärem Bauen und grauer Energie braucht es noch Sensibilisierung, Innovation und geeignete Rahmenbedingungen.

Ein weiterer Fokus liegt auf der Digitalisierung. Sie revolutioniert Planung, Bau und Betrieb von Gebäuden. Systeme, die sich adaptiv an Aussenbedingungen und Nutzerbedürfnisse anpassen, sind längst Realität. Auch die Betriebsoptimierung durch künstliche Intelligenz ist keine Zukunftsvision mehr, doch das Potenzial ist noch gross.

Aber Technik allein reicht nicht aus. Es braucht den Menschen, um das volle Potenzial der Digitalisierung auszuschöpfen. Die Branche muss umdenken: Bauherren, Planerinnen und Handwerker sollten vernetzt und interdisziplinär agieren – das Silodenken ist passé. Die Gebäudetechnik von morgen muss flexibel, effizient und dekarbonisiert sein. Und den Menschen in den Mittelpunkt stellen. Genau hier setzen wir an der Hochschule Luzern an: Mit Forschung und Lehre fördern wir technologische Innovationen und stärken das Bewusstsein für nachhaltiges, vernetztes Planen und Bauen – über die Technik hinaus. Mit Veranstaltungen wie dem Schweizer Bau- und Immobilienforum vom 13.11.2024 zum Thema «Gemeinsam» fördern wir zudem den Austausch.

Zum Schluss möchte ich Sie mit einer Frage von Bertrand Piccard, einem Pionier unserer Zeit, zum Nachdenken anregen: «Wann haben Sie zuletzt etwas zum ersten Mal gemacht?» Vielleicht ist genau jetzt der Moment, etwas Neues zu wagen und aus dem Silo auszubrechen.

La technique seule ne suffit pas

La technique du bâtiment constitue une discipline clé non seulement pour freiner le changement climatique, mais aussi pour en maîtriser les conséquences. Elle crée des espaces de vie et de travail confortables, même en cas de températures extrêmes, et joue un rôle essentiel en matière d'efficacité énergétique, de sécurité d'approvisionnement et d'atteinte de l'objectif zéro émission nette. Dans ce contexte, les bâtiments et leur technique ne doivent pas être considérés comme des structures statiques, mais comme des systèmes dynamiques et durables. L'Institut pour la technique du bâtiment et l'énergie (IGE) de la Haute école de Lucerne (HSLU) développe des solutions qui répondent à ces exigences.

De nombreuses approches techniques, comme les systèmes de chauffage à haute efficacité énergétique et les commandes intelligentes, ont été testées et sont utilisées. Dans les domaines tels que la construction circulaire et l'énergie grise, il est toutefois encore nécessaire de sensibiliser, d'innover et de définir des conditions-cadres appropriées.

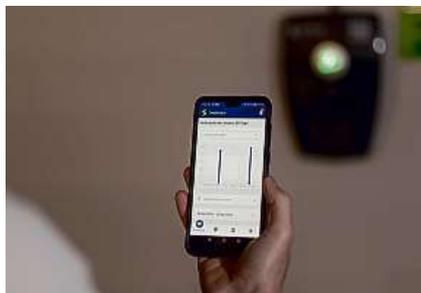
Un autre point fort est la numérisation. Elle révolutionne la planification, la construction et l'exploitation des bâtiments. Les systèmes qui s'adaptent aux conditions extérieures et aux besoins des utilisateurs sont depuis longtemps une réalité. L'optimisation de l'exploitation grâce à l'intelligence artificielle n'est plus non plus une vision d'avenir, même si le potentiel est encore important.

Mais la technique seule ne suffit pas. L'homme est indispensable pour exploiter pleinement le potentiel de la numérisation. Le secteur doit changer d'approche: les maîtres d'ouvrage, les planificateurs et les artisans devraient agir en réseau et de manière interdisciplinaire – la pensée en silo est révolue. La technique du bâtiment de demain doit être flexible, efficace et décarbonée. Et elle doit être centrée sur l'être humain. C'est précisément là que la Haute école de Lucerne intervient: par la recherche et l'enseignement, nous encourageons les innovations technologiques et sensibilisons à l'importance de la planification et de la construction durables et en réseau – au-delà de la technique. Nous favorisons en outre les échanges grâce à des événements tels que le Forum suisse de la construction et de l'immobilier, qui se déroulera le 13 novembre 2024 et sera consacré au thème « Concevoir et construire ensemble ».

Pour terminer, je vous invite à réfléchir à une question de Bertrand Piccard, un pionnier de notre époque: « Quand a été la dernière fois que vous avez fait quelque chose pour la première fois? » Il est peut-être justement temps d'oser quelque chose de nouveau et de sortir du silo.

Willkommen bei Electrosuisse

Neue Mitglieder stellen sich vor. Electrosuisse freut sich, folgende Branchenmitglieder willkommen zu heissen! Mitarbeitende von Branchenmitgliedern profitieren von reduzierten Tarifen bei Tagungen und Kursen und können sich aktiv an technischen Gremien beteiligen.



Sintio AG

Sintio sorgt schweizweit dafür, dass Ladestationen für Elektrofahrzeuge in Immobilien reibungslos abgerechnet und betrieben werden. Mit einer für die Bedürfnisse der Immobilienwelt massgeschneiderten Software ermöglicht Sintio nicht nur eine faire und automatisierte Abrechnung mit den Nutzern, sondern gewährleistet zudem den sicheren technischen Betrieb der Ladeinfrastruktur. Bei Problemen bietet das Unternehmen schnellen Support und entlastet dank spezifischen Features wie dem Offline Charging auch die zuständigen Elektriker.

Ob Wohnliegenschaften, Parkplätze im Geschäftsumfeld oder öffentliches

Laden, Sintio bietet für jeden Einsatzbereich die passende Abrechnungslösung. Die Software ermöglicht dank standardisierten Schnittstellen eine herstellerunabhängige Integration von allen OCPP-fähigen Ladestationen. Im Sintio-Portal sind die Zustandsinformationen aller Ladestationen auf einen Blick ersichtlich. Ladetarife können flexibel definiert werden – als Einheits tariff, als Hoch- und Niedertarif, als spezieller E-Mobilitätstarif mit dedizierten Tarifzeiten oder künftig durch automatisiertes Importieren von dynamischen Tarifen.

