

# dossier.

## Fit für die Energiezukunft

**Energieeffizienz und Nachhaltigkeit** | An einer Fitness-Wellness-Unit untersuchen Empa-Forschende, wie ihr Energiebedarf deutlich reduziert werden kann. Zudem werden hauptsächlich erneuerbare Energien genutzt, damit auch die Umwelt profitiert.

## Fit pour l'avenir énergétique

**Efficacité énergétique et durabilité** | Des chercheurs de l'Empa étudient dans une unité de fitness et de wellness comment réduire nettement leurs besoins énergétiques. De plus, celle-ci utilise principalement des énergies renouvelables, pour le bien-être de l'environnement.



RADOMÍR NOVOTNÝ

**D**ie durch die Energiestrategie des Bundes angestrebte Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen erfordert den Ersatz von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energieträger. Um den durch das Heizen mit Wärmepumpen und die individuelle elektrische Mobilität ansteigenden Stromverbrauch in Grenzen zu halten, sind Massnahmen zur Effizienzsteigerung gefragt. Solche Massnahmen können in vielen Bereichen umgesetzt werden: in der Industrie, im Gewerbe, im Privathaushalt, in der Mobilität oder durch den Ersatz alter Generatoren und Transformatoren bei der Stromerzeugung und -verteilung.

### Gesundheit auf nachhaltige Weise

An der Empa in Dübendorf wird nun einem bestimmten Bereich besondere Beachtung geschenkt: Dem zurzeit boomenden Fitness-Sektor. Oft wird in diesem Sektor relativ viel Energie verbraucht, weil auch Saunas angeboten werden. Eine der mit dem Watt d'Or ausgezeichneten Units des Nest, dem modularen Forschungs- und Innovationsgebäude der Empa, ist diesem Thema gewidmet: Die zusammen mit dem Schweizerisch-Liechtensteinischen Gebäudetechnikverband Suissetec realisierte Fitness- und Wellness-Unit. Die Einheit zeigt exemplarisch auf, wie sich

**L**a réduction des émissions de CO<sub>2</sub> visée par la Stratégie énergétique de la Confédération requiert le remplacement des ressources énergétiques fossiles par des sources d'énergie renouvelables. Des mesures en vue d'accroître l'efficacité énergétique sont en outre nécessaires pour limiter l'augmentation de la consommation d'électricité due à la mobilité électrique individuelle ainsi qu'au chauffage par le biais de pompes à chaleur. De telles mesures peuvent être mises en œuvre dans de nombreux domaines: dans l'industrie, le commerce, les ménages, la mobilité ou en remplaçant les anciens générateurs et transformateurs dans le secteur de la production et de la distribution d'électricité.

### La santé de manière durable

À l'Empa, à Dübendorf, une attention particulière est désormais accordée à un certain domaine: celui du fitness, actuellement en plein essor. Souvent, une quantité relativement importante d'énergie est consommée dans ce secteur, car des saunas sont également mis à disposition. L'une des unités récompensées par le Watt d'Or du Nest, le bâtiment modulaire de recherche et d'innovation de l'Empa, est consacrée à ce thème: l'unité de fitness et de wellness réalisée en collaboration avec Suissetec, l'Asso-



#### Strom aus Muskelkraft

Gewisse Fitnessgeräte der Unit am Nest können die sportliche Aktivität in elektrischen Strom umwandeln.

#### Du courant à partir de la force musculaire

Certains des appareils de fitness de l'unité du Nest peuvent convertir les activités sportives en courant électrique.



### Zentrale Energiequelle

Die PV-Anlagen und thermische Kollektoren (Mitte) auf dem Dach des Nest versorgen die Units mit Energie.

### Source d'énergie centralisée

Les installations PV et solaires thermiques (au centre) situées sur le toit du Nest alimentent les unités en énergie.

Wellness-Bedürfnisse auch ohne fossile Brennstoffe erfüllen lassen. Das Forschungsziel ist die Entwicklung einer Einheit mit diversen Fitnessgeräten und drei «schwebenden» Saunen, die eine ausgeglichene jährliche Energiebilanz aufweist.

