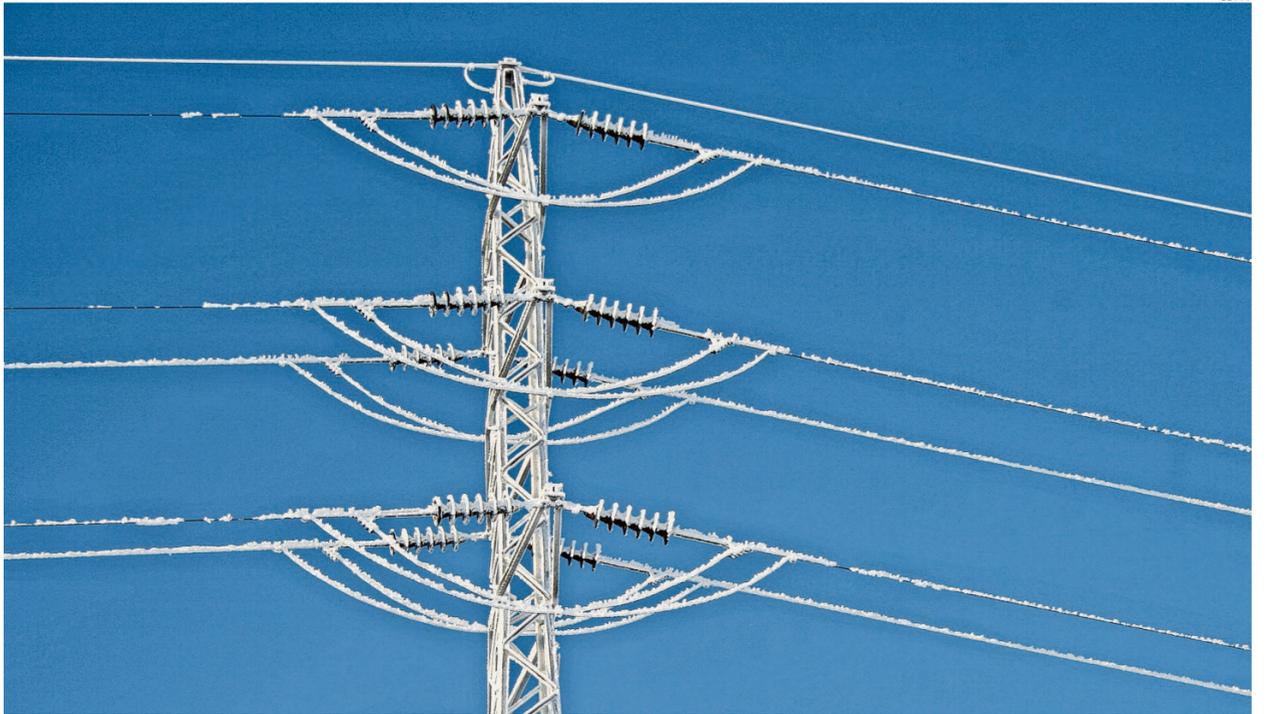


# So holt man alles aus dem Netz

Der Ausbau der elektrischen Netze kommt kaum voran. Umso wichtiger ist es, die bestehenden Netze flexibler zu nutzen.

Von **Andreas Hirstein**



Im Winter Eis, im Sommer Hitze: Beides kann die Leistung von Freileitungen beeinträchtigen.

Der Ausstieg aus der fossilen und nuklearen Stromerzeugung bringt die europäischen Stromnetze an ihre Grenzen. Zukünftig müssen sie mit volatil produzierenden Solar- und Windkraftwerken klarkommen, die häufig fernab der grossen Verbrauchszentren stehen. Dort stehen aber nur geringe Übertragungskapazitäten zur Verfügung.

Die Netze müssen demnach einem Betrieb standhalten, für den sie nie geplant wurden. Der Ausbau der Infrastruktur ist deshalb nötig, er nimmt aber Jahrzehnte in Anspruch und scheidet bisweilen an Einsparungen. Teuer ist er ausserdem.

Schneller als ein Neubau wäre es, die bestehende Netzinfrastruktur besser zu nutzen. «Wir müssen die Reserven des heutigen Netzes ausnutzen», sagt Bernd Stube vom Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) in Berlin. Das Werkzeug, das dabei helfen soll, nennen Fachleute Leiterseilüberwachung. «Es geht darum, in Echtzeit den Zustand der Freileitungen zu überwachen und aus den Messdaten die momentan mögliche Übertragungsleistung abzuleiten, statt von statischen Maximalwerten auszugehen.»

In der Schweiz kooperiert das Fraunhofer-Institut mit der Netzgesellschaft Swissgrid, die das hiesige Übertragungsnetz betreibt.

Um eine Überlastung der Stromleitungen zu verhindern, orientiere sich der heutige Regelbetrieb an der Jahreszeit, sagt Michael Obrist von Swissgrid. Im Sommer wird die Stromstärke so limitiert, dass die Leitungen auch bei Aussentemperaturen von 40 Grad

## Das Schweizer Stromnetz

6

Das Stromnetz in der Schweiz ist 250 000 Kilometer lang. Das würde genügen, um die Erde sechsmal zu umrunden.

