

dossier.

Mit welchem Netz in die Zukunft?

Neue Anforderungen | Das Stromnetz ist die Grundlage für den Umbau des Energiesystems. Damit es das auch in einer erneuerbaren Energiezukunft sein kann, braucht es Intelligenz im Netz und mehr Handlungsspielraum für Netzbetreiber und Kunden.

Quel réseau pour l'avenir?

Nouvelles exigences | Le réseau électrique constitue la base sur laquelle repose la transformation du système énergétique. Pour qu'il le reste dans un avenir énergétique renouvelable, il faut de l'intelligence dans le réseau et davantage de marge de manœuvre pour les gestionnaires de réseau et les clients.



Höherer Bedarf

Die zunehmende E-Mobilität stellt ebenso erhöhte Anforderungen an das Netz der Zukunft ...

Besoin accru

L'e-mobilité, qui croît de plus en plus, pose des exigences accrues au réseau du futur ...

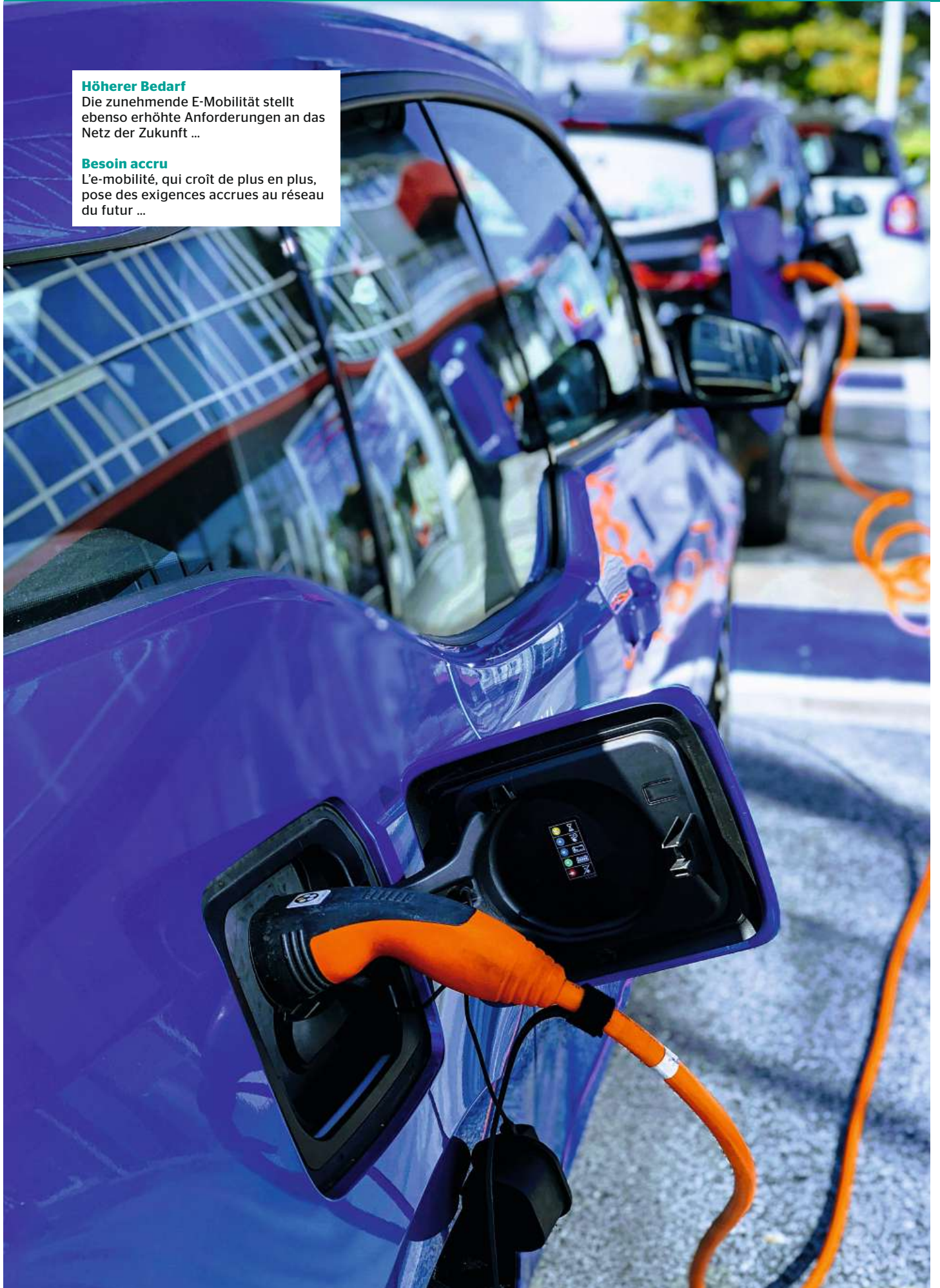


Bild | Figure : John Cameron/Lunsplash

MICHAEL PAULUS

Mit der Energiestrategie 2050 und ihrem Bekenntnis zum Klimaschutz hat die Schweiz die Weichen neu gestellt. Dazu muss das Energiesystem in den kommenden Jahrzehnten grundlegend umgebaut werden. Nebst der Wasserkraft müssen künftig weitere erneuerbare Energien, allen voran die Photovoltaik, eine tragende Rolle übernehmen, um die Versorgung durch eine angemessene inländische Stromproduktion über das ganze Jahr und insbesondere im Winter sicherzustellen.

Der Wille zur Dekarbonisierung bedeutet vor allem auch eins: Elektrifizierung. Das heisst, elektrische Anwendungen werden bisherige Technologien ergänzen oder ablösen, so zum Beispiel im Gebäudebereich, wo durch den Einsatz von Wärmepumpen und Gebäudetechnik fossile Energie eingespart und die Gesamtenergieeffizienz gesteigert werden. Vor allem aber auch im Verkehr, wo Elektro- und Wasserstofffahrzeuge für eine klimafreundlichere Mobilität sorgen werden. Konkret könnte aus klimapolitischen Gründen die Nachfrage nach Strom bis 2035 um 40 % zunehmen. Es ist nur logisch, dass dieser erhöhte Bedarf auch durch eine klimafreundliche Produktion gedeckt werden muss.

Grundlagen werden auf den Kopf gestellt

In der Praxis wird dies das heutige System der Stromversorgung auf den Kopf stellen: Vereinfacht gesagt wird in der bisherigen Welt Strom in grossen Kraftwerken produziert und zu den Endkunden transportiert. In Zukunft sind die Kraftwerke und Speicher aber nicht mehr nur zentral, sondern auch dezentral. Überall verteilt werden so künftig Tausende kleine Kraftwerke direkt bei den Endkunden stehen, die von ihnen produzierte Energie direkt vor Ort wieder abgeben oder anderen Nutzern zur Verfügung stellen.

