

Woher kommt der Strom?





«Die Voraussetzung für ein sicheres und leistungsfähiges Übertragungsnetz ist die Instandhaltung der Infrastruktur.»

Hans-Christian Widmer Grid Maintenance Manager



«Die Umweltverträglichkeit der Infrastruktur wird auch nach der Inbetriebnahme überwacht. Bei umweltbezogenen Ersatzmassnahmen setzt Swissgrid auf eine nachhaltige Wirkung.»

Barbara Krummenacher Grid Project Engineer



«Der laufende Betrieb des Übertragungsnetzes erfordert Tag und Nacht Aufmerksamkeit. Prognosen für die Netzauslastung erstellen wir bereits 12 Monate im Voraus.»

Gudrun Hoeskuldsdottir Specialist Operational Planning



«Risiken gibt es immer. Mit den geeigneten Massnahmen und Prozessen wird das Übertragungsnetz widerstandsfähiger gegen negative Ereignisse gemacht.»

Hans Ulrich Künzler Head Enterprise Risk Management

Strom ist allgegenwärtig. Er ist fester Bestandteil des Alltags und unerlässlich für das moderne Leben. Bis elektrische Energie wie selbstverständlich aus der Steckdose fliesst, hat sie bereits einen langen Weg hinter sich. Das Swissgrid Magazin nimmt Sie mit und zeigt Ihnen, welche Rolle Swissgrid als Betreiberin des Übertragungsnetzes auf diesem Weg spielt.

Damit Strom jederzeit zur Verfügung steht, sind die Swissgrid Mitarbeitenden rund um die Uhr im Einsatz. Sie überwachen die Stromflüsse und sorgen dafür, dass die Infrastruktur einwandfrei funktioniert. Um die Versorgung langfristig zu gewährleisten, plant Swissgrid bereits heute das Netz der Zukunft und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Energiewende.

Erfahren Sie im Magazin mehr über den Weg des Stroms heute und morgen.

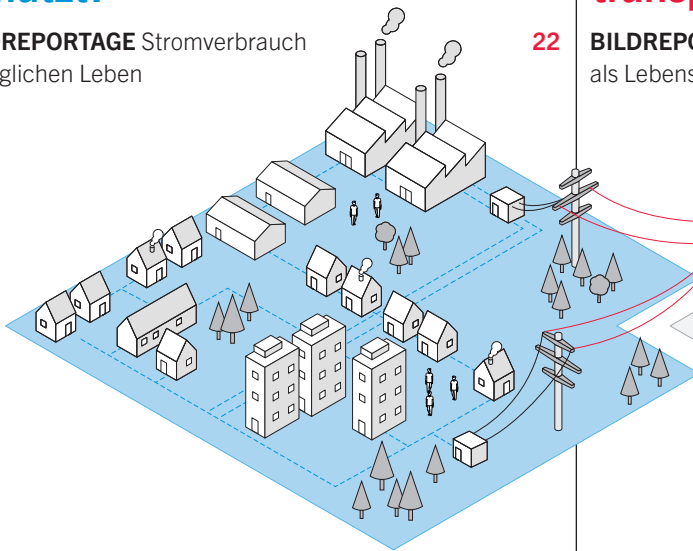
Viel Spass bei der Lektüre.

Der Weg des Stroms

In drei Kapiteln beleuchten wir den Weg des Stroms mit Hintergrundwissen, Gesprächen mit Expertinnen und Experten sowie mit Porträts der Menschen hinter dem Übertragungsnetz.

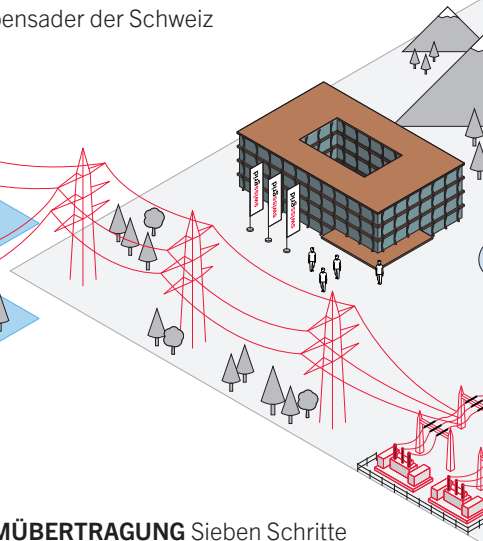
6 1 – Wie wird Strom genutzt?