380 kV

Die höchste Spannung im Netz beträgt 380 000 Volt.

Celsius nicht zu heiss werden. Durch die thermische Ausdehnung würden die Leitungen sonst dem Erdboden zu nahe kommen. Im Frühling und Herbst gelten Temperaturen von 20 Grad als zu erwartende Höchsttemperatur und im Winter 10 Grad.

Wegen ihrer vielfältigen Topografie ist die Schweiz ausserdem in sieben Klimazonen unterteilt, in denen die Netzsteuerung den regionalen Gegebenheiten Rechnung trägt.

Für jede der Klimazonen und je nach Jahreszeit gelten also spezifische Vorgaben für die Betriebsführung. «Die Planung beginnt jeweils ein Jahr vorab und wird dann schrittweise präzisiert», sagt Michael Obrist. Falls die Simulationen eine Überlast anzeigen, kann Swissgrid einzelne Kraftwerke anweisen, die Produktion zu senken oder zu steigern. Das soll garantieren, dass sämtliche Leitungen nur gemäss ihrer erlaubten Stromstärke belastet werden.

## Einfluss der Witterung

Stromstärke und Spannung werden heute schon in Echtzeit gemessen und für die Betriebsführung genutzt. Der Einfluss der Witterung jedoch bleibt bisher unberücksichtigt. Dabei haben auch die Aussentemperaturen oder Vereisungen einen grossen Einfluss auf den Durchhang der Leiterseile. Tiefere Temperaturen und vor allem Wind haben einen kühlenden Effekt und erlauben daher die Steigerung der Stromdurchleitung über die statischen Grenzwerte hinaus.

Erprobt hat Swissgrid einen solchen Echtzeitbetrieb mit Leiterseilüberwachung in zwei Pilotprojekten in einem Tal zwischen



Rugbyball-förmiges Messgerät.

Innertkirchen und Handeck. Die Leitungen sind 12 Kilometer lang und überwinden eine Höhendifferenz von rund 700 Metern. Stellenweise halten sie den minimalen Bodenabstand nur knapp ein - in Hitzesommern und bei hoher Stromlast kann es brenzlich werden.

Die auf den Leitungen montierten Sensoren messen unter anderem die Stromstärke, die für die Erwärmung des Leiters verantwortlich ist. Ausserdem bestimmen sie die Temperatur des Leiters an der Oberfläche sowie - als wichtigsten Messwert überhaupt - den Neigungswinkel des Leiterseils in der Nähe eines Strommasts. Aus diesem Wert lässt sich berechnen, wie sehr die Leitung insgesamt durchhängt.

Das vom Fraunhofer-Institut entwickelte Messsystem «Astrose» befindet sich in einem Rugbyball-förmigen Gehäuse, das den Leiter umschliesst. «Die für den Betrieb notwendige Energie bezieht die Elektronik aus den

elektrischen und magnetischen Feldern, die sich um den Hochspannungsleiter bilden. Die Sensoren benötigen also keine eigene Stromversorgung», erklärt Carsten Brockmann vom Fraunhofer-Institut.

## Ein hundertstel Grad

Die Neigung messe das Gerät mithilfe eines Mikrochips, wie er sich in ähnlicher Form in Smartphones befindet, sagt Brockmann. «Damit sind wir in der Lage, die Neigung des Seils auf ein hundertstel Grad genau zu messen.» Das reiche aus, um Temperaturveränderungen von nur einem Grad Celsius anhand des Neigungswinkels zu bestimmen.

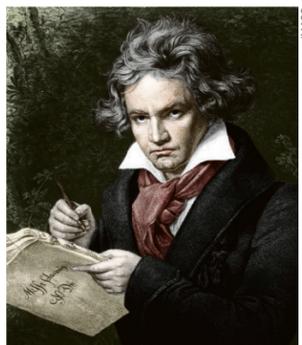
Und warum wird die Temperatur nicht einfach direkt an einer Stelle am Leiterseil gemessen? «Das würde nur einen lokalen Wert ergeben, der für ein mehrere hundert Meter langes Seil nicht repräsentativ wäre», sagt Brockmann. Durch die Messung der Seilneigung ergebe sich dagegen ein über die gesamte Seillänge gemittelter Wert. Gerade in Bergtälern, wo die Stärke und die Richtung des kühlenden Winds stark veränderlich sein können, sei dies wichtig, sagt auch Michael Obrist von Swissgrid.

Die Erprobung zwischen Innertkirchen und Handeck habe gezeigt, dass der Echtzeitbetrieb im Juli 2021 eine erhebliche Kapazitätssteigerung der Stromleitung ermöglicht hätte. Wie gross der potenzielle Gewinn im Jahresmittel für das gesamte schweizerische oder europäische Stromnetz sei, lasse sich allerdings nicht generell feststellen. Dazu sind die lokalen Bedingungen zu unterschiedlich.