Für das Stromnetz bedeutet dies zunächst veränderte Lastflüsse. Neu herrscht im Verteilnetz nicht mehr Einbahn-, sondern Gegenverkehr: Der Strom fliesst nicht mehr nur von oben, von den hohen Spannungsebenen mit den grossen Kraftwerken, nach unten zu den tiefen Spannungsebenen mit den Verbrauchern. Vielmehr treten Flüsse auch innerhalb einer Spannungsebene, von dezentralen Kraftwerken zu den Verbrauchern auf, oder der Strom fliesst sogar umgekehrt von unten nach oben. Mit dem massiven Ausbau von Photovoltaik und Ladestationen für die Elektromobilität treten zudem höhere Leistungen auf. Wo also der Strom, bildlich gesprochen, bisher über eine längere Dauer gemütlich aus der Steckdose tröpfelte, um den Fernseher oder die Spülmaschine zum Leben zu erwecken, muss künftig die gleiche Strommenge zusätzlich innert kürzester Zeit auch die Batterie des Elektroautos aufladen – Tröpfchen reichen hierzu nicht mehr, es braucht vielmehr einen Hochdruckstrahl.

Aber nicht nur die Belastung des Verteilnetzes verändert sich. Es werden sich auch kleine Einheiten des Systems gegenseitig mit Strom versorgen, zum Beispiel in einem Zusammenschluss zum Eigenverbrauch. Doch auch diese Systemeinheiten müssen jederzeit vollumfänglich mit

Avec la Stratégie énergétique 2050 et la politique climatique dans laquelle elle s'est engagée, la Suisse a posé de nouveaux jalons. Dans les décennies à venir, le système énergétique doit être transformé en profondeur. Outre l'hydraulique, d'autres énergies renouvelables, photovoltaïque en tête, devront endosser un rôle fondamental pour garantir l'approvisionnement grâce à une production d'électricité indigène appropriée tout au long de l'année, et en particulier en hiver.

La volonté de décarboniser signifie aussi et surtout une chose: l'électrification. Des applications électriques viendront ainsi compléter ou remplacer les technologies actuelles, par exemple dans le domaine des bâtiments, où l'utilisation de pompes à chaleur et la technique des bâtiments permettent d'économiser de l'énergie fossile et d'augmenter l'efficacité énergétique globale, mais surtout dans le secteur des transports, où les véhicules électriques ou à hydrogène rendront la mobilité plus respectueuse du climat. Dans le sillon de la politique climatique, la demande en électricité pourrait concrètement augmenter de 40 % d'ici à 2035. Il va sans dire que ce besoin accru doit être couvert par une production favorable au climat.

