

Netzbau im Wasser

Verlegung des Wakkabels zum
Offshore-Windpark Borwin 5.

Construction du réseau dans l'eau

Pose dans la zone de marnage du câble
reliant le parc éolien offshore Borwin 5
à la terre ferme.



dossier.

Europas Netz ist unter Druck

Herausforderungen | Schleppender Netzausbau, Gaskrise, Angst vor russischen Cyberangriffen – die Netzbetreiber in Europa haben es derzeit nicht einfach. Wie sicher ist die Stromversorgung und wie lässt sie sich verbessern?

Un réseau sous pression

Défis pour le réseau européen | Développement du réseau à la traîne, crise du gaz, crainte de cyberattaques russes – en Europe, les gestionnaires de réseaux n'ont en ce moment pas la vie facile. À quel point l'approvisionnement en électricité est-il assuré, et comment l'améliorer?

JANOSCH DEEG

Europa liegt im Dunkeln, alles steht still. Bislang ist dieses Szenario nur ein rein hypothetisches – beziehungsweise ein fiktionales wie im Roman «Blackout» von Marc Elsberg. In dem Thriller legt ein Hackerangriff die Stromversorgung lahm und stürzt Europa ins völlige Chaos. Tatsächlich sind die von Elsberg skizzierten Folgen eines Blackouts, darunter erheblicher Nahrungsmittel- und Medikamentenmangel, nicht weit von der Wirklichkeit entfernt: «Ein unkontrollierter Stromausfall von zwei Wochen hätte vermutlich verheerende Konsequenzen», bestätigt Professor Dirk Witthaut vom Institut für Energie und Klimaforschung am Forschungszentrum Jülich, Deutschland.

Die Wahrscheinlichkeit, dass es zu einem Blackout kommt, stuft der Fachmann für Versorgungsnetze jedoch als «vernachlässigbar gering» ein. Das europäische Stromnetz sei sehr robust und für Notfälle gebe es etliche Gegenmassnahmen, beruhigt er. Gleichwohl sind die Zeiten für die Stromversorger in Europa aus verschiedenen Gründen ungemütlicher geworden. So wurde etwa das ukrainische Stromnetz im März 2022, keine drei Wochen nach Kriegsbeginn, mit dem kontinentaleuropäischen verbunden. Das bedeutet: Störungen im ukrainischen Netz könnten sich nun auch auf den gesamten Netzverbund auswirken. Manche Fachleute fürchten hier – ähnlich wie im Roman von Elsberg – Hackerangriffe.

Zudem ist aufgrund des Kriegs die Versorgung mit russischem Gas nicht mehr sicher. In Deutschland zum Beispiel tragen die Gaskraftwerke einen nicht unerheblichen Anteil von rund einem Zehntel zum Strommix bei [1]. Viele Betreiber kämpfen darüber hinaus mit einem Netzausbau und -umbau, da der Strom vermehrt aus erneuerbaren Energien kommt. An vielen Stellen fehlt es an leistungsstarken Leitungen, die den Strom vom Erzeuger zum Verbraucher bringen. In Deutschland muss etwa die Energie der Offshore-Windkraftanlagen der Nordsee in den industriestarken Süden gelangen. Frankreich wiederum ist in erster Linie auf die Kernkraft als Stromversorger angewiesen. Etliche Werke stehen aber wegen Reparatur oder Überprüfungen momentan still. In den ungewöhnlich heissen Sommermonaten im Jahr 2022 mussten ausserdem einige Werke gedrosselt werden, weil die Flüsse, deren Wasser zur Kühlung dient, zu warm und zu trocken waren [2]. Der Klimawandel könnte dieses Problem verschärfen.

Die Schweiz als vergleichsweise kleines Land, in dem jetzt schon rund drei Viertel des Strommixes aus erneuerbaren Energien stammt [3], plagen weder die französischen noch die deutschen Energieversorgungsprobleme. Zwei Drittel der Gesamtmenge liefern hierzulande Wasserkraftwerke. «Das ist ein grosser Vorteil. Der Strom ist nachhaltig und durch die Stauseen flexibel», sagt Dr. Alexander Fuchs, Experte für Stromnetzsimulation und Beratungsingenieur an der Forschungsstelle Energienetze (FEN) der ETH Zürich. Allerdings könne diese Versorgung auch bei maximalem Ausbau die «Winterlücke» nicht komplett decken, so dass man in den Wintermonaten