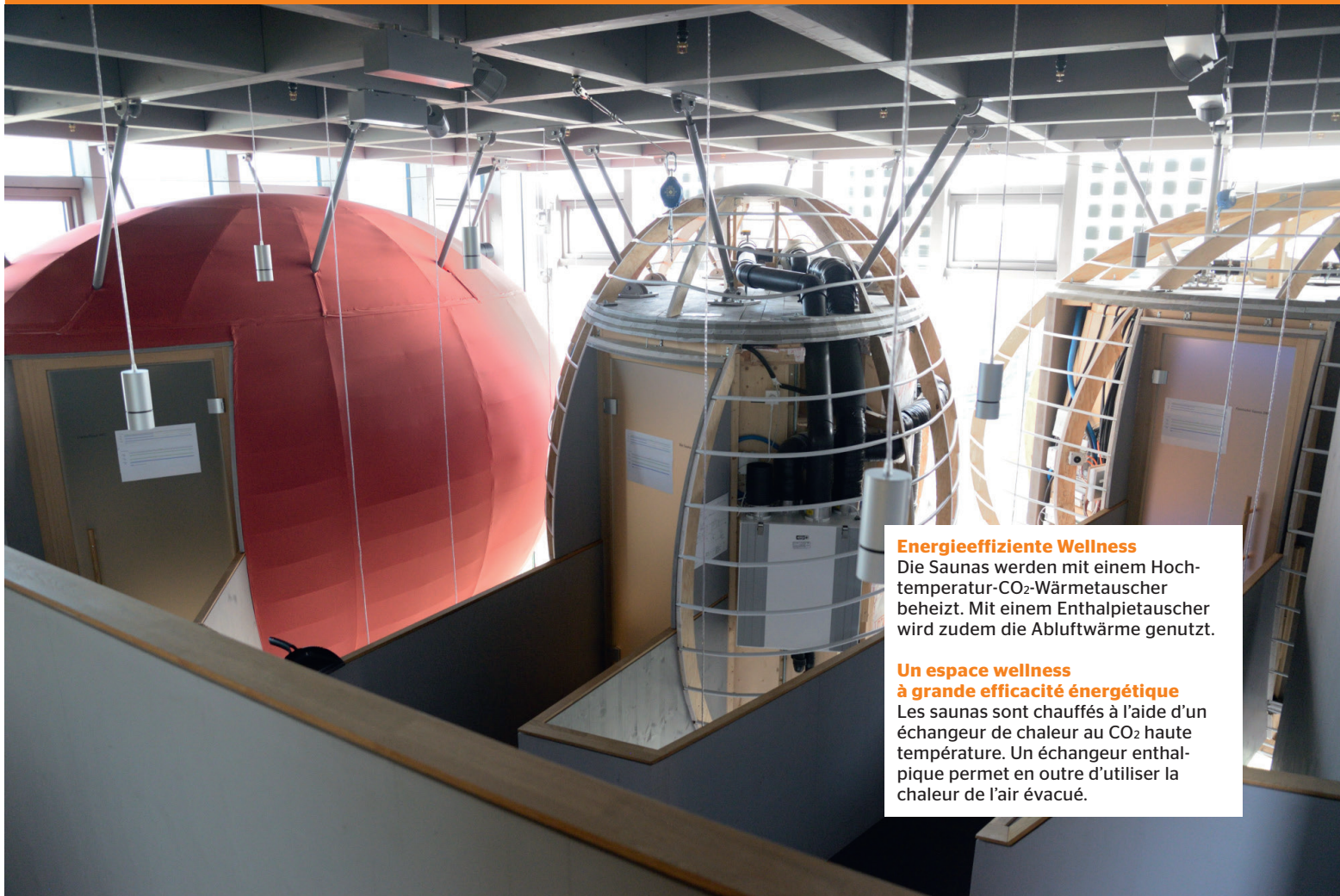
Die meiste Energie wird auf dem Dach erzeugt, mit PV-Anlagen und thermischen Kollektoren. Die Fitness-Unit hat zudem in die Fenster integrierte Solarpanels zur Stromerzeugung und Verschattung. Bei starker Sonneneinstrahlung wird so ein angenehmes Raumklima ermöglicht.