Des bases sens dessus dessous

Dans la pratique, cette évolution mettra le système actuel d'approvisionnement en électricité sens dessus dessous: pour simplifier, dans le monde actuel, le courant électrique est produit dans de grandes centrales puis transporté jusque chez les clients finaux. À l'avenir, en revanche, les centrales et les dispositifs de stockage ne seront plus uniquement centralisés, mais aussi décentralisés. Partout, des milliers de petites centrales se trouveront auprès des clients finaux. Celles-ci injecteront leur production directement sur place ou la mettront à disposition d'autres utilisateurs.

Pour le réseau électrique, cela implique tout d'abord une modification des flux de charge. Désormais, le réseau de distribution ne comprend plus seulement des voies à sens unique. Le trafic se fera dans les deux sens: l'électricité ne circule plus uniquement depuis les niveaux de tension élevés, où se situent les grandes centrales, vers les niveaux de basse tension où se trouvent les consommateurs. Les flux apparaîtront également au sein d'un même niveau de tension, lorsque le courant circulera depuis les installations décentralisées directement vers les consommateurs. De surcroît, le courant circulera même en sens inverse, du bas vers le haut. Le développement massif du photovoltaïque et des stations de charge pour l'électromobilité entraîne en outre des puissances plus élevées. Là où, jusqu'à présent, le courant s'écoulait tranquillement depuis la prise pour donner vie à notre téléviseur ou à notre lave-vaisselle, la même quantité de courant devra en plus charger en un rien de temps la batterie de notre voiture électrique. Ainsi, il faudra plutôt un jet à haute pression que du goutte à goutte.

Mais la sollicitation du réseau de distribution n'est pas le seul élément qui change: de petites unités du système s'approvisionneront mutuellement en courant, par

Strom aus dem Netz versorgt werden können, zum Beispiel, um allfällige Eigenversorgungsengpässe überbrücken zu können. Das Netz muss dabei jederzeit funktions- und leistungsfähig bleiben. Geht man noch einen Schritt weiter und betrachtet nicht nur den Strom, sondern das gesamte Energiesystem – das Stichwort lautet Sektorkopplung –, werden die Anforderungen an das zukünftige Zusammenspiel noch komplexer.

Die heutigen Netzstrukturen sind in den vergangenen Jahrzehnten gewachsen, und sie haben sich bewährt: In der Schweiz gewährleisten die Energieversorgungsunternehmen eine vorbildliche Versorgungsqualität. So kann unser Land, was die Versorgungszuverlässigkeit angeht, seinen Leistungsausweis sehen lassen: Ein durchschnittlicher Schweizer Endverbraucher muss nur während insgesamt rund 20 Minuten pro Jahr ohne Strom auskommen, 10 Minuten wegen geplanter Unterhaltsarbeiten und 10 Minuten aufgrund ungeplanter Ausfälle, zum Beispiel nach einem Sturm oder aufgrund schwerer Schneefälle. Mit ähnlich guten Zahlen aufwarten kann im umliegenden Ausland nur gerade Deutschland, während Franzosen und Italiener in der Regel zwischen 1 und 1,5 Stunden pro Jahr im Dunkeln sitzen. Um diese Qualität zu gewährleisten, investieren die Netzbetreiber laufend in ihre Infrastruktur. Pro Jahr sind es rund 1,5 Mrd. Franken.

Doch die Welt hat sich verändert. Zukünftig müssen die Stromnetze viel mehr Anforderungen unter einen Hut bringen – sie müssen zentrale und dezentrale Produktion, zentrale und dezentrale Speicher, bekannte und neue Verbraucher integrieren – und dabei effizient und zuverlässig bleiben. Deshalb muss das Netz jetzt weiterentwickelt und an die Anforderungen der Energiezukunft angepasst werden.

Ein intelligentes Netz braucht auch die Kunden

Dazu braucht es mehr Intelligenz im Netz, einen stärkeren Einbezug des Kunden – und eine Anpassung des gesetzlichen Rahmens. Denn nicht nur die Netze, sondern auch die auf sie angewendeten Regulierungen stammen weitgehend noch aus dem 20. Jahrhundert.