8 **BILDREPORTAGE** Stromverbrauch im täglichen Leben



20 2 – Wie wird Strom transportiert?

22 **BILDREPORTAGE** Das Übertragungsnetz als Lebensader der Schweiz



12 **DIALOG** Verhalten verändern – ein Gespräch mit Dr. Sebastian Berger



16 **1x1 DES STROMS** Wissenswertes zur elektrischen Energie und zum Stromverbrauch

26 **STROMÜBERTRAGUNG** Sieben Schritte bis zum Ziel

28 **ÜBERTRAGUNGSNETZ** Diese Hardware braucht das Netz

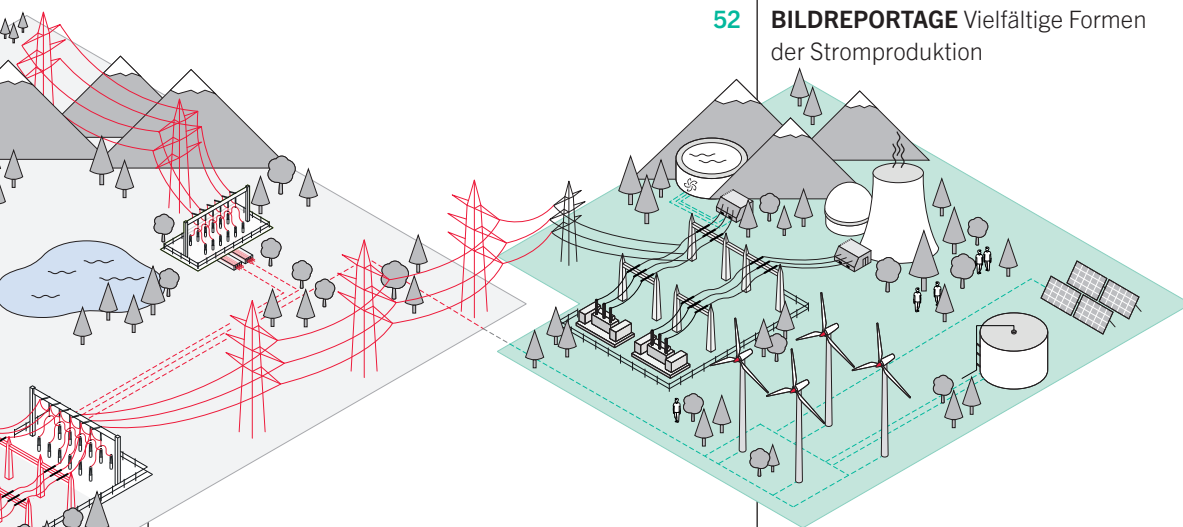
30 **NETZLEITSTELLE** Hier laufen die Fäden zusammen