Sintio AG, Kantonsstrasse 25, 8807 Freienbach
Tel. 055 505 30 18, www.sintio.ch

P & S Pumpenservice AG

Das Unternehmen, 2018 gegründet, ist die erste Adresse in der Region Ostschweiz und im Grossraum Zürich/Aargau für Störungsbehebung, Inbetriebnahme, Wartung und Sanierung von Pumpenanlagen jeglicher Grösse. Dank Fachleuten mit langjähriger Erfahrung, Flexibilität und Engagement ist der Pumpenservice in der Lage, jederzeit kundenspezifische

Wünsche zu erfüllen. Das Unternehmen verfügt über Kompetenzen in den Bereichen Heizung, Lüftung, Klima, Kälte, Sanitär, Industrie sowie Druckexpansionsgefässen. Sämtliche Fabrikate wie z.B. Grundfos, Biral, Häny, Brunner, EMB-Wilo, Lechner, KSB sowie Regenwassernutzungsanlagen der Fabrikate Tobler und Roal werden unterstützt. Ein grosses Pumpenlager ermöglicht eine schnelle Problemlösung. Das Unternehmen bietet auch Schulungen an, um das Know-how weiterzugeben. Der Betrieb ist NIV 15 zertifiziert.

P & S Pumpenservice AG,
Hegnaustrasse 60, 8602 Wangen bei Dübendorf
Tel. 044 833 25 25, www.pumpenservice24.ch



EVU-Support

Voller Durchblick im Netz

INDIVIDUELLE UND UNABHÄNGIGE UNTERSTÜTZUNG FÜR STARKE NETZE

JETZT:
UNVERBINDLICHES
ERSTGESPRÄCH
BUCHEN



electrosuisse.ch/evu-support/



Effizientere Motoren dank Zusammenarbeit von ISO und IEC

Um elektrische Antriebssysteme effizienter zu machen, muss die entsprechende Normierung verbessert werden. Dazu wurde 2022 die IEC & ISO Joint Advisory Group JAG 22 gegründet, die an optimierten elektrisch angetriebenen Systemen arbeitet – in Bezug auf Effizienz, Umweltverträglichkeit sowie Kosten für Installation und Betrieb. Die ursprüngliche Gruppe mit Beteiligung von IEC TC 2 für Motoren, IEC SC 22G für Frequenzumrichter (FU) und ISO/TC 117 für Ventilatoren hat in kurzer Zeit den potenziellen Nutzen der Zusammenarbeit aufgezeigt. Das Spektrum der behandelten Themen ermutigt die Mitglieder, die Arbeit fortzusetzen und die Gruppe auch auf die TCs für Pumpen und Kompressoren sowie auf andere interessierte und relevante TCs auszuweiten.

Mitglieder profitieren von der Arbeit an gemeinsamen Themen, die durch immer anspruchsvollere Regulierungsinitiativen zu Energieeffizienz, Ener-

gieeinsparung und Kreislaufwirtschaft definiert werden. Politische Entscheidungsträger werden von der Gesellschaft motiviert, immer schneller Ergebnisse bei der Reduzierung der Klimarisiken zu liefern. Die technologischen Entwicklungen und die damit verbundenen technischen Normen für die Energieeffizienz wurden in den letzten zwei Jahrzehnten durch das Ziel einer klaren politischen Forderung vorangetrieben. Die Entscheidungsträger sollten ihre Visionen und Bedürfnisse frühzeitig mit den Normungsgremien teilen, um den Normungs- und Regulierungsprozess für Beteiligte so kurz und effektiv wie möglich zu gestalten.

Einige Schwerpunkte für die nahe Zukunft liegen im Bereich «System MEPS» (Minimum Energy Performance Standard) und «Systemregulierung»: Wie können Systemeffizienz und Stromverbrauch durch Regulierung verbessert werden? Können MEPS weiterhin ihre Rolle erfüllen oder wer-

den andere politische Massnahmen wie Schulungsprogramme und Instrumente nötig sein, um die angestrebten Einsparungen zu erzielen? Die Zeit für diese strategische Analyse und Zusammenarbeit ist kurz: 1 bis 3 Jahre von der Identifizierung bis zur Umsetzung.

Die ISO & IEC JAG 22, die sich auf elektrisch angetriebene Systeme konzentriert, kann auch als Kooperationsmodell für andere Normungsthemen dienen, bei denen TCs zusammenarbeiten sollten. Im Rahmen der laufenden Forschung zu Strategien für energiebetriebene Systeme kann die JAG 22 Fachwissen einbringen, insbesondere zu Themen wie dem erweiterten Spektrum von Bedingungen, unter denen einige Systeme betrieben werden, und der Herausforderung, wie die Leistung von Systemen, die in Industrieanlagen und Gebäuden installiert sind, überprüft werden kann.

CONRAD U. BRUNNER,
ENERGIEEXPERTE BEI IEC & ISO JAG 22

Normenentwürfe und Normen

Bekanntgabe

Im Entwurfsportal der Switec (www.switec.info/de/entwurfsportal, alternativ www.switec.info) finden Sie alle zur Kritik vorgelegten Entwürfe, das nationale Arbeitsprogramm sowie Informationen über das schweizerische technische Regelwerk.

Stellungnahme

Im Hinblick auf die zukünftige Übernahme in das schweizerische technische Regelwerk werden Entwürfe zur Kritik ausgeschrieben. Alle interessierten Kreise sind eingeladen, diese Entwürfe zu prüfen und Stellungnahmen fristgerecht sowie schriftlich an folgende Adresse einzureichen:
Electrosuisse, CES, Luppmenstrasse 1, CH-8320 Fehraltorf,
bzw. ces@electrosuisse.ch.

Erwerb

Entwürfe (im Normenshop nicht aufgeführt) und/oder zurückgezogene Normungsdokumente können, gegen eine Kostenbeteiligung, bei Electrosuisse, Normenverkauf, Luppmenstrasse 1, CH-8320 Fehraltorf, Tel. +41 58 595 11 90, bzw. normenverkauf@electrosuisse.ch bezogen werden.

Weitere Informationen über SN-, EN und IEC-Normdokumente gibt es unter shop.electrosuisse.ch/de/normen-und-produkte/normen, wo auch alle geltenden Normungsdokumente der Elektrotechnik erworben werden können.