Heute beispielsweise beträgt die Maximallast im Schweizer Netz zirka 10 GW. Aufgrund des Photovoltaik-Zubaus könnte diese künftig aber bis zu 50 GW betragen. In einer neuen Energiewelt mit veränderten Lastflüssen und höheren Leistungen muss auch das Netz technologisch auf der Höhe sein. Dazu werden neue Technologien wie regelbare Transformatoren sowie intelligente Steuerungen von Produktion und Nachfrage zum Einsatz kommen. So kann es den Netzbetreibern gelingen, den Ausbau der Netze auf das Notwendige zu beschränken. Zudem schaffen die neuen Technologien die Voraussetzungen, damit das Netz flexibler als heute auf die neuen Herausforderungen reagieren kann, indem beispielsweise detailliertere Informationen über Anlagen im Verteilnetz verfügbar werden, das Netz-Monitoring auch auf tieferen Netzebenen Standard wird und systematisch Lasten gesteuert werden. Damit die benötigten Netze dann tatsächlich bereitstehen, braucht es jedoch auch effiziente Bewilligungsverfahren, die unnötige Verzögerungen und Mehrkosten vermeiden.

exemple au sein d'un regroupement dans le cadre de la consommation propre. Or, ces unités du système doivent elles aussi pouvoir être alimentées intégralement à partir du réseau à n'importe quel moment, par exemple afin de pallier d'éventuelles difficultés d'auto-alimentation. Le réseau doit alors en permanence rester fonctionnel et performant. Si l'on va encore plus loin et que l'on considère non pas le courant, mais l'ensemble du système énergétique, les exigences envers la future interaction gagnent encore en complexité, par exemple dans le contexte du couplage des secteurs.

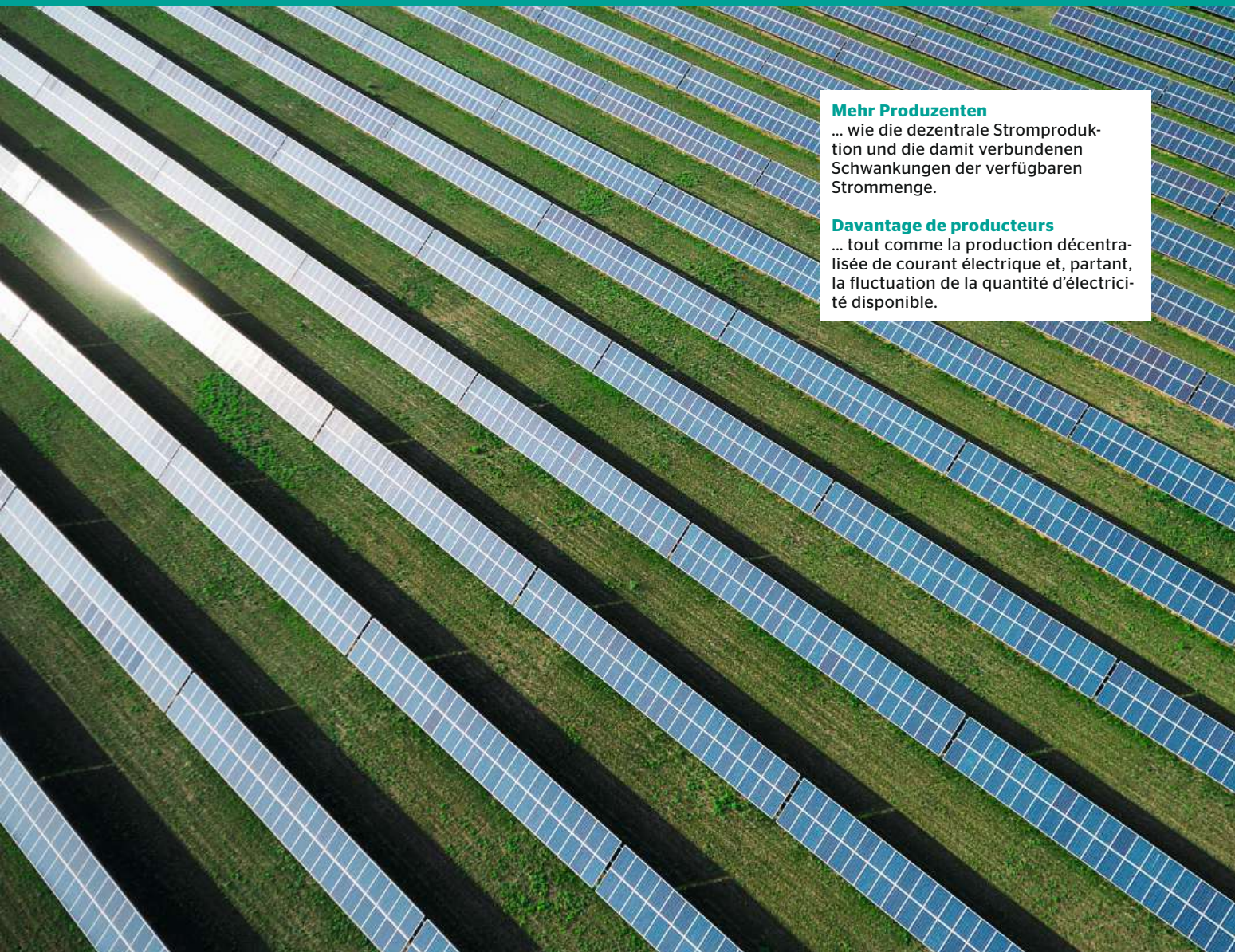
Les structures de réseau actuelles sont le résultat du développement des dernières décennies, et elles ont fait leurs preuves: en Suisse, les entreprises d'approvisionnement en énergie garantissent une qualité d'approvisionnement exemplaire. En termes de fiabilité de l'approvisionnement, notre pays peut se targuer d'une excellente performance. Ainsi, un consommateur final suisse moyen ne doit se passer d'électricité que durant environ 20 minutes par an au total, à savoir 10 minutes en raison de travaux de maintenance planifiés et 10 minutes à cause de coupures non prévues, par exemple après une tempête ou de fortes chutes de neige. Dans les pays limitrophes, seule l'Allemagne arrive à rivaliser avec de tels chiffres, tandis que les Français et les Italiens se retrouvent généralement dans le noir entre une heure et une heure et demie par an. Pour garantir cette qualité, les gestionnaires de réseau investissent continuellement dans leur infrastructure – à raison d'environ 1,5 milliard de francs par an.