## Neues aus der Wissenschaft

### Was Beethovens DNA über ihn verrät

Mehrere Haarlocken von Ludwig van Beethoven haben die Zeit überdauert. Forscher haben sie nun untersucht und sind zu dem Schluss gekommen, dass fünf davon echt sind («Current Biology»). Die Wissenschaftler konnten anhand von DNA-Analysen keine Ursache für Beethovens bekannte Taubheit oder seine Magen-Darm-Probleme finden. Allerdings entdeckten sie genetische Risikofaktoren für Lebererkrankungen und den Hinweis auf eine Hepatitis-B-Infektion.



Gemeinsam mit dem Alkoholkonsum könnten diese Faktoren die schwere Lebererkrankung erklären, die zum Tod des Musikers geführt hat. Weiter stellten die Forscher fest, dass Beethovens Y-Chromosom nicht mit dem anderer Verwandter übereinstimmt: In einer der vorangehenden Generationen müsse es demnach zu einem ausserehelichen Ereignis gekommen sein, schreiben sie. Und: Jene Haarlocke, die zur Annahme führte, Beethoven könnte an einer Bleivergiftung gestorben sein, stammte gar nicht von ihm - sondern von einer Frau. (mna.)

### Besucher aus dem Weltall

Oumuamua ist das erste bekannte interstellare Objekt, das bei seinem Besuch in unserem Sonnensystem entdeckt wurde. Seine Beobachtung gelang im Oktober 2017 mit einem Teleskop auf Hawaii, was auch den seltsamen, aus einer indigenen Sprache entlehnten Namen erklärt, der im Deutschen «Anführer» oder «Späher» bedeutet. Mysteriös war das



Objekt bisher aus noch einem anderen Grund: Seine Flugbahn folgte nicht allein der Schwerkraft, also vor allem der Gravitation der Sonne. Vielmehr beobachtete man die Wirkung einer weiteren Kraft. Deren Ursprung ist nun klar. Offenbar handle es sich um die Rückstosskraft von Wasserstoffmolekülen, die in der Nähe der Sonne von Oumuamua abdampften und so seine Flugbahn beeinflussten, schreiben die Forscher Jennifer Bergner und Darryl Seligman in der Zeitschrift «Nature». Oumuamua ist zigarrenförmig und hat einen Durchmesser von etwa 200 Metern. Beim Vorbeiflug an der Erde betrug sein Abstand 24 Millionen Kilometer, ein Sechstel der Entfernung zwischen Erde und Sonne. (hir.)

### Grösste Untersuchung zu Long Covid

Die Corona-Impfung halbiert das Risiko, an Long Covid zu erkranken. Das zeigt die bisher grösste Übersichtsarbeit zu Long Covid, für die Wissenschaftler die Daten von 41 Studien mit mehr als 860 000 Patienten kombiniert haben («Jama Internal Medicine»). Gemäss den Analysen haben zudem übergewichtige Menschen, Frauen, Raucher und über 40-Jährige ein höheres Risiko, an Long Covid zu erkranken. Auch Asthma, chronisch-obstruktive Lungenerkrankung, Typ-2-Diabetes, koronare Herzkrankheit, Immunsuppression, Angst und Depression erhöhen das Risiko dafür. (mna.)

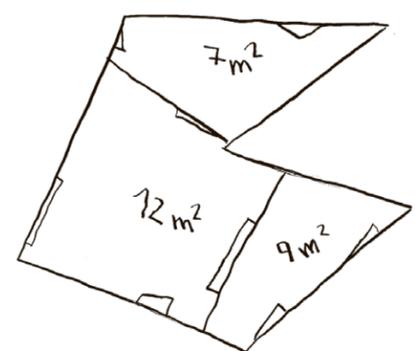
### Treibhausgase besser aus der Luft filtern

Die CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus der Luft gilt als wichtige Methode, um die Klimaziele des Pariser Abkommens zu erreichen. Pilotanlagen werden unter anderem von der Schweizer Firma Climeworks betrieben. Jetzt haben amerikanische Forscher ein

Material untersucht, das zweibis dreimal mehr des Treibhausgases aufnehmen kann als in heutigen Anlagen üblich («Science Advances»). Sie nutzen dabei Kügelchen aus Polyaminharz, die sie mit einer Kupferchlorid-Lösung behandelten. Die veränderten Kügelchen binden

vergleichsweise grosse Mengen CO<sub>2</sub>. So könnte die Abscheidung von CO<sub>2</sub> verbessert werden, sagen die Autoren. Wenn sie die Kügelchen zusätzlich mit Meerwasser in Verbindung brachten, bildete sich zudem Natriumhydrogencarbonat, eher bekannt als Backpulver. (hir.)

### Schluss-Strich von Nicolas Mahler



Zimmer, Küche, Kabinett des Dr. Caligari