Projets et normes

Annonce

Sur le portail de projets nationaux Switec (www.switec.info/fr/portail-de-projets-nationaux, resp. www.switec.info/fr), vous trouverez tous les projets de normes mis à l'enquête, le programme de travail national ainsi que des informations sur les règles techniques suisses.

Avis

En vue d'une future reprise dans les règles techniques suisses, les projets de normes sont soumis à la critique. Toutes les parties intéressées sont invitées à examiner ces projets et à soumettre leurs avis dans les délais fixés ainsi que par écrit à l'adresse suivante: Electrosuisse, CES, Luppmenstrasse 1, CH-8320 Fehraltorf, resp. ces@electrosuisse.ch.

Achat

Les projets soumis (non répertoriés dans la rubrique Normes du shop) et/ou les documents de normalisation retirés peuvent être obtenus, moyennant une participation aux frais, auprès d'Electrosuisse, Normenverkauf, Luppmenstrasse 1, CH-8320 Fehraltorf, tél. +41 58 595 11 90, resp. à l'adresse électronique suivante: normenverkauf@electrosuisse.ch. De plus amples informations à propos des documents normatifs SN, EN et IEC sont disponibles sur le site shop.electrosuisse.ch/fr/normes-et-produits/normes, où tous les documents normatifs en vigueur du secteur de l'électrotechnique peuvent aussi être acquis.

events.



Michael Koller gab in Aarau spannende Einblicke in den Einsatz von Speicherbatterien im Vereinigten Königreich.

Die Nachhaltigkeit hält Einzug im Anlagenbau

Die Anlagentagung vom 19. September 2024 holte weit aus und beleuchtete Nachhaltigkeitsaspekte von Anlagen, die sonst kaum diskutiert werden. Sie stand unter dem Motto «3D: Digitalisierung, Dekarbonisierung und Dezentralisierung».

Den Auftakt machte Michael Koller von Envision Energy mit dem Einsatz von Batteriespeichern in Grossbritannien. Sinkende Batteriepreise, der reduzierte Platzbedarf und die Insel-situation sprechen für einen Einsatz von Grossbatterien, um das Netz bei sinkender Anzahl meist fossil betriebener Kraftwerke zu stabilisieren. Seit 2015 experimentiert National Grid mit neuen Marktmechanismen, verkürzte die Reaktionszeiten und startete 2020 einen Rollout neuer Produkte für Systemdienstleistungen. Der dort gefor-

derte Einsekundentakt ist für Batteriespeicher kein Problem und kann für wertvolle Trägheit im Netz sorgen.

Diverse Facetten der Digitalisierung wurden anschliessend vorgestellt. Manuel Suter vom Bundesamt für Cybersicherheit BACS präsentierte die nationale Cyberstrategie, bei der es um Selbstbefähigung geht: Massnahmen sollen flächendeckend zur Stärkung der Cyberresilienz beitragen. Weitere Vorträge zeigten auf, welche Dienste das IoT bei Anlagen leisten kann, weshalb Rechenzentren für EVUs eine Herausforderung darstellen und wie es die IT beim Life Cycle Management ermöglicht, eine Übersicht über Infrastrukturen zu gewinnen.

Chemisch-juristisch wurde es im Bafu-Vortrag von Loïc Schmidely zur Revision der Regelungen zu Isolierga-

sen in elektrischen Anlagen und Geräten sowie im Vortrag von Christine Roth von Swissmem, die die Implikationen des European Green Deal für eine schadstofffreie Umwelt erläuterte. Dabei ging sie auf die PFAS ein, also auf sehr stabile Substanzen. Manche haben besorgniserregende Eigenschaften, denn sie zerfallen in langlebige Stoffe, die teilweise für Mensch und Umwelt giftig sind. Da diverse Technologien auf PFAS angewiesen sind, plädierte sie dafür, sich jetzt schon Gedanken zu Alternativen zu machen, bevor die EU-Direktive in Kraft tritt.

Die Tagung zeigte eindrücklich, dass die Nachhaltigkeit von Anlagen viele Facetten hat und interdisziplinäre Forschung verlangt. Es gibt da keine Abkürzung zu einem wirklich nachhaltigen Energiesystem. **RADOMÍR NOVOTNÝ**



Einweihungsfeier in der neuen Prüfhalle am FKH-Standort in Niedergösgen.

Einweihung des neuen Prüflabors der FKH

Am 4. Oktober 2024 stellte die FKH das neu gebaute Hochspannungslabor in Niedergösgen vor. Interessierte konnten sich bei einem Rundgang einen Eindruck vom Neubau und den Prüfmöglichkeiten machen. Während der anschliessenden Einweihungsfeier erläuterte Geschäftsleiter Dr. Michael Walter die Motivation der FKH für den Neubau.

Der Laborbau mit einer Grundfläche von 16 m auf 23 m und einer Höhe von gut 10 m ermöglicht die Prüfung von Betriebsmitteln mit Blitzimpulsen bis 1,2 MV und Wechselspannungen bis 460 kV. Für höhere Spannungen kann auf den Freiluftprüfplatz ausgewichen werden. Mit dem 10-t-Kran können auch grössere Prüfaufbauten und der modulare Stossgenerator in der Halle montiert werden. Gleichzeitig wurde auch der überdachte Vorplatz um 5 m erweitert und für Regenprüfungen mit einer Abflussrinne und einem Ölabscheider versehen.

Die zunehmende Elektrifizierung der Mobilität und der Wärmebereitstel-

lung sowie die Integration volatiler erneuerbarer Energien macht europaweit einen massiven Ausbau der Übertragungskapazität der Stromnetze nötig. Zudem führt das Bewusstsein über den ökologischen Fussabdruck der Hochspannungs-Betriebsmittel dazu, dass an folgenden Themen geforscht wird: an alternativen Isoliergasen bei Schaltanlagen, alternativen Isolierflüssigkeiten bei Transformatoren, der Erhöhung der Betriebsspannung, dem Wunsch nach Verkabelung sowie an der HVDC-Technologie.

Diese Forschung und Entwicklungs-, Typen- und Vor-Ort-Abnahmeprüfungen sind nötig, damit die neuen Betriebsmittel auch in den kommenden Jahrzehnten zuverlässig betrieben werden können. Dabei unterstützt die FKH ihre Mitglieder mit ihren Dienstleistungen, ihrer Expertise und nun mit dem neuen Hochspannungslabor.