Mais le monde a changé. À l'avenir, les réseaux électriques devront concilier bien davantage d'exigences. Ils doivent intégrer production centralisée et décentralisée, stockage centralisé et décentralisé, consommateurs connus et nouveaux, tout en restant efficaces et fiables. C'est pourquoi le réseau doit poursuivre son développement maintenant et s'adapter aux exigences de l'avenir énergétique.

Un réseau intelligent a aussi besoin des clients

Pour cela, il faut davantage d'intelligence dans le réseau, une participation plus active du client et une adaptation du cadre légal. En effet, si les réseaux datent encore largement du XX^e siècle, c'est aussi le cas des réglementations qui leur sont appliquées.

Par exemple, la charge maximale dans le réseau suisse est d'environ 10 GW. Avec le développement du photovoltaïque, elle pourrait atteindre 50 GW. Dans un nouveau monde énergétique dynamique avec des flux de charge modifiés et un besoin de puissance plus élevé, le réseau doit aussi être à la hauteur sur le plan technologique. Pour ce faire, on emploiera de nouvelles technologies telles que des transformateurs réglables ou encore la commande intelligente de la production et de la demande. Ainsi, les gestionnaires de réseau peuvent limiter l'extension des réseaux au strict nécessaire. De plus, les nouvelles technologies créent la condition préalable pour que le réseau puisse réagir aux nouveaux défis de façon plus flexible qu'aujourd'hui, par exemple en rendant disponibles des informations plus détaillées sur les installations dans le



Mehr Produzenten

... wie die dezentrale Stromproduktion und die damit verbundenen Schwankungen der verfügbaren Strommenge.

Davantage de producteurs

... tout comme la production décentralisée de courant électrique et, partant, la fluctuation de la quantité d'électricité disponible.

Die zunehmende Volatilität und Dynamik im Stromsystem können aber nicht die Netzbetreiber alleine, sondern nur alle Akteure Hand in Hand effizient meistern. Vor allem die Kunden werden im Energiesystem der Zukunft eine deutlich wichtigere Rolle spielen. Nicht nur, weil sie dezentrale Produktionsanlagen betreiben. Durch ihre Investitionsentscheidungen und ihr Nutzerverhalten haben sie auch grossen Einfluss auf die Dimensionierung des Netzes und seinen effizienten und sicheren Betrieb.

Aufseiten der Netzbetreiber muss der Rahmen so gesteckt werden, dass sie auch entsprechende, diskriminierungsfreie Anreize für die Kunden setzen können. Die Kunden können nämlich ihr Verhalten nur anpassen, wenn sie über die richtigen Informationen verfügen und gezielte Signale für ein netzdienliches Verhalten erhalten. Dies setzt voraus, dass die Netzbetreiber und Netznutzer einen grösseren Handlungsspielraum haben: für die Netzbetreiber, um optimal auf ihre Netzsituation angepasste Massnahmen zu ergreifen; für die Kunden, um sich aktiv am Energiesystem zu beteiligen.

réseau de distribution. Elles peuvent également dynamiser la surveillance du réseau et poser les bases d'un pilotage amélioré de la charge et d'une optimisation de l'utilisation du réseau. Afin que les réseaux nécessaires soient effectivement disponibles, des procédures d'approbation efficaces qui évitent les retards et les surcoûts inutiles sont cependant nécessaires.