L'Europe est dans le noir, tout est à l'arrêt. Pour l'instant, ce scénario n'est que pure hypothèse – ou plutôt fictionnel, comme dans le roman «Black-out» de Marc Elsberg. Dans ce thriller, une attaque de hackers paralyse l'approvisionnement en électricité et plonge l'Europe dans le chaos le plus total. En effet, les conséquences d'un black-out esquissées par l'auteur, parmi lesquelles une importante pénurie de produits alimentaires et de médicaments, ne sont pas très loin de la réalité: «Une panne d'électricité incontrôlée de deux semaines aurait probablement des conséquences catastrophiques», confirme le professeur Dirk Witthaut, de l'Institut de recherche sur l'énergie et le climat du Centre de recherche de Juliers (Forschungszentrum Jülich), en Allemagne.

Ce spécialiste des réseaux d'approvisionnement estime toutefois que la probabilité de survenue d'un black-out est «négligeable». Le réseau électrique européen est très robuste et il existe de nombreuses contre-mesures en cas d'urgence, rassure-t-il. Néanmoins, les temps sont devenus plus difficiles pour les fournisseurs d'électricité en Europe, et ce, pour diverses raisons. Par exemple, le réseau électrique ukrainien a été relié à celui de l'Europe continentale en mars 2022, moins de trois semaines après le début de la guerre. Cela signifie que des perturbations sur le réseau ukrainien pourraient désormais avoir des répercussions sur l'ensemble du réseau européen. Certains spécialistes craignent particulièrement des attaques de hackers, comme dans le roman de Marc Elsberg.

De plus, en raison de la guerre, l'approvisionnement en gaz russe n'est plus assuré. En Allemagne, par exemple, les centrales à gaz représentent une part non négligeable – environ un dixième – du mix électrique [1]. De nombreux exploitants luttent en outre pour étendre et transformer le réseau, car l'électricité est de plus en plus produite à partir d'énergies renouvelables. En de nombreux endroits, il manque de lignes suffisamment dimensionnées pour acheminer l'électricité du producteur au consommateur. En Allemagne, par exemple, l'énergie des éoliennes offshore de la mer du Nord doit être acheminée vers le sud, où se trouve une grande part de l'industrie. La France, quant à elle, dépend en premier lieu de l'énergie nucléaire pour son approvisionnement en électricité. Mais de nombreuses centrales sont momentanément à l'arrêt pour réparation ou pour contrôle. En outre, durant les mois d'été exceptionnellement chauds de 2022, la production de certaines centrales a dû être limitée, car les rivières, dont l'eau sert au refroidissement, étaient trop chaudes et trop sèches [2]. Le changement climatique pourrait aggraver ce problème.

Petit pays en comparaison, où les trois quarts du mix électrique proviennent déjà d'énergies renouvelables [3], la Suisse n'est pas confrontée aux problèmes d'approvisionnement en énergie de la France ou de l'Allemagne. Les centrales hydroélectriques y fournissent deux tiers de la production totale d'électricité. «C'est un grand avantage. L'électricité est durable et la production flexible grâce aux

Netzbau auf dem Land

380-kV-Hochspannungsverbindung von Eemshaven nach Vierverlaten in den Niederlanden.

Construction de réseau sur la terre ferme

Liaison haute tension de 380 kV entre Eemshaven et Vierverlaten, aux Pays-Bas.



auf Importe angewiesen sei, so Fuchs. Obwohl die Wasserkraft weniger vom Wetter abhängig ist als etwa die Solar- und Windenergie.

Grössere Netzverbünde sind zuverlässiger

Aber wirken sich womöglich die Probleme anderer europäischer Netzbetreiber auch auf die Schweiz aus? Derzeit ist das Land über 41 grenzüberschreitende Leitungen mit dem europäischen Verbundnetz verknüpft [4]. «Solche Zusammenschlüsse sind für alle Beteiligten sehr vorteilhaft», stellt Fuchs klar. Grosse Netzverbünde sind besser gegen Stromausfälle geschützt, weil Überlastungen einzelner Leitungen durch andere Teile im Netzwerk kompensiert werden können. Anschaulich ausgedrückt, weicht der Strom einfach auf eine Route aus, die gerade frei ist. Ausserdem lassen sich Schwankungen in Produktion und Nachfrage in grösseren Netzwerken viel eher ausgleichen, weil sich die Staaten gegenseitig Strom liefern. «Die Schweiz ist zum Beispiel für die Winterlücke auf Importe angewiesen», sagt Fuchs. Ohne die Ankopplung an das europäische Stromnetz sei ein sicherer Betrieb daher kaum möglich. Und auch die Nachbarländer würden von der Eingliederung des Schwei-