Das Labor ergänzt die etablierten Labors. Hersteller können bei der FKH komplexe oder längere Prüfkampagnen durchführen. Bei einem Befund

kann die FKH bei der Problemlösung unterstützen. Zudem ermöglicht das grosse Prüfareal Langzeitprüfungen im Freien unter realen Umgebungsbedingungen.

Universitäten und Forschungsinstitute haben die Möglichkeit, im Rahmen von Studienarbeiten oder Forschungsk Kooperationen in Niedergösgen Experimentalaufbauten zu betreiben und an den Fragestellungen zu zukünftigen Energienetzen zu forschen.

Der Neubau erlaubt sensitivere Prüfungen dank kontrollierbaren Umgebungsbedingungen, denn ein Faraday-Käfig bestehend aus einem Streckmetall-Kupfernetz im Boden, gefilterter Einspeisung und elektrisch abschirmenden Wänden reduziert die Störsignale während hochempfindlicher Teilentladungsmessungen und reduziert die Erdpotenzialanhebung bei Blitzstössen. Zudem bietet das Labor eine höhere Effizienz, mehr Sicherheit sowie mehr Platz für Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten.

MICHAEL WALTER, FKH

Leitungsbau

13. November 2024, Aarau

Veranstalter: Electrosuisse

Die Fachtagung Leitungsbau hat eine lange Tradition. Sie hat sich als eigentlicher Branchentreffpunkt etabliert. Mit hochkarätigen Referaten zu aktuellen Themen erhalten Teilnehmende praxisnahen Mehrwert.

electrosuisse.ch/leitungsbau

Fachtagung Wasserkraft

13. November 2024, Olten

Veranstalter: SWV

Die Fachtagung ist dem Themenkreis «Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wasserkraftwerken» gewidmet und dient dem Austausch aktueller technischer Entwicklungen rund um die Wasserkraftnutzung. Angesprochen werden insbesondere Ingenieure und Fachleute von Wasserkraftbetreibern, Dienstleistern, Hochschulen und der Zulieferindustrie.

www.swv.ch/detail/fachtagung-wasserkraft-2024

Journée d'étude Force hydraulique 2024

13 novembre 2024, Olten

Organisation : ASAE

Cette journée d'étude consacrée au thème « Construction, exploitation et entretien des centrales hydro-électriques » a pour objectif de faciliter les échanges en matière de développements techniques actuels liés à l'utilisation de l'énergie hydraulique. Elle est destinée en particulier aux ingénieurs et aux spécialistes des exploitations hydrauliques, des bureaux de conseil et des activités induites.

swv.ch/fr/detail/journee-detude-force-hydraulique-2024

Digitale oder analoge Energiewende

15. November 2024, Dübendorf

Veranstalter: Swissmig

Die Nutzung grosser Datenmengen in Verbindung mit neuen Herausforderungen wie der Elektromobilität und dezentraler Stromerzeugung sind aktuelle Themen für die gesamte Energiewirtschaft. Die Masse an Daten aus smarten Produkten muss zunächst bewertet und nutzbar gemacht, und nicht zuletzt geschützt werden.

www.swissmig.ch/fachtagung

Comment la flexibilité peut soutenir les réseaux ?

19 novembre 2024, Yverdon-les-Bains

Organisation : HES-SO

Dans le cadre du projet Smart Energy District, la HES-SO organise, en collaboration avec les GRD romands, un événement « Ateliers et conférence HES-SO » qui abordera des thématiques cruciales pour l'avenir des réseaux électriques et leur gestion. Au programme : trois workshops consacrés au thème « Comment la flexibilité peut soutenir les réseaux de distribution électrique ? », suivis d'une conférence plénière.

heig-vd.ch/evenements

Smart Energy Party Romandie

26 novembre 2024, Ecublens

Organisation : Electrosuisse

La manifestation de réseautage suisse du secteur de l'énergie, de la technique du bâtiment et de l'ICT aura lieu pour la première fois en Suisse romande, au SwissTech Convention Center. Elle offrira l'occasion parfaite pour échanger, entretenir les contacts existants et en nouer de nouveaux.

smartenergyparty-romandie.ch

Forum Romand de l'Énergie

27 novembre 2024, Lausanne

Organisation : Electrosuisse

La 1^{re} édition du Forum Romand de l'Énergie sera axée sur les enjeux de la sécurité de l'approvisionnement, de la fiabilité des réseaux, de la cybersécurité ainsi que de la transition énergétique. Des orateurs de renom reviendront sur leurs expériences et présenteront des projets concrets. Ce forum proposera en outre des opportunités de réseautage ainsi qu'une exposition permettant de découvrir les dernières nouveautés sur le marché.

forum-romand-energie.ch

E-mobile online forum - parc de recharge rapide

4 décembre 2024, en ligne

Organisation : Electrosuisse

Comment relever efficacement les défis liés aux bornes de recharge rapide et à la gestion de la charge ? Quels sont les facteurs à considérer pour les travaux de terrassement ainsi que pour l'approvisionnement en élec-

tricité d'un parc de recharge ? Claudio Pfister, responsable de la société spécialisée E-mobile chez Electrosuisse, répondra, entre autres, à ces questions. Ce forum en ligne, proposé pendant la pause de midi, est gratuit pour les membres d'Electrosuisse, et pour tous ceux qui veulent le devenir.

electrosuisse.ch/fr/manifestations/e-mobile-online-forum

FKH-Fachtagung 2024

5. Dezember 2024, Olten

Veranstalter: FKH

Die Tagung ist dem Themenbereich «Erzeugung und Messung hoher Spannungen und Ströme» gewidmet. Fragen wie «Bildet ein gemessenes Hochspannungssignal einen real auftretenden Vorgang mit der richtigen Amplitude ab oder wurde das Signal durch die Umwandlung bzw. durch externe Störungen in seiner Form verfälscht?» werden diskutiert. Auch die prüftechnischen Herausforderungen künftiger Entwicklungen in Hochspannungsnetzen werden behandelt.

fkh.ch/veranstaltungen/fkh-fachtagung

E-Mobile Online-Forum

11. Dezember 2024, online

Veranstalter: Electrosuisse

Das für Mitglieder von Electrosuisse kostenlose Online-Forum informiert über neuste Entwicklungen bei der Elektromobilität. Der Event vom 11. Dezember ist der Schnelllade-Thematik gewidmet.