Or les gestionnaires de réseau ne peuvent maîtriser seuls la volatilité et la dynamique croissantes dans le système électrique: tous les acteurs doivent agir main dans la main. Les clients, surtout, joueront un rôle nettement plus important dans le système énergétique du futur – et ce, pas uniquement parce qu'ils exploitent des installations de production décentralisées: de par leurs décisions d'investissement et leur comportement d'utilisateur, ils exercent également une grande influence sur le dimensionnement du réseau et sur son exploitation sûre et efficace.

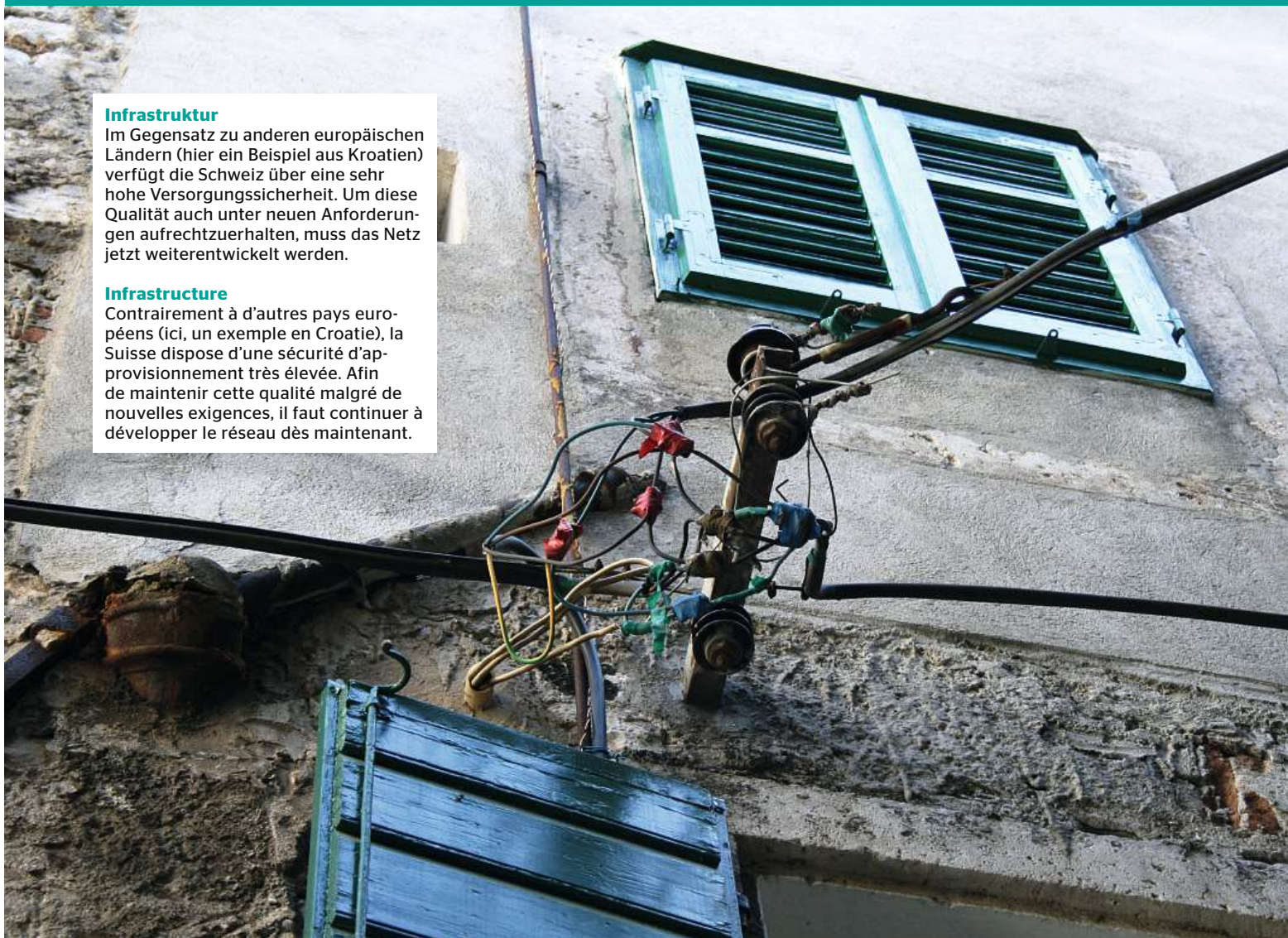
Du côté des gestionnaires de réseau, le cadre doit être établi de telle sorte qu'ils puissent poser des incitations pour les clients, et ce sans discrimination. Les clients ne

Infrastruktur

Im Gegensatz zu anderen europäischen Ländern (hier ein Beispiel aus Kroatien) verfügt die Schweiz über eine sehr hohe Versorgungssicherheit. Um diese Qualität auch unter neuen Anforderungen aufrechtzuerhalten, muss das Netz jetzt weiterentwickelt werden.