33 **BEDROHUNG** Blackout versus Mangellage

34 **PORTRÄTS MITARBEITENDE** Im Einsatz für das Netz

36 **NETZPROJEKTE** Wasserkraft nutzbar machen

38 **UMWELTEINFLÜSSE** Strom ist nicht unsichtbar



50 **3 – Wie wird Strom produziert?**

52 **BILDREPORTAGE** Vielfältige Formen der Stromproduktion

40 **NACHHALTIGKEIT** Wildbienen unter Strom

42 **STROMMARKT** Manchmal zählen Sekunden



44 **DIALOG** Energiesystem im Wandel – ein Gespräch mit Adrian Bult

47 **DIALOG** Energiezukunft mitgestalten

49 **INNOVATION** Dezentrale Energieproduktion bewältigen



56 **DIALOG** Elektrifizierte Gebäude – ein Gespräch mit Dr. Kristina Orehounig

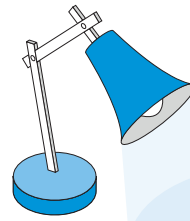
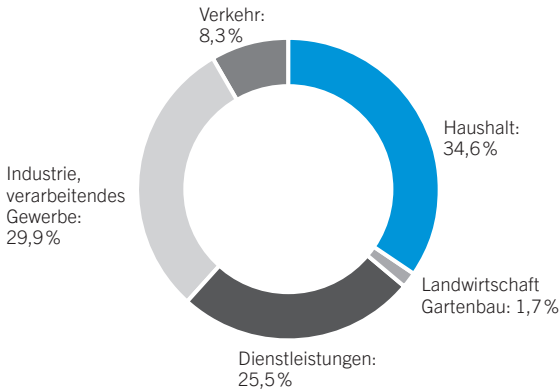
59 **1×1 DES STROMS** Stromproduktion heute und morgen

Das Zeitalter des elek- trischen Stroms

Er ist nicht sichtbar und in der Gesellschaft trotzdem ständig präsent: der Strom. Der Verbrauch von elektrischer Energie nimmt seit Jahren kontinuierlich zu und wird im Zuge der Massnahmen gegen den Klimawandel weiter ansteigen. Effizienzsteigerungen sowie neue Technologien für Haushalte, Verkehr und Industrie sind nötig, um dem wachsenden Bedarf zu begegnen.

Mit 34,6%

hatten die **Haushalte** 2021 den grössten Anteil am Schweizer Stromverbrauch.



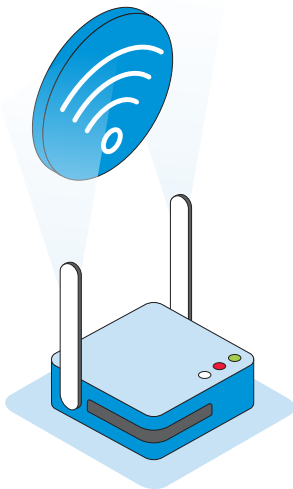
~40%

mehr Strom als im Sommer wird in den kalten Wintermonaten benötigt. Da die Tage kürzer sind, wird mehr Zeit bei künstlichem Licht verbracht. Haushaltsgeräte und Unterhaltungselektronik werden öfter benutzt, und auch die Heizungen tragen zum erhöhten Stromverbrauch bei.



Knapp CHF 900

gibt ein Haushalt in einer 5-Zimmerwohnung mit Elektroherd und Tumbler (ohne Elektroboiler) im Jahr 2023 für Strom aus.



Das Streamen eines Netflix-Films

verbraucht gleich viel Strom wie ein Backofen während 20 Minuten. Die Nutzung von WLAN oder mobilen Daten sowie von Glasfaser- oder Kupferkabeln beeinflusst den Verbrauch: Eine Datenverbindung übers WLAN ins Glasfasernetz schneidet am besten ab. Ebenso ist der Energiebedarf bei einem Fernseher grösser als bei einem Notebook oder bei einem Smartphone.

20 – 40%

beträgt das **Energiesparpotenzial** in Unternehmen je nach Branche. Mit dem konsequenten Wechsel auf LED-Lichtquellen und auf energieeffiziente Geräte sowie mit der energetischen Optimierung von Serverräumen kann der Stromverbrauch bereits deutlich reduziert werden.



Spannung und Energie. Für das Vergnügen der einen, braucht es das Powerplay der anderen.



Treuer Begleiter. Ohne die permanente Verfügbarkeit von Strom ist der Alltag nicht vorstellbar.