barrages », explique Alexander Fuchs, expert en simulation de réseaux électriques et ingénieur-conseil au Centre de recherche sur les réseaux énergétiques (Forschungsstelle Energienetze, FEN) de l'École polytechnique fédérale de Zurich (ETHZ). Toutefois, même en cas d'extension maximale, cet approvisionnement ne peut pas couvrir entièrement le « déficit hivernal ». La Suisse est donc tributaire des importations pendant les mois d'hiver, poursuit-il. Et ce, bien que l'énergie hydraulique soit moins dépendante des conditions météorologiques que l'énergie solaire et éolienne, par exemple.

Les grands réseaux sont plus fiables

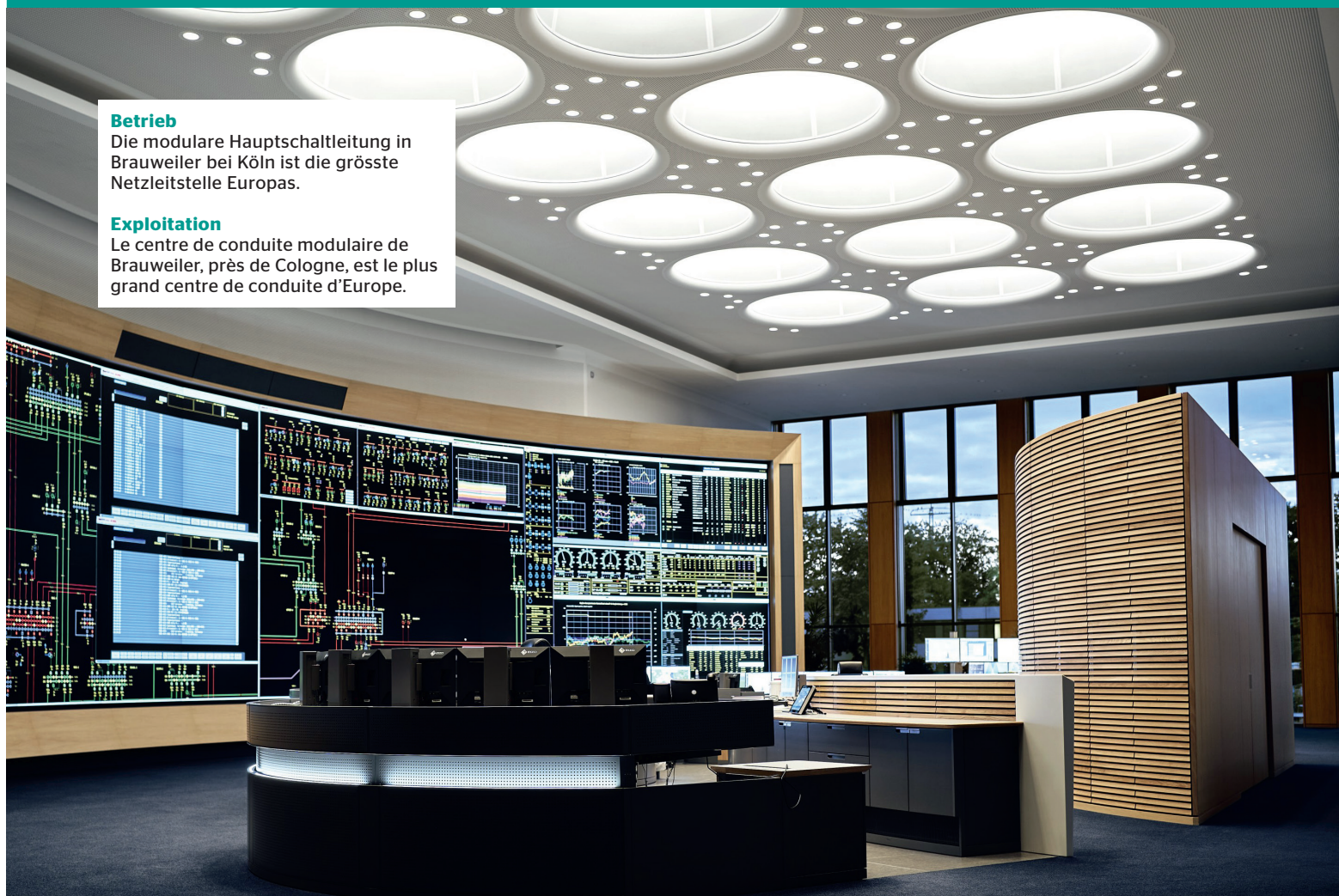
Mais les problèmes rencontrés par d'autres gestionnaires de réseaux européens peuvent-ils aussi avoir un impact sur la Suisse? Actuellement, le pays est relié au réseau interconnecté européen par 41 lignes transfrontalières [4]. «De tels regroupements sont très avantageux pour toutes les parties concernées», explique Alexander Fuchs. Les grandes interconnexions de réseaux sont mieux protégées contre les pannes d'électricité, car les surcharges de certaines lignes peuvent être compensées