Die bei Weitem wirksamste Energieeffizienz-Massnahme der Einheit ist die Hochtemperatur-CO<sub>2</sub>-Wärmepumpe, mit der Temperaturen bis 120°C erzeugt werden können. Das Kältemittel Kohlendioxid wird sonst meist für die Kühlung im Lebensmittelbereich verwendet. Fast zwei Drittel der elektrischen Energie, die sonst in den Saunen für die konventionelle Widerstandsheizung benötigt würde, lässt sich mit dieser Wärmepumpe durch Umweltwärme – industrielle Abwärme und zwei Erdsonden werden dazu genutzt – ersetzen. Dies entspricht einem COP (Coefficient of Performance) von knapp 3 und einer jährlichen Einsparung von rund 80 MWh. Zudem werden Einsparungen durch eine optimierte Dämmung und eine Wärme- und Feuchterückgewinnung mittels Enthalpietauscher bei den Saunas erreicht. Da letztere nur bei Bedarf beheizt werden, spart man zusätzlich Energie. Man heizt nur kurzfristig vor, wenn sich jemand anmeldet.

ciation suisse et liechtensteinoise de la technique du bâtiment. L'unité montre de manière exemplaire comment les besoins en matière de bien-être peuvent aussi être satisfaits sans utilisation de combustibles fossiles. L'objectif de cette recherche consiste à développer une unité avec différents appareils de fitness et trois saunas «flottants», qui présente un bilan énergétique annuel équilibré.

La plupart de l'énergie est produite sur le toit par le biais d'installations PV et solaires thermiques. L'unité de fitness est en outre équipée, pour la production d'électricité et l'ombrage, de panneaux solaires intégrés dans son vitrage. Ceci permet de bénéficier d'une température ambiante agréable également par fort rayonnement solaire.

L'utilisation d'une pompe à chaleur au CO<sub>2</sub>, qui peut générer des températures allant jusqu'à 120°C, constitue la mesure de loin la plus performante de l'unité en matière d'efficacité énergétique. Le dioxyde de carbone en tant que fluide frigorigène est généralement utilisé pour la réfrigération dans le secteur alimentaire. Grâce à cette pompe à chaleur, près des deux tiers de l'énergie électrique qui serait nécessaire pour le chauffage conventionnel par résistance des saunas peuvent être remplacés par de la chaleur extraite de l'environnement. Pour ce faire, de la chaleur résiduelle industrielle et deux sondes géothermiques sont utilisées. Cela correspond à un COP (coefficient de performance) de près de 3 et à une économie



#### Energieeffiziente Wellness

Die Saunas werden mit einem Hochtemperatur-CO<sub>2</sub>-Wärmetauscher beheizt. Mit einem Enthalpietauscher wird zudem die Abluftwärme genutzt.

#### Un espace wellness à grande efficacité énergétique

Les saunas sont chauffés à l'aide d'un échangeur de chaleur au CO<sub>2</sub> haute température. Un échangeur enthalpique permet en outre d'utiliser la chaleur de l'air évacué.

Eine Erkenntnis aus diesem Prototyp-System ist, dass der Wärmespeicher wegen der hohen Temperatur mehr Wärme abgibt als geplant. Zudem ist wegen der Wassertemperatur von 120°C der Dampfdruck hoch: Die Dampfkessel-Verordnung wird hier relevant und man muss das System für den Betrieb abnehmen lassen. Solche Aspekte müssen bereits bei der Planung für eine verzögerungsfreie Erstellung berücksichtigt werden.

#### Drei unterschiedliche Wellness-Ellipsoide

In der Einheit sind drei Wellness-Kapseln installiert, die durch den Schichtspeicher mit der jeweils benötigten Wärme versorgt werden: Die Finnische Sauna erfordert rund 115°C, das Dampfbad 85°C und die Bio-Sauna 70°C. Das Brauchwarmwasser ist normalerweise 55°C warm, die Leitungen werden aber alle 24 h mit 65°C hygienisiert. Wenn im Sommer die Saunas nicht benötigt werden und die Wärmepumpe ausgeschaltet ist, wird das Brauchwarmwasser für die Dusche mit einem thermischen Kollektor auf dem Dach bereitgestellt. In jeder Sauna ist zu Vergleichszwecken und aus Redundanzgründen ein konventioneller Betrieb mit Widerstandsheizung möglich.