www.electrosuisse.ch/de/tagung/e-mobile-online-forum

Schweizerischer Stromkongress

15.-16. Januar 2025, Bern

Veranstalter: VSE, Electrosuisse

Unter dem Motto «Gesamtsystem denken, Versorgung sichern» verspricht der 18. Stromkongress hochkarätige Referentinnen und Referenten, spannende Podiumsdiskussionen sowie neue Einblicke und Impulse. Moderiert wird die Veranstaltung von Barbara Lüthi.

www.stromkongress.ch/de

Congrès suisse de l'électricité

15-16 janvier 2025, Berne

Organisation : AES, Electrosuisse

Consacré au thème « Voir le système dans son ensemble, assurer l'appro-

visionnement », le 18^e Congrès de l'électricité aura lieu au Kursaal de Berne, avec au programme des intervenants de haut niveau, de passionnantes tables rondes et de nouvelles perspectives et impulsions. L'événement sera animé par Barbara Lüthi.

www.stromkongress.ch/fr

Swiss Lighting Forum

30. Januar 2025, Zürich

Veranstalter: Electrosuisse

Das Swiss Lighting Forum vereint Wissen, Praxis und Technik. Es ist die ideale Plattform für alle, die Licht mitgestalten, Lichttechnik verstehen wollen und Lichtprojekte umsetzen. Aktuelle Entwicklungen werden thematisiert und innovative Projekte mit hohem Praxisbezug vorgestellt. Ein reger Wissens- und Erfahrungsaustausch soll gefördert werden.

www.swiss-lighting-forum.ch

Forum Smart Home

26. Februar 2025, Zürich

Veranstalter: Electrosuisse

Das Forum ist die grösste und damit wichtigste Veranstaltung im Bereich der intelligenten Gebäudetechnik in der Schweiz. Es bietet eine Plattform für Experten, Industriepartner und Fachleute, um die neuesten Entwicklungen in den Bereichen Smart Living, Smart Energy und Smart Technology kennenzulernen.

www.forumsmarhome.ch

Kurse | Cours

Perturbations CEM et qualité de l'électricité

15 novembre 2024, Bulle

Organisation: Electrosuisse

La présence accrue de récepteurs et de générateurs électroniques dans les installations électriques génère des perturbations qui peuvent mettre en péril la sécurité d'exploitation. Ce séminaire a pour objectif de permettre d'identifier les composants et les perturbations qui leur sont liées, d'évaluer leurs conséquences sur la qualité de la tension et de prendre les mesures correctives adéquates régies par les dispositions de la norme EN 50160.

shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue

Circuits et éclairage de sécurité

26 novembre 2024, Bulle

Organisation: Electrosuisse

Essentiels pour la protection des personnes et des biens, les circuits de sécurité doivent répondre à des exigences de mise en œuvre bien précises. Ce cours permettra de connaître et d'appliquer les règles, normes et directives lors de la planification de l'installation ainsi que lors du contrôle des circuits d'éclairage de sécurité et de signalisation des voies d'évacuation.

shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue

Atmosphères explosibles (ATEX)

28-29 novembre 2024, Bulle

Organisation: Electrosuisse

Ce cours enseigne les bases pour la planification de projets et la réalisation d'installation dans les zones à risque d'explosion ainsi que pour le choix des appareils conformément aux normes.

shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue

Machines - exploitation et modifications

3 décembre 2024, Couvet

Organisation: Electrosuisse

Les équipements électriques des machines doivent être contrôlés selon la norme SN EN 60204-1 lors de la mise en service ainsi qu'après des réparations ou modifications. Ce cours fournit une introduction à la sécurité fonctionnelle ainsi que les bases pour effectuer et documenter ces vérifications conformément à la norme.

shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue

Cours NIBT 2025 - mise à jour

13 décembre 2024, Chavannes-de-Bogis

Organisation: Electrosuisse

Reconnu par l'AEAI comme journée entière de formation continue, ce cours traite de manière approfondie de tous les changements, adaptations et nouveaux thèmes de la norme NIBT 2025.

shop.electrosuisse.ch/fr/formation-continue



Partner werden und profitieren



electrosuisse.ch/partner





Die neue Drosselfamilie DKCV-1.

Stromkompensierte Drosseln für vertikale PCB-Montage

Schurter bringt eine neue, vertikal zu montierende Drosselfamilie für Leiterplatten mit sehr hohen Induktivitäten. Die stromkompensierten Drosseln DKCV-1 sind für Ströme von 0,5 bis 10 A ausgelegt. Die neuen Drosseln verfügen dank nanokristalliner Kerne über sehr hohe Induktivitäten bei besonders kompakten Abmessungen.

Die Drosseln eignen sich hervorragend für anspruchsvolle Anwendungen, die hohe Induktivitäten bei kompakten Abmessungen erfordern. Beispielsweise für Schaltnetzteile, Industrie-, Medizinal-, Labor- und Testgeräte.

Schurter AG, 6002 Luzern
Tel. 041 369 3111, schurter.com



TOGA-Trafoklemmenset 4-fach M48.

Der entspannte und einfache Trafoanschluss neu bis M48

Die Produktfamilie der PRONUTEC Trafoklemmen & Hauben vom Typ «TOGA» (Transformator Optimaler Geräte Anschluss) sorgen für den entspannten und flexiblen Trafoanschluss und machen die Montagearbeit zur angenehmen Nebensache. Die Trafoklemmensets der Marke TOGA bestehen aus Klemmen und Abdeckhauben in richtiger Anzahl / Konfiguration je nach Verteiltrafogrösse. Modularer Aufbau für Querschnitte von 50 bis 400 mm² und M12 bis neu M48. Die vorkonfektionierten Sets sind via Webshop ab Lager Triengen lieferbar.