Betrieb

Die modulare Hauptschaltleitung in Brauweiler bei Köln ist die grösste Netzleitstelle Europas.

Exploitation

Le centre de conduite modulaire de Brauweiler, près de Cologne, est le plus grand centre de conduite d'Europe.



zer Netzes profitieren, sagt der Fachmann – etwa durch Transitflüsse zwischen Deutschland und Italien oder Stromexporte nach Frankreich.

Doch auch wenn die Vorteile deutlich überwiegen, ist das Schweizer Netz von der Stabilität der umliegenden Systeme abhängig: «Kommt es an einer Stelle zu Stromausfällen, kann ein Dominoeffekt eintreten, der grosse Teile des gesamten Stromnetzes in Mitleidenschaft zieht», sagt Witthaut. 2006 ereignete sich zum Beispiel in Europa einer der grössten Stromausfälle der Geschichte, bei dem Teile Deutschlands, Belgiens, Frankreichs, Österreichs und Spaniens bis zu zwei Stunden ohne Strom waren. Ausgangspunkt war eine schlecht vorbereitete Abschaltung einer grossen Stromtrasse in Norddeutschland. Mangelnde Kommunikation führte dazu, dass die anderen Netzanbieter ihre Stromerzeugungs- und Netzkapazitäten nicht an die veränderten Bedingungen angepasst hatten. Immer mehr Stromleitungen und Netze wurden wegen Überlastung notabgeschaltet – eine automatisch ablaufende Kettenreaktion, mit der die computergesteuerten Regelsysteme die Netze wieder ins Gleichgewicht bringen wollten.

«Damit das Netz stabil ist, muss die erzeugte Strommenge immer die Nachfrage decken», erklärt Witthaut. Nur so wird garantiert, dass alle Generatoren synchron mit

par d'autres parties du réseau. En d'autres termes, le courant emprunte simplement une voie moins engorgée à ce moment-là. En outre, les fluctuations de la production et de la demande peuvent être bien plus facilement compensées dans les grands réseaux, car les États se fournissent mutuellement en électricité. «La Suisse est par exemple dépendante des importations pour combler le déficit hivernal», explique Alexander Fuchs. Sans le couplage au réseau électrique européen, assurer l'approvisionnement ne serait donc guère possible. Selon le spécialiste, les pays voisins profitent également de l'intégration de réseau suisse, par exemple par le biais des flux de transit entre l'Allemagne et l'Italie, ou des exportations d'électricité vers la France.

Mais même si les avantages l'emportent nettement sur les inconvénients, le réseau suisse dépend de la stabilité des systèmes environnants: «Si des pannes de courant surviennent à un endroit, cela peut générer un effet domino qui affecte de grandes parties de l'ensemble du réseau électrique», explique Dirk Witthaut. En 2006, par exemple, l'une des plus grandes pannes de courant de tous les temps s'est produite en Europe, privant d'électricité une partie de l'Allemagne, de la Belgique, de la France, de l'Autriche et de l'Espagne pendant près de deux heures. Tout est parti d'une coupure d'une grande ligne électrique