Ein Vorteil der Beheizung mit Wasser ist, dass keine Brandgefahr besteht, wenn jemand beispielsweise sein Frottéetuch auf der Heizung liegen lässt. Bei einer elektri-

annuelle d'environ 80 MWh. De plus, des économies sont réalisées grâce à une isolation optimisée et à la récupération de chaleur et d'humidité par le biais d'échangeurs enthalpiques dans les saunas. Comme ces derniers ne sont chauffés qu'en cas de besoin, des économies d'énergie supplémentaires sont réalisées. Ils ne sont en effet préchauffés qu'à court terme, lorsque quelqu'un s'est annoncé.

Ce système prototype a permis, entre autres, de constater qu'en raison de la haute température, l'accumulateur de chaleur émet plus de chaleur que prévu. La température de l'eau atteignant en outre 120°C, la pression de la vapeur est élevée: l'ordonnance concernant les récipients de vapeur devient ici pertinente et le système doit être contrôlé avant de pouvoir être utilisé. Ces aspects doivent être pris en compte dès la planification pour éviter d'éventuels retards lors de la réalisation.

#### Trois ellipsoïdes de wellness différents

Trois capsules de wellness sont installées dans l'unité. Elles sont alimentées avec la chaleur nécessaire pour chacune d'elles par le biais du réservoir stratifié: le sauna finlandais nécessite une température d'environ 115°C, le bain de vapeur 85°C et le sauna bio 70°C. L'eau chaude sanitaire est normalement à 55°C, mais les conduites sont chauffées

schen Beheizung muss aus Brandschutzgründen stets jemand vor Ort sein, wenn die Sauna in Betrieb genommen wird. Der an dieser Unit forschende Gebäudetechnik-Forscher Robert Weber weist auf einen weiteren Vorteil hin: «Durch die Beheizung mit der Wärmepumpe wird das System voll automatisierbar, denn niemand muss beim Einschalten vor Ort sein.»

Man setzt in der Unit auch Fitnessgeräte ein, die Energie erzeugen können. Den erhofften Energieertrag hat man aber bis heute wegen der niedrigen Auslastung während der normalen Arbeitszeiten nicht erreicht. «Wenn man die benötigte IT berücksichtigt, kann man heute mit dem erzeugten Strom kaum den Standby-Verbrauch abdecken. Bei voller Auslastung der Fitness-Geräte wäre die Bilanz besser», sagt Robert Weber.

### Die Zukunft gestalten

Bei den Nest-Units ist man in der komfortablen Lage, dass man über die für energetische Optimierungen und Forschungszwecke erforderlichen Messdaten verfügt. Wenn man aber Energieeffizienzmassnahmen auf Gebäude übertragen möchte, bei denen es keine vollständigen Datensammlungen gibt, kann man das Zusammenspiel von Energieeffizienz und erneuerbarer Energie modellieren. Kristina Orehounig, Leiterin der Abteilung Urbane Energiesysteme an der Empa, befasst sich mit der Entwicklung von entsprechenden Multi-Energie-Modellen, mit denen man nicht nur einzelne Gebäude energetisch durchrechnen kann, sondern auch Quartiere und mittlerweile auch ganze Städte. Dabei werden die elektrischen und thermischen Verbraucher analysiert und die Frage beantwortet, wie man sie optimal mit verschiedenen Energieträgern versorgen kann.