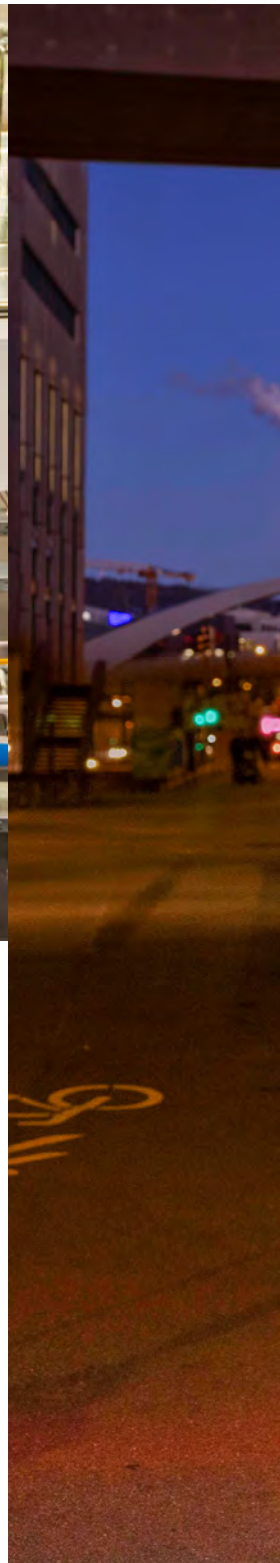


Wohlfühlfaktor inbegriffen. Oft ist es das kleine Etwas, das die Stimmung entscheidend beeinflusst.



Produktive Energie. Strom gewährleistet wirtschaftliches Wachstum.

Maximale Flexibilität. Die Verfügbarkeit von Strom bewegt die Wirtschaft, die Gesellschaft und jeden individuell.





Mobil durchs Leben. Dank Strom steht uns eine Vielzahl an Verkehrsmitteln zur Verfügung.



«Preissignale
sind das ver-
mutlich stärkste
Argument.»



3 Fragen an Dr. Sebastian Berger – das Kurzinterview:
youtube.com/swissgridag

Herr Berger, wer oder was ist der innere Schweinehund?

Der innere Schweinehund ist eine alltagssprachliche Metapher für die Willensschwäche. Ihm zugrunde liegt immer ein Konflikt zwischen kurzfristigen und langfristigen Zielen. Der innere Schweinehund versucht uns zu überzeugen, die kurzfristigen Ziele zu verfolgen und die langfristigen ausser Acht zu lassen. Er ist in vielen Lebensbereichen relevant, etwa bei Konsum- oder Sparentscheidungen oder bei der Frage, ob ich meine tägliche Joggingrunde absolviere oder stattdessen auf dem Sofa entspanne. Auch beim Klimaschutz geht es um einen solchen Zielkonflikt: Wie können wir die kurzfristigen ökonomischen und sozialen Entwicklungen vorantreiben und gleichzeitig innerhalb der Grenzen unseres Planeten leben mit einem stabilen Klima und einer integrierten Biosphäre?

Warum handeln wir – trotz besseren Wissens – nicht immer optimal?

Die Frage ist schwierig. Was genau bedeutet «optimal»? Optimalität setzt stabile Präferenzen voraus, aber diese können sich ändern. Nur weil wir als Kind Fleisch mochten, heisst das nicht, dass wir uns später nicht vegetarisch ernähren können. Sprechen wir über das Verhalten rund um den Klimawandel, können wir ganz klar sagen, dass die Menschheit nicht im Einklang mit dem Ziel lebt, die planetaren Grenzen zu schützen. Unser westlicher Lebensstil bedroht ein stabiles Klima und die Biodiversität. Warum wir so handeln? Darauf gibt es viele Antworten. Ein wichtiger Faktor liegt in den sogenannten Lock-in-Effekten. Diese erschweren – zum Beispiel aufgrund der Rahmenbedingungen, der gegebenen Infrastruktur oder der Anreize – eine Verhaltensänderung. Wer beispielsweise auf dem Land wohnt, ist häufig auf das Auto als Transportmittel angewiesen. Und solange Flugreisen günstiger sind als Zugfahren, verwundert es nicht, dass die Leute fliegen.