einer gemeinsamen Spannungsfrequenz laufen; die Frequenz ist daher ein Indikator für das Gleichgewicht des Stroms im Netz: Sie sinkt bei Knappheit und steigt bei einem Überangebot. Dieser Parameter ist damit die wichtigste Beobachtungsgrösse, um ein Stromnetz zu steuern und zu stabilisieren. «Üblicherweise wird die Erzeugung auf Grundlage von Vorhersagen zum Verbrauch an den Strommärkten koordiniert und die Mengen entsprechend zur Verfügung gestellt», erklärt Witthaut. Die Netzbetreiber nutzen dazu Simulationen, die den Bedarf bereits einige Tage im Voraus prognostizieren. Entsprechend passen sie dann die Stromerzeugung an – etwa indem sie Kraftwerke herauf- beziehungsweise herunterfahren. Dafür brauchen sie aber immer etwas Vorlaufzeit.

Wegen etwaiger Strommangellagen im Zuge der Gasknappheit macht sich Witthaut aber keine Sorgen: «Ein Blick in die Geschichte der grösseren Stromausfälle zeigt, dass die Gründe für einen Blackout nie ein absehbarer Mangel an Strom waren.» Allerdings sei die Wahrschein-

mal präparée dans le nord de l'Allemagne. En raison d'un manque de communication, les autres gestionnaires de réseaux n'avaient pas pu adapter leurs capacités de production d'électricité et de réseau au changement des conditions. De plus en plus de lignes électriques et de réseaux ont été mis hors service d'urgence en raison d'une surcharge – une réaction en chaîne automatique par laquelle les systèmes de régulation pilotés par ordinateur voulaient rééquilibrer les réseaux.

« Pour que le réseau soit stable, la quantité d'électricité produite doit toujours couvrir la demande », explique Dirk Witthaut. C'est la seule façon de garantir que tous les générateurs fonctionnent de manière synchrone à une fréquence de tension commune. La fréquence est en effet un indicateur de l'équilibre de l'électricité dans le réseau: elle diminue en cas de manque d'électricité et augmente en cas de surproduction. Ce paramètre est donc la variable la plus importante à observer pour contrôler et stabiliser un réseau électrique. « Habituelle-

Versorgungssicherheit

Mit einem optischen Gerät kontrolliert ein Techniker notwendige Abstände in einem Umspannwerk.

Sécurité d'approvisionnement

Un technicien contrôle les écarts nécessaires dans une sous-station à l'aide d'un instrument de mesure optique.



Bild | Figure: 50 Hertz

lichkeit für kontrollierte und lokal beschränkte Stromabschaltungen durch die Netzbetreiber durchaus höher als noch in den letzten Jahren. Diesen Winter habe aber das bislang milde Wetter dafür gesorgt, dass solche Notfallmassnahmen nicht eingesetzt werden mussten.

Von kontrollierten Abschaltungen wären aber ohnehin zunächst nur bestimmte Industriezweige betroffen, die dafür dann finanziell entschädigt werden. Kritische Infrastrukturen wie Gesundheitsversorgung, Verkehr und Nahrungsmittelketten würden als Allerletztes vom Netz genommen werden. Gleiches gilt für Privathaushalte. Da in Frankreich immer mal wieder ein Strommangel herrscht, ist die Industrie dort routinemässig öfter von solchen kontrollierten Abschaltungen betroffen. «Auch in der Schweiz werden drohende Engpässe ernst genommen und mit einer Vielzahl an potenziellen Massnahmen adressiert», sagt Fuchs. Dazu gehören laut dem Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (Uvek) etwa die Schaffung von Reserven, der Ausbau der erneuerbaren Energien oder Stromsparmassnahmen. Eine kontrollierte Netzabschaltung für einige Stunden ist in den Plänen der Uvek nur das allerletzte Mittel [5].

Was die Netzsicherheit gefährden könnte

Macht nun die Integration des ukrainischen Stromnetzes, das auch das moldauische umfasst, das europäische System anfälliger? In einer Publikation im Fachmagazin «Energy Advances» [6] skizzieren Witthaut und seine Kollegen, wie sich diese Massnahme laut ihren Analysen auf die Stabilität des kontinentaleuropäischen Netzverbunds ausgewirkt hat. Zwar stellten die Wissenschaftler fest, dass die Zusammenführung etwa zu veränderten Stromflüssen und einer Zunahme der Stromschwankungen geführt hat. Gleichwohl seien diese Veränderungen so gering, dass das erweiterte System als genauso stabil angesehen werden könne wie vor der Kopplung, schreiben sie.