In den letzten Jahren wurden dazu unterschiedliche Modelle entwickelt, mit denen der Energieverbrauch abgebildet und das Potenzial von erneuerbaren Energieträgern ermittelt werden kann. Mittels GIS-Studien wird standortspezifisch ermittelt, wie gross das jeweilige Potenzial für Erdwärme und für Photovoltaik ist. Zudem können mit den Modellen die Komponenten des Energiesystems, beispielsweise Speicher, dimensioniert werden, damit man die Energie dann hat, wenn man sie braucht. Auch Prognosen bezüglich Stromverbraucher oder Klimaveränderungen können in den Modellen berücksichtigt werden, um Lösungen zu finden, die künftigen Entwicklungen, beispielsweise einem höheren Bedarf an Kühlung, Rechnung tragen. Auf Quartierebene können die unterschiedlichen Energiecharakteristiken der Gebäude berücksichtigt werden, beispielsweise kann die überschüssige Energie von Plusenergie-Häusern älteren Häusern zur Verfügung gestellt werden, die stets Verbraucher bleiben werden. Dafür wird ein Energy-Hub-Modell adaptiert, das an der ETH Zürich für internationale Energienetze entwickelt wurde.

Kristina Orehounig stellt sich die Frage: «Was ist an Verbrauch und was an Potenzial vorhanden und wie ist die optimale Auslegung dieser Systeme – nicht nur, um Spitzenlasten abdecken zu können, sondern über das ganze Jahr?» Dabei ist das Potenzial der erneuerbaren Energieträger im

toutes les 24 heures à 65°C pour des raisons d'hygiène. Lorsqu'en été, les saunas ne sont pas utilisés et que la pompe à chaleur est déclenchée, l'eau chaude pour la douche est fournie par l'installation solaire thermique située sur le toit. Pour permettre la comparaison et assurer la redondance, chaque sauna peut aussi fonctionner de manière conventionnelle avec un chauffage par résistance.

L'un des avantages du chauffage à l'eau est qu'un incendie ne peut pas se déclencher si par exemple quelqu'un oublie sa serviette sur le chauffage. Avec un chauffage électrique, pour des raisons de protection contre l'incendie, la présence d'une personne est toujours nécessaire lors de la mise en route du sauna. Robert Weber, un chercheur en technique du bâtiment qui effectue des travaux de recherche dans cette unité, souligne un autre avantage: «Le fait d'utiliser la pompe à chaleur pour le chauffage permet d'automatiser complètement le système, car personne ne doit être sur place lors de la mise en marche.»

Dans l'unité se trouvent également des appareils de fitness qui peuvent générer de l'énergie. Cependant, la production espérée n'a jusqu'à présent pas pu être atteinte en raison de la faible utilisation pendant les heures normales de travail. «Si l'on prend en compte les systèmes informatiques nécessaires, l'électricité produite actuellement permet à peine de couvrir la consommation en mode veille. Le bilan serait évidemment meilleur avec une utilisation maximale des appareils de fitness», ajoute Robert Weber.

### Façonner l'avenir

Les unités du Nest offrent l'avantage non négligeable de mettre à disposition les données de mesure nécessaires pour l'optimisation énergétique et la recherche. Mais si l'on veut transposer des mesures d'efficacité énergétique à des bâtiments pour lesquels il n'existe pas de collection complète de données, il est aussi possible de modéliser l'interaction entre l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables. Kristina Orehounig, la directrice du département Systèmes énergétiques urbains de l'Empa, travaille au développement de modèles multiénergétiques qui permettent de calculer le bilan énergétique non seulement de bâtiments individuels, mais aussi de quartiers et désormais même de villes entières. Pour ce faire, les consommateurs électriques et thermiques sont analysés, puis la manière optimale de les alimenter avec différentes sources d'énergie est définie.

Au cours des dernières années, divers modèles ont été développés pour représenter la consommation énergétique et déterminer le potentiel des sources d'énergie renouvelables. Des études SIG sont utilisées pour déterminer les potentiels respectifs en matière d'énergie géothermique et photovoltaïque en fonction du site. De plus, les modèles permettent de dimensionner les composants du système énergétique, par exemple les accumulateurs, afin de pouvoir disposer de l'énergie quand elle est nécessaire. Les prévisions concernant les consommateurs d'électricité ou les changements du climat peuvent également être



Gebäudetechnik-Forscher Robert Weber erläutert das Prinzip der Fitness-Wellness-Unit.

**Robert Weber, chercheur en technique du bâtiment, explique le principe de l'unité de fitness et de wellness.**



Kristina Orehoung leitet die Abteilung Urbane Energiesysteme an der Empa.