PRONUTEC AG, 6234 Triengen
Tel. 041 545 86 70, www.pronutec.ch



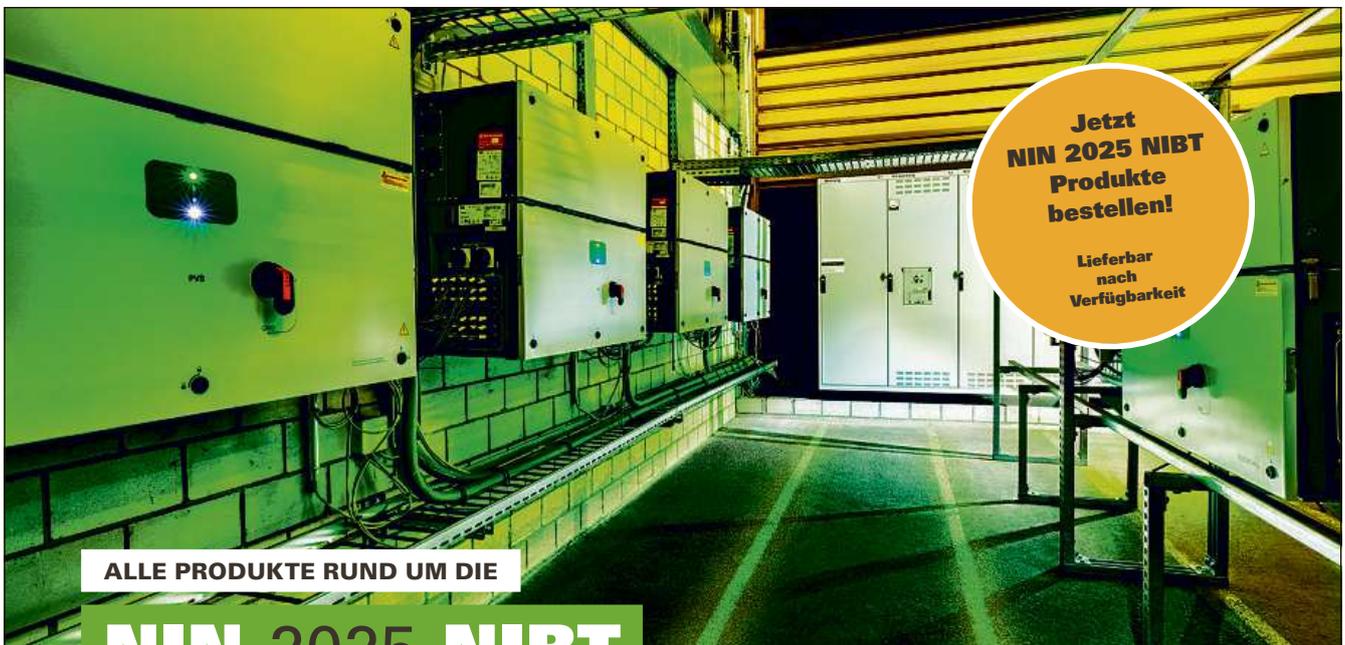
Der Campus Horw/Luzern der HSLU.

Bachelor Info-Event an der Hochschule Luzern

Entdecken Sie die Welt der Gebäudetechnik an der HSLU Technik & Architektur! Der Studiengang Bachelor of Science in Gebäudetechnik | Energie ist schweizweit einzigartig. Die Studierenden lernen, technische Systeme von Gebäuden energieeffizient zu konzipieren und intelligente und umweltfreundliche Heizungs-, Lüftungs-, Klima- und Sanitäreanlagen sowie Elektro- und Gebäudeautomationsanlagen zu realisieren.

Erleben Sie vor Ort, was das Bachelorstudium beinhaltet und wie der Studienalltag in Horw aussieht.

Info-Event: Freitag, 14. November 2024, 15.30 - 20.30 Uhr
Anmeldung: hslu.ch/jetzt



**Jetzt
NIN 2025 NIBT
Produkte
bestellen!**

Lieferbar
nach
Verfügbarkeit

ALLE PRODUKTE RUND UM DIE

NIN 2025 NIBT



electrosuisse.ch/nin



Achtung. Fertig. GO!

E-Mobilität einfacher machen mit NeoVac E-Mobility Go! – dem Mietmodell für Ladestationen



Mit E-Mobility Go! von NeoVac haben Mieter:innen oder Nutzer:innen problemlos Zugang zur Elektromobilität, während Eigentümer:innen und Verwaltungen von administrativem Aufwand entlastet werden.

Jetzt einsteigen und Immobilien fit für die Mobilität der Zukunft machen: E-Mobility Go! ist die clevere Komplettlösung für Ladeinfrastrukturen in Wohn- und Gewerbeliegenschaften. Eigentümer:innen und Verwaltungen brauchen sich lediglich um den Grundausbau zu kümmern. Mieter:innen und Nutzer:innen bestellen die Ladestation direkt bei NeoVac, und die Abrechnung erfolgt unkompliziert über die Kreditkarte.

Die Zukunft der Mobilität ist elektrisch. Immer mehr Elektroautos sind auf unseren Strassen unterwegs. Diese Entwicklung bringt neue Herausforderungen, nicht zuletzt auch für Verwaltungen und Gebäudebesitzer:innen. Schliesslich ist es

für Mieter:innen und Stockwerkeigentümer:innen ein Bedürfnis, ihr Fahrzeug zu Hause aufladen zu können – und dafür braucht es Ladestationen. Aber lohnt sich die Installation einer hauseigenen Ladeinfrastruktur überhaupt? Wie gross ist der Aufwand? Wie lässt sich das Lastmanagement dynamisch regeln? Wie sichert man die verbrauchsabhängige Abrechnung? Und lassen sich Infrastrukturen skalieren und nachträglich mit weiteren Ladestationen ergänzen?

NeoVac ist die richtige Ansprechpartnerin für diese Fragen.

Das Unternehmen macht E-Mobilität ganz einfach und bietet sämtliche Leistungen aus einer Hand – von der

Beratung über die Planung und die Umsetzung bis zum Betrieb und zur Abrechnung. Mit NeoVac realisieren Eigentümer:innen und Verwaltungen zukunftsfähige Lösungen in der Tiefgarage oder auf dem Parkplatzareal, die das Netz schonen und ein schnelles, sicheres Laden gewährleisten. Mit E-Mobility von NeoVac haben Mieter:innen oder Nutzer:innen problemlos Zugang zur Elektromobilität, während Eigentümer:innen und Verwaltungen von administrativem Aufwand entlastet werden.