Anders könnte das aber laut Witthaut aussehen, wenn grosse Teile der Stromerzeugung in der Ukraine durch einen Cyberangriff seitens Russland lahmgelegt werden würden. «Importieren wir gleichzeitig grosse Mengen an Strom von dort, könnte das bei uns einen Blackout auslösen.» Doch bislang ist das ukrainische Netz nur durch wenige Leitungen an das europäische angekoppelt und der gegenseitige Stromaustausch fällt noch gering aus. Im Notfall würde daher das ukrainische Netz einfach wieder komplett abgetrennt werden – und die Stabilität des ursprünglichen kontinentaleuropäischen Netzes wäre voraussichtlich schnell wieder hergestellt.

Witthaut sieht hingegen ein anderes Problem für die Zuverlässigkeit und Stabilität der Stromnetze: Gesetze, Regulationen und Märkte. Auf dem europäischen Strommarkt wird die Energie in Zeitblöcken gehandelt – typischerweise in 1-Stunden sowie 15-Minuten-Blöcken. In diesem Zeitraum muss der Versorger eine bestimmte Menge an Strom liefern. Um die vereinbarte Menge zu erreichen, wird also die Leistung zu Beginn eines Blocks hochgefahren, am Ende wieder schlagartig heruntergefahren,

ment, la production est coordonnée sur la base de prévisions de consommation sur les marchés de l'électricité, et les quantités de production sont mises à disposition en conséquence», explique Dirk Witthaut. Les gestionnaires de réseaux utilisent pour ce faire des simulations qui prévoient la demande quelques jours à l'avance. Ils adaptent ensuite la production d'électricité en conséquence, par exemple en augmentant ou en diminuant la production des centrales. Mais pour cela, ils ont toujours besoin d'un peu de temps.

Dirk Witthaut ne s'inquiète toutefois pas d'éventuelles pénuries d'électricité dues au manque de gaz: «Il suffit d'un coup d'œil sur l'histoire des grandes pannes de courant pour constater que ce n'est jamais un manque prévisible d'électricité qui a été à l'origine d'un black-out.» Toutefois, la probabilité de coupures de courant contrôlées et limitées localement par les exploitants de réseaux est bien plus élevée que ces dernières années. Cet hiver, le temps doux qui a prévalu jusqu'à présent a cependant permis d'éviter de telles mesures d'urgence.

Les coupures contrôlées ne concerneraient de toute façon dans un premier temps que certains secteurs industriels, qui seraient alors dédommagés financièrement. Les infrastructures critiques telles que les services de soin, les transports et les chaînes d'approvisionnement alimentaire seraient coupées du réseau en tout dernier lieu. Il en va de même pour les ménages. Comme la France est de temps à autre touchée par des pénuries d'électricité, l'industrie y est plus souvent confrontée à de telles coupures contrôlées. «En Suisse aussi, les menaces de pénurie sont prises au sérieux et font l'objet d'une multitude de mesures potentielles», explique Alexander Fuchs. Selon le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (Detec), ces mesures comprennent, par exemple, la création de réserves, le développement des énergies renouvelables ou des mesures d'économies d'électricité. Dans les plans du Detec, une coupure contrôlée du réseau pendant quelques heures n'entre en ligne de compte qu'en tout dernier recours [5].

Ce qui pourrait menacer la sécurité du réseau

L'intégration du réseau électrique ukrainien, qui comprend également le réseau moldave, rend-elle dès lors le système européen plus vulnérable? Dans une publication parue dans la revue spécialisée «Energy Advances» [6], Dirk Witthaut et ses collègues expliquent quelle est, selon leurs analyses, l'influence de cette intégration sur la stabilité du réseau interconnecté d'Europe continentale. Les scientifiques ont certes constaté que le regroupement a entraîné des modifications des flux d'électricité et une augmentation des fluctuations de courant. Néanmoins, ces changements sont si minimes que le système élargi peut être considéré comme aussi stable qu'avant le couplage, écrivent-ils.

Selon Dirk Witthaut, il pourrait en être autrement si une grande partie de la production d'électricité en Ukraine était paralysée par une cyberattaque russe. «Si cela devait

ren. «Wir sehen in den Frequenzdaten deutlich die Fingerabdrücke von solchen gesetzlichen Regelungen zum Stromhandel», sagt Witthaut.