Infrastructure

Contrairement à d'autres pays européens (ici, un exemple en Croatie), la Suisse dispose d'une sécurité d'approvisionnement très élevée. Afin de maintenir cette qualité malgré de nouvelles exigences, il faut continuer à développer le réseau dès maintenant.



So könnten dynamische und auf lokale Gegebenheiten zugeschnittene Netztarife, welche die realen Flüsse im Stromnetz berücksichtigen, diskriminierungsfrei Anreize setzen, um das eigene Verhalten der Netzbelastung anzupassen und die effiziente Integration von erneuerbarem Strom zu ermöglichen. Dies impliziert, dass sich die Netzpreise künftig an der tatsächlichen Belastung des Netzes orientieren: Ist die Netzbelastung hoch, steigt der Preis – sinkt die Netzbelastung, sinkt auch der Preis. Damit könnten auch die Kunden ihren Teil der Verantwortung übernehmen, indem sie einerseits verursachergerecht die Kostenfolgen ihres Netzanschlusses tragen und das Netz bei hoher Auslastung nicht unnötig zusätzlich belasten und andererseits entsprechend ihrem Verhalten auch von Einsparungen profitieren. Das bewährte, ausgewogene und international übliche Ausspeiseprinzip, nach dem das Netzentgelt beim Ausspeisepunkt erhoben wird, braucht dafür nicht aufs Spiel gesetzt zu werden.

Ergänzend dazu muss der Netzbetreiber über garantierte Möglichkeiten verfügen, im Bedarfsfall in den Betrieb von Anlagen einzugreifen. Muss das Verteilnetz auf die Maximalleistung der Einspeisung ausgebaut werden, um sicher-

peuvent en effet adapter leur comportement que s'ils disposent des informations pertinentes et qu'ils reçoivent des signaux ciblés pour adopter un comportement qui s'oriente sur les besoins du réseau. Cela présuppose que les gestionnaires et les utilisateurs du réseau aient tous deux une plus grande marge de manœuvre: pour les gestionnaires de réseau, afin de prendre les mesures les mieux adaptées à leur situation réseau, et pour les clients, de sorte à participer activement au système énergétique.

Ainsi, des tarifs réseau dynamiques et adaptés aux particularités locales, qui tiennent compte des flux réels dans le réseau électrique, pourraient poser des incitations non discriminatoires visant à adapter le comportement à la sollicitation du réseau et à permettre l'intégration efficace du courant renouvelable. Cela implique que les prix du réseau se fondent à l'avenir sur la sollicitation effective du réseau: en cas de sollicitation plus élevée, les prix montent, tandis qu'ils baissent lorsque le réseau est moins sollicité. De la sorte, les clients pourraient eux aussi assumer leur part de responsabilité, d'une part en supportant les conséquences financières de leur raccordement au réseau conformément au principe de causalité et en ne surchar-

zustellen, dass jederzeit die gesamte produzierte Energiemenge in das Netz abgegeben werden kann, so müsste ein volkswirtschaftlich unverhältnismässiger Investitionsaufwand in den Netzausbau gesteckt werden. Die effiziente Integration grosser Produktionsmengen aus der Photovoltaik – und damit die effiziente Umsetzung der Energiestrategie 2050 – ist nur möglich, wenn der Netzbetreiber die Möglichkeit erhält, Einspeisespitzen durch ein sogenanntes «Peak Shaving» zu kappen. Das Gleiche gilt für die Reduktion von Lastspitzen bei Ladestationen. Wird also auf die Ernte weniger Kilowattstunden während einiger der intensivsten Sonnenstunden im Jahr und auf die gleichzeitige Ladung aller Elektrofahrzeuge mit voller Leistung verzichtet, und wird das Netz konsequent intelligent gemacht, so können unnötige Netzausbaukosten vermieden werden.