Wie entsteht Verhalten überhaupt?

Verhalten zu verstehen, ist ein komplexes Unterfangen. Es ist auf der einen Seite geprägt von einem individuellen «Innenleben» mit Präferenzen,

Strom scheint nicht länger wie selbstverständlich zur Verfügung zu stehen. Es braucht Verhaltensänderungen, um nachhaltiger mit dieser Ressource umzugehen.

Wünschen und Zielen. Auf der anderen Seite wirkt die externe Welt auf uns ein, etwa durch finanzielle Anreize, gesellschaftliche Normen und Regeln, aber auch durch die Entscheidungsarchitektur. Bei letzterem geht es um die bewusste Gestaltung und Darstellung von Wahlmöglichkeiten mit dem Ziel, eine gewünschte Entscheidung zu bewirken. Solche Architekturen finden sich überall: die Fliege im Pissoir, Standardeinstellungen bei Apps und Software oder die Tatsache, dass Bankomaten erst die Karte zurückgeben, bevor man das Geld bekommt.

Wissenschaftlich und praktisch ist es schwierig, Verhalten zu analysieren, weil sich «Innenleben» und externe Welt mitunter gegenseitig beeinflussen. Anreize und Normen können unsere Präferenzen beeinflussen. Und über politische Entscheidungen führen diese Präferenzen dann zu neuen Anreizen und Normen.

Wie schätzen Sie vor diesem Hintergrund die Kampagne des Bundesrats zum Stromsparen ein?

Der Grund für den Aufruf zum Stromsparen waren enorme Risiken in Bezug auf die Energiesicherheit in der Schweiz und in Europa. Informationskampagnen wie die zum Stromsparen des Bundesrats sind ein wichtiges Element, um Befürchtungen auf der Nachfrageseite zu beruhigen. Der Wert dieser Kampagne ist also sicherlich hoch, aber man muss sich bewusst sein, dass die Kampagne zuerst auf die Einstellung und die Motivation der Leute wirkt

und nicht unbedingt auf deren Verhalten. Niemand im Bundesrat würde jedoch annehmen, dass ein Appell zum Stromsparen die einzige Antwort auf eine solche Krise ist.

Wie kann man Menschen dazu motivieren, effizienter und sparsamer mit Strom umzugehen?

Strom war in der Vergangenheit schlicht zu günstig, als dass die Leute sich vertieft damit beschäftigen mussten, wie sie diesen einsparen können. Das Augenmerk lag eher auf technologischen Lösungen, wie beispielsweise auf energieeffizienten Haushaltsgeräten. Dies ändert sich nun. Dabei sind Preissignale das vermutlich stärkste Argument, um Leute zum Stromsparen zu motivieren. Der Zugang zu ausreichend Energie ist jedoch Teil der Daseinsfürsorge. Daher können teils sehr hohe Preise aus sozialen Gründen nicht einfach an die Endverbraucherinnen und Endverbraucher weitergegeben werden. Die Verhaltenswissenschaften versuchen, die Stromnachfrage auch ohne Preissignale zu senken. Momentan laufen viele Studien mit Energieversorgern. Zu den Massnahmen zählen, gemeinschaftliche Ziele auf Ebene der Gemeinde oder des



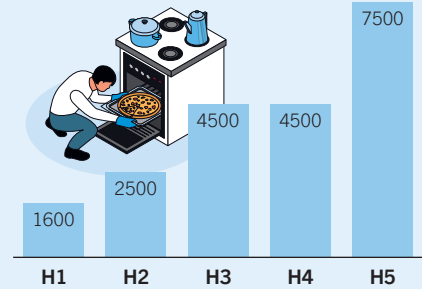
Zur Person
Dr. Sebastian Berger

Sebastian Berger war bis Januar 2023 Assistenzprofessor für Nachhaltige Entwicklung an der Universität Bern und arbeitet dort aktuell in familienbedingten Teilzeitpensum als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Seine Forschungsarbeit wird regelmäßig