Die sprunghaften Rampen im Erzeugernetz passen aber nicht zum Verbrauch der rund 300 Millionen Menschen im europäischen Stromnetz. Dieser ändert sich nämlich nur sehr langsam, weshalb es immer wieder zu einem Ungleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch kommt, das sich negativ auf die Frequenzstabilität auswirkt. Für Witthaut ist das «die treibende Kraft hinter Frequenzstabilitätsproblemen».

Abgesehen davon hält aber auch die Energiewende genügend Herausforderungen für die Stromnetze bereit. «In Deutschland brauchen wir dringend mehr Übertragungskapazitäten, um den Windstrom aus dem Norden zu den industriellen Verbrauchern im Süden zu bringen», sagt Witthaut. Auch Fuchs wirbt für einen Ausbau des Schweizer Netzes. Zudem brauche es flexiblere Produktionsanlagen sowie bessere Regel- und Steuerungstechniken, die den Verbrauch besser mit der Erzeugung abstimmen. Insgesamt sei aber das europäische Stromnetz vergleichsweise gut für die Herausforderungen der Zukunft gewappnet, so die Experten. Ein wochenlanger Blackout ist also weiterhin nur eine Fiktion.

Referenzen | Références

- [1] destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/03/PD22_116_43312.html
- [2] theguardian.com/business/2022/aug/03/edf-to-reduce-nuclear-power-output-as-french-river-temperatures-rise
- [3] admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-84908.html
- [4] energie-experten.ch/de/wissen/detail/stromversorgungssicherheit-in-der-schweiz-ein-ueberblick.html
- [5] www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/energie/energieversorgungssicherheit-ukraine-krieg.html
- [6] pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2023/YA/D2YA00150K



Autor | Auteur

Dr. **Janosch Deeg** ist Physiker und freier Wissenschaftsjournalist.
D' **Janosch Deeg** est physicien et journaliste scientifique indépendant.
→ deschawi.de, DE-69221 Dossenheim
→ deeg@deschawi.de

arriver à un moment où nous importons de grandes quantités d'électricité de cette région, cela pourrait déclencher un black-out chez nous. » Mais jusqu'à présent, le réseau ukrainien n'est relié au réseau européen que par quelques lignes, et l'échange mutuel d'électricité est encore restreint. En cas d'urgence, le réseau ukrainien serait donc tout simplement à nouveau complètement déconnecté du réseau européen – et la stabilité du réseau continental initial serait probablement rapidement rétablie.

Dirk Witthaut voit en revanche un autre problème pour la fiabilité et la stabilité des réseaux électriques: les lois, les réglementations et les marchés. Sur le marché européen de l'électricité, l'énergie est négociée par blocs de temps – typiquement par blocs d'une heure et de 15 minutes. Durant ce laps de temps, le fournisseur doit fournir une certaine quantité d'électricité. Pour atteindre la quantité convenue, la puissance est augmentée au début d'un bloc, puis diminuée brusquement à la fin. «Nous voyons clairement dans les données de fréquence les empreintes de telles dispositions légales sur le commerce de l'électricité », explique-t-il.

Les rampes brusques dans le réseau de production ne coïncident toutefois pas avec la consommation des quelque 300 millions de personnes reliées au réseau électrique européen. Celle-ci ne change en effet que très lentement, d'où un déséquilibre récurrent entre la production et la consommation, qui a des répercussions négatives sur la stabilité de la fréquence. Pour Dirk Witthaut, il s'agit là de «la force motrice des problèmes de stabilité de la fréquence ».

En dehors de cela, le tournant énergétique réserve également bien assez de défis pour les réseaux électriques. «En Allemagne, nous avons besoin de toute urgence de plus de capacités de transport pour acheminer l'électricité éolienne du nord vers les consommateurs industriels du sud du pays », déclare Dirk Witthaut. Alexander Fuchs recommande également une extension du réseau suisse. De plus, il faut des installations de production plus flexibles ainsi que de meilleures techniques de régulation et de contrôle qui permettent de mieux coordonner consommation et production. Dans l'ensemble, les experts estiment que le réseau électrique européen est relativement bien armé pour répondre aux défis du futur. Un black-out de plusieurs semaines relève donc toujours du domaine de la fiction.