E-Mobility Go!: Das Mietmodell für Nutzer:innen und Mieter:innen

NeoVac bietet unter anderem mit E-Mobility Go! ein Mietmodell für Mehr-

Ein Tarif, alles inbegriffen

Tarif Ladestrom

Aktuell geltender Einheitstarif*
+ 8 Rp./kWh

- App-Nutzung «NeoVac myCharge»
- Kreditkartenkommission
- Internetabo-Gebühren
- Grundgebühren Gruppenmessung E-Mobility

Preise inkl. MwSt

*Hochtarif, wenn Einheitstarif nicht verfügbar

Kosten Ladestation

Kauf: CHF 1980.- oder
Miete: CHF 39.-/mtl.

Einmaliges Onboarding: CHF 95.-

- Zahlung EW-Rechnungen Gruppenmessung
- Bewirtschaftung
- NeoVac Telefon-Support

familienhäuser an. Nutzer:innen und Mieter:innen können wählen, ob sie die Ladestation für CHF 1980.- kaufen oder zum monatlichen Preis von CHF 39.- mieten möchten. In beiden Fällen fällt eine einmalige Onboarding-Gebühr von CHF 95.- an. Die Stromkosten für die Ladeinfrastruktur werden direkt an NeoVac fakturiert und die Gebühren für die genutzte Energie über die Kreditkarte der Mieter:innen und Nutzer:innen abgerechnet.

NeoVac ermöglicht es Eigentümer:innen und Verwaltungen, die vielfältigen

Vorzüge der Elektromobilität uneingeschränkt zu geniessen und koordiniert dabei nicht nur die Erschliessung und Erstinbetriebnahme des Grundausbaus, sondern organisiert auch den Einbau von einzelnen Ladestationen und übernimmt die Abrechnung, die Wartung und die Service- und Supportleistungen. Damit werden Eigentümer:innen und Verwaltungen vom administrativen Aufwand entlastet und haben die Gewissheit, dass alles funktioniert.

Zudem haben sie zukünftig keine Investitionen mehr in die Infrastruktur zu tätigen.

So funktioniert NeoVac E-Mobility Go!

1. Grundausbau durch Verwaltung/ Eigentümer:in

NeoVac unterstützt Verwaltungen und Eigentümer:innen bei der Erschliessung der Tiefgarage und Erstinbetriebnahme des Grundausbaus (Ausbaustufe C1). So sind sie bereit für E-Mobility. Gerne arbeitet NeoVac auch mit dem bevorzugten Installationsunternehmen des Kunden oder der Kundin zusammen.

2. Mieter:in/Nutzer:in bestellt Ladestation bei NeoVac

Nutzer:innen und Mieter:innen bestellen ihre Ladestation direkt online. NeoVac kümmert sich um die Installation und Inbetriebnahme. Verwaltungen und Eigentümer:innen haben keinen Aufwand.

3. Betrieb und Unterhalt Ladestation

NeoVac sorgt für den reibungslosen Betrieb der Ladestation und übernimmt Abrechnung, Service, Support und Wartung.

4. Abrechnung über Kreditkarte der Mieter:in/Nutzer:in

Die Gebühren für die genutzte Energie werden direkt über die Kreditkarte der Mieter:innen und Nutzer:innen abgerechnet.

Jetzt mehr erfahren:

NeoVac, 9463 Oberriet SG
Tel. 058 715 50 50, neovac.ch



Intelligente Energielösungen

Neugierig, wie das in der Praxis aussieht? Im «Blumenpark» in Aadorf hat NeoVac innovative Energielösungen umgesetzt - unter anderem wurden 189 Parkplätze für E-Mobility Go! vorbereitet.

Die ganze Story gibt es hier:



BULLETIN ELECTROSUISSE

115. Jahrgang | 115^e année
 ISSN 1660-6728
 Erscheint 8-mal pro Jahr | Paraît 8 fois par an

Herausgeber | Éditeur

Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie und Informationstechnik
Electrosuisse, l'Association pour l'électrotechnique, les technologies de l'énergie et de l'information

Redaktion | Rédaction

Radomír Novotný (No), El.-Ing. HTL, BA, MA, Chefredaktor/Rédacteur en chef,
 Tel. 058 595 12 66
 Cynthia Hengsberger (Che), Dr^e sc./dipl. en électronique-physique,
 Redaktorin/Rédactrice, Tel. 058 595 12 59
 Schweizerisches Elektrotechnisches Komitee / Comité Electrotechnique Suisse (CES),
 Tel. 058 595 12 69
 Luppenstrasse 1, 8320 Fehraltorf, bulletin@electrosuisse.ch

Titelbild | Couverture

Nadia Vontobel Architekten

Anzeigenverkauf | Vente des annonces

Zürichsee Werbe AG, Marc Schättin, Tiefenastrasse 2, 8640 Rapperswil
 Tel. 044 928 56 17, bulletin@fachmedien.ch

Auflage (WEMF 2024) | Tirage (REMP 2024)

WEMF-SW-Auflagenbeglaubigung/Certification des tirages par la REMP/FRP	6568
Total verkaufte Auflage/Total tirage vendu	6568
Total Gratisauflage/Total tirage gratuit	0

Adressänderungen und Bestellungen | Changements d'adresse et commandes

Tel. 058 595 11 55, verband@electrosuisse.ch

Preise | Prix

Abonnement CHF 175.- (Ausland: zuzüglich Porto/Étranger: plus frais de port)
 Einzelnummer CHF 25.- zuzüglich Porto/Prix au numéro CHF 25.- plus frais de port
 Das Abonnement ist in der Mitgliedschaft von Electrosuisse enthalten.
 L'abonnement est compris dans l'affiliation à Electrosuisse.

Produktion | Production

Layout, Korrektorat/Mise en page, correction: Somedia Production AG,
 Obere Allmeind 2, 8755 Ennenda, www.somedia-production.ch
 Druck/Impression: AVD Goldach, Sulzstrasse 10-12, 9403 Goldach, www.avd.ch

Nachdruck: Nur mit Zustimmung der Redaktion

Reproduction: interdite sans accord préalable de la rédaction

GEDRUCKT AUF CHLORFREI GEBLEICHTEM PAPIER/IMPRESSIÖN SUR PAPIER BLANCHI SANS CHLORE

Die Fremdbeiträge im Facheil geben die Meinung des jeweiligen Autors wieder.
 Sie muss sich nicht mit derjenigen der Redaktion oder des Verbands Electrosuisse decken.

Les articles dans la partie spécialisée reflètent les opinions des auteurs, qui ne correspondent pas forcément à celles de la rédaction ou de l'association Electrosuisse.