**Kristina Orehoung dirige le département Systèmes énergétiques urbains de l'Empa.**

Sommer am höchsten; der maximale Verbrauch der Lasten liegt im Winter. Dies muss durch Speichertechnologien ausgeglichen werden. «Mit dieser Systembetrachtung kann man die Lasten dorthin bringen, wo Energie von erneuerbaren Energieträgern vorhanden ist», sagt Orehoung.

Die saisonale Energiespeicherung sei technologisch grossteils oft gelöst, aber die Technologien sind noch zu teuer oder brauchen so viel Platz, dass ihr Einsatz nicht realistisch ist. Da wegen der Wärmepumpen, der Elektromobilität und Ähnlichem der Trend in Richtung elektrische Energie geht, muss man auch Technologien wie Power-to-Gas, das Einspeisen von überschüssigem PV-Strom als Wasserstoff oder Methan ins Gasnetz, in Betracht ziehen. Mit dem Gas kann man dann bei Bedarf dezentral Strom und Wärme erzeugen.

Die grösste Herausforderung bei der Effizienzsteigerung im Gebäudebau ist die Situation mit den zahlreichen involvierten Interessensgruppen. Wenn nicht alle Akteure das gleiche Ziel verfolgen, geht es nicht. Auch die Kosten für die Umstellung des Energiesystems von fossilen Energieträgern auf Wärmepumpen, Biomasse oder Fernwärme sind eine grosse Hürde.

Die typischen Renovationszyklen bei Gebäuden stellen einen weiteren bremsenden Aspekt dar. Kristina Orehoung präzisiert: «Die Renovationsrate in der Schweiz liegt heute bei etwa 1%. Wir haben mal hochgerechnet, wenn man mit diesem 1% weiterfährt, werden wir die Energiestrategie des Bundes nie umsetzen können. Aber wie kriegt man die Leute dazu, dass die Renovationsrate auf die benötigten 2 bis 3% gesteigert werden kann?» Erschwerend kommt noch hinzu, dass häufig bei einer Erneuerung des Heizsystems wieder die gleiche Variante gewählt wird, die bereits vorhanden war; manchmal steigt man von Heizöl auf Erdgas um. Aber der nächste Schritt, beispielsweise der Umstieg auf eine Wärmepumpe, geschieht selten.

considerées dans les modèles afin de trouver des solutions qui prennent en compte les évolutions futures, par exemple un besoin accru en climatisation. Au niveau des quartiers, les différentes caractéristiques énergétiques des bâtiments peuvent être considérées. Ainsi, par exemple, l'énergie excédentaire des maisons PlusEnergie peut être mise à disposition des maisons plus anciennes qui resteront toujours des consommateurs. Un modèle de plateforme énergétique développé à l'ETHZ pour les réseaux énergétiques internationaux est adapté dans cet objectif.

Kristina Orehoung se pose les questions suivantes: «Quelle est la consommation existante, quel est le potentiel disponible et quel est le dimensionnement optimal du système, non seulement pour pouvoir couvrir les pointes de charge, mais aussi pour l'ensemble de l'année?» Constat: c'est en été que le potentiel des sources d'énergie renouvelables est le plus élevé, et en hiver que la consommation atteint son maximum. Cela doit être compensé grâce à des technologies de stockage. «Avec cette prise en considération en tant que système, il est possible d'amener les charges là où l'énergie issue de sources renouvelables est disponible», explique Kristina Orehoung.

Le stockage saisonnier de l'énergie est souvent résolu en grande partie du point de vue technologique, mais les technologies sont encore trop onéreuses ou nécessitent tellement de place que leur utilisation n'est pas réaliste. L'énergie électrique gagnant de plus en plus en importance, notamment avec les pompes à chaleur et l'électromobilité, il convient également d'envisager des technologies telles que la conversion d'électricité en gaz (power-to-gas), soit l'utilisation du courant photovoltaïque excédentaire pour générer de l'hydrogène ou du méthane et alimenter ainsi le réseau de gaz. Le gaz peut ensuite être utilisé pour produire de l'électricité et de la chaleur de manière décentralisée en fonction des besoins.