Mehr Handlungsspielraum macht die Energiezukunft möglich

Für den Umbau des Energiesystems braucht es vermehrt erneuerbare Energien in der Schweiz, insbesondere Photovoltaik. Diese muss ins System integriert werden können. Dezentrale Lösungen müssen praktikabel sein und effizienter werden. Und schliesslich muss der lokal produzierte Strom auch lokal konsumiert werden können. Damit all dies gelingen kann, braucht es nebst punktuellen Netzausbau Intelligenz im Stromnetz und mehr Spielraum, um über die Netzpreise Anreize für eine innovative und systemdienliche Netznutzung zu setzen. Nur so kann die Basis dafür geschaffen werden, dass sich Kunden und Netzbetreiber Hand in Hand am effizienten Umbau des Energiesystems beteiligen können.

Das Stromnetz ist Grundlage und «Enabler» für das Energiesystem der Zukunft. Der Netzbetreiber ist dabei in der privilegierten Situation, sein Netzgebiet und dessen Bedürfnisse am besten zu kennen. Ein Umbau der Energieversorgung sollte daher nicht über Detailregulierungen auf Gesetzes- und Verordnungsstufe erfolgen, sondern über eine Stärkung der Subsidiarität: Erst ein grösserer Handlungsspielraum, beispielsweise bei der Netztarifierung oder der Möglichkeit, innovative Massnahmen einzusetzen, ermöglicht, neue Lösungen für die Netzbetreiber und die Kunden zu entwickeln. Diese Handlungsspielräume müssen wir jetzt schaffen und damit Innovationshindernisse aus dem Weg räumen.



Autor | Auteur

Michael Paulus ist Bereichsleiter Netze und Berufsbildung beim VSE.
 Michael Paulus ist Responsable Réseaux et Formation professionnelle à l'AES.
 → VSE, 5000 Aarau
 → michael.paulus@strom.ch

geant pas inutilement le réseau en cas de forte sollicitation, et d'autre part en profitant également d'économies en fonction de leur comportement. Il n'est pas nécessaire de mettre pour cela en jeu le principe de soutirage selon lequel la rémunération du réseau est prélevée au point de soutirage. Ce principe a fait ses preuves: il est équitable et courant à l'échelle internationale.

En outre, le gestionnaire de réseau doit disposer de possibilités garanties d'intervenir dans l'exploitation des installations en cas de besoin. Une extension du réseau serait disproportionnée d'un point de vue macroéconomique si elle devait viser à couvrir la puissance maximale et ainsi garantir que la totalité de l'énergie produite puisse être réinjectée à n'importe quel moment dans le réseau. Une intégration efficace de grandes quantités de photovoltaïque – et donc une mise en œuvre efficace de la Stratégie énergétique 2050 – n'est possible que si le gestionnaire de réseau obtient la possibilité de couper les pointes d'injection grâce à un «peak shaving». La même chose vaut pour la réduction des pics de soutirage des stations de charge. Par conséquent, si on rend le réseau systématiquement intelligent et qu'on renonce à «récolter» quelques kilowattheures pendant certaines heures très ensoleillées et à charger en même temps tous les véhicules électriques à la puissance maximale, il est possible d'éviter des coûts d'extension de réseau inutiles.

Davantage de marge de manœuvre pour rendre possible l'avenir énergétique

Pour transformer le système énergétique, il faut toujours plus d'énergies renouvelables en Suisse, en particulier du photovoltaïque. Celui-ci doit pouvoir être intégré dans le système. Des solutions décentralisées doivent être praticables et devenir plus efficaces. Enfin, le courant produit localement doit aussi pouvoir être consommé localement.

Pour que tout cela soit possible, l'extension ponctuelle du réseau doit être complétée par de l'intelligence dans le réseau et davantage de marge de manœuvre afin de pouvoir inciter à une utilisation du réseau novatrice et favorable au système. Ce n'est que de cette façon que les clients et les gestionnaires de réseau pourront s'engager main dans la main dans la transformation efficace du système énergétique.

Le réseau électrique constitue à la fois le pilier et la condition sine qua non de la transformation de l'approvisionnement en énergie. Le gestionnaire de réseau se trouve dans une situation privilégiée dans la mesure où il connaît le mieux sa zone de desserte et les besoins de celle-ci. Un avenir énergétique renouvelable ne devrait par conséquent pas se construire sur une réglementation détaillée au niveau des lois et des ordonnances, mais sur un renforcement de la subsidiarité: seule une marge de manœuvre plus importante, par exemple au niveau de la tarification du réseau ou de la possibilité de tester des mesures novatrices, rend possible le développement de nouvelles solutions aussi bien pour les gestionnaires de réseau que pour les clients. Nous devons créer maintenant ces marges de manœuvre afin d'écartier les obstacles à l'innovation.