Urheberrechte | Droits d'auteur

Alle Texte sind CC BY-NC-ND lizenziert, sofern nicht anders vermerkt. Sowohl die Autoren als auch die Erstveröffentlichung im Bulletin Electrosuisse (inkl. Ausgabe) müssen bei einer erneuten Veröffentlichung erwähnt und Electrosuisse als Herausgeber über die Wiederveröffentlichung informiert werden (Meldung an bulletin@electrosuisse.ch). Bei Infografiken und Bildern liegt das Urheberrecht bei der in der Bildquelle angegebenen Person/Firma. Eine weitere Veröffentlichung muss direkt mit den Urhebern vereinbart werden.

Tous les textes sont sous licence CC BY-NC-ND, sauf mention contraire. Tant les auteurs que la première publication dans le Bulletin Electrosuisse (avec indication du numéro) doivent être mentionnés lors d'une nouvelle publication, et Electrosuisse, en tant qu'éditeur, doit être informé de la republication (à l'adresse bulletin@electrosuisse.ch). Pour les infographies et photographies, les droits d'auteur appartiennent aux personnes/entreprises mentionnées en tant que source de la figure. Toute nouvelle publication doit être convenue directement avec les auteurs.

Offizielles Publikationsorgan von Electrosuisse

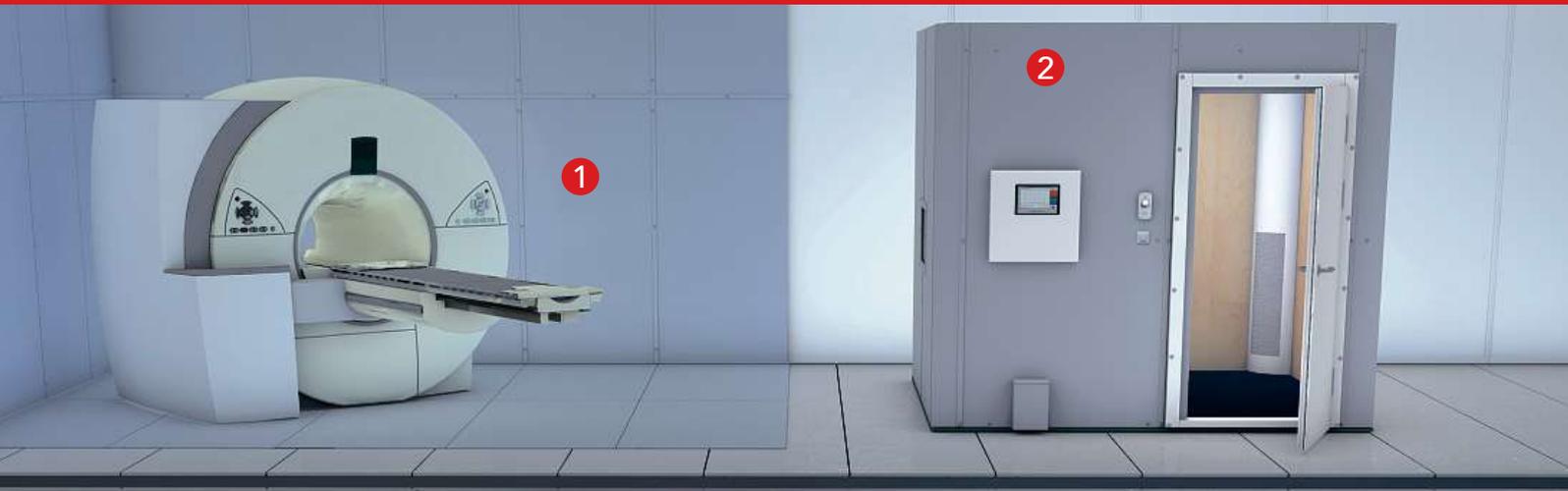
Organe officiel de publication d'Electrosuisse



Inserenten | Annonceurs

CFW EMV-Consulting AG, 9411 Reute AR	71
CTA Energy Systems AG, 3110 Münsingen	15
Elektro-Material AG, 8048 Zürich	2
Eweco GmbH, 8330 Pfäffikon ZH	43
Fernfachhochschule Schweiz (FFHS), 3900 Brig	23
Hochschule Luzern, 6002 Luzern	55
NeoVac ATA AG, 9463 Oberriet SG	27, 68
Normrahmen AG, 3175 Flamatt	72
Optimatik AG, 9053 Teufen AR	59
Pronutec AG, 6234 Triengen	19
Rauscher & Stoecklin AG, 4450 Sissach	36
René Koch AG, 8804 Au ZH	15
Schneider Electric (Schweiz) AG, 3073 Gümligen	27, 50
Siemens Schweiz AG, 8047 Zürich	43
Traco Electronic AG, 6340 Baar	36
WS-Skyworker AG, 4702 Oensingen	55

CFW Shielding™ – Stand der Technik für magnetische Abschirmungen



- 1 **μShield®** EMF-Abschirmplatten für Flächen- und Raumabschirmungen**
- 2 **mrShield®** EMF-Abschirmkabinen für Forschung, Entwicklung und Medizin
- 3 **PowerMan™** EMF-Abschirmwinkel für NS- und MS-Verteilungen*
- 4 **TrafoMan™** EMF-Abschirmgehäuse für Leistungstransformatoren*
- 5 **CableMan®** EMF-Abschirmelemente für erdverlegte HS-Kabel**

* FKH geprüft

** FKH + SGK geprüft

FGH = Fachkommission für Hochspannungsfragen

SGK = Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz



Führend in EMV- und
Abschirmungs-Technologie

Für höchste Qualität: Normrahmen ist offizieller Vertriebspartner von EFEN in der Schweiz



EFEN ist führender Hersteller von Sicherungseinsätzen und Stromverteilungskomponenten nach IEC/DIN-Standard. Die Firma überzeugt durch innovative Lösungen, welche die effiziente Energieversorgung auf Mittel- und Niederspannungsebene gewährleisten. Die Produkte werden in Deutschland entwickelt und in Europa produziert, wodurch ein ausgezeichneter Qualitätsstandard garantiert ist. Entdecke jetzt das EFEN-Sortiment von Normrahmen!

Hast du Fragen zu unseren Produkten?

+41 31 991 93 90
info@normrahmen.ch
normrahmen.ch