## Eine Einstellungssache

Obwohl die Energieeffizienz und die Nachhaltigkeit nicht nur an der Empa intensiv diskutiert und entsprechende Lösungen implementiert werden, gilt es, den Effizienzgedanken ganzheitlich bei allen Projekten – nicht nur im Gebäudebereich – zu berücksichtigen. Die Frage, ob man ein System oder Produkt bei gleicher Leistungsfähigkeit und gleichem Funktionsumfang nicht energieeffizienter gestalten könnte, sollte immer gestellt werden. Die bei Neuentwicklungen gestellten Weichen bezüglich Stromverbrauchsreduktion können während der gesamten Lebensdauer grosse Auswirkungen auf den Energieverbrauch haben, ohne den Nutzen der Systeme zu schmälern.

Aber wichtig ist auch, dass man als Konsument die durch Effizienzsteigerungen erreichten Erfolge nicht durch Rebound-Effekte abschwächt. Im industriellen Bereich und bei Gewerbebauten ist die Gefahr zwar weniger ausgeprägt, denn da freut man sich auch am ökonomischen Vorteil, den die Massnahmen nach der Amortisationsphase mit sich bringen. Im privaten Sektor ist die Wahrscheinlichkeit grösser, dass persönliche Präferenzen der Energieeffizienz den Rang ablaufen: Man leistet sich ein schwereres Fahrzeug, einen grösseren Fernseher oder eine geräumigere Wohnung und gibt so den durch technologische Optimierungen errungenen Energievorteil wieder preis.



### Autor | Auteur

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

Les nombreux groupes d'intérêts souhaitant être pris en considération constituent le plus grand défi lorsqu'il s'agit d'accroître l'efficacité dans le secteur de la construction de bâtiments. Si tous les acteurs ne poursuivent pas le même objectif, les chances de succès sont nulles. Les coûts du passage du système énergétique à base de combustibles fossiles aux pompes à chaleur, à la biomasse ou au chauffage urbain constituent également un obstacle majeur.

Les cycles de rénovation typiques des bâtiments représentent un autre facteur de ralentissement. Kristina Orehoung précise: « Le taux de rénovation en Suisse est aujourd'hui d'environ 1%. Nous avons déjà calculé que si nous continuons à ce rythme, nous ne serons jamais en mesure de mettre en œuvre la Stratégie énergétique du gouvernement fédéral. Mais comment amener les gens à agir de sorte que le taux de rénovation atteigne les 2 à 3% nécessaires? » Un facteur aggravant supplémentaire: lors du renouvellement du système de chauffage, la même variante est souvent choisie; parfois, le mazout est remplacé par le gaz naturel. Mais le pas suivant, comme le passage à une pompe à chaleur, n'est que rarement franchi.

## Une question d'attitude

Bien qu'il n'y ait pas qu'à l'Empa que l'efficacité énergétique et la durabilité fassent l'objet de discussions intensives et que des solutions appropriées soient implémentées, il est important d'aller plus loin et de considérer l'efficacité de manière globale dans tous les projets, et pas uniquement dans le secteur du bâtiment. Il faudrait toujours se demander si un système ou un produit ne pourrait pas être conçu de manière à être plus efficace sur le plan énergétique tout en bénéficiant des mêmes performances et de la même gamme de fonctions. Les jalons posés lors de nouveaux développements en matière de réduction de la consommation d'énergie peuvent avoir un effet important sur la consommation d'énergie tout au long de la durée de vie d'un système, sans en diminuer les avantages.

Mais il est également important que le consommateur n'amenuise pas par des effets rebonds les succès atteints grâce à l'augmentation de l'efficacité. Dans le secteur industriel et dans les bâtiments commerciaux, le danger est certes moins prononcé, car on se réjouit aussi de l'avantage économique que les mesures apportent après la phase d'amortissement. Dans le secteur privé, il est plus probable que les préférences personnelles éclipsent l'efficacité énergétique: on s'offre un véhicule plus lourd, un téléviseur plus grand ou un appartement plus spacieux et on renonce ainsi à l'avantage énergétique procuré grâce à l'optimisation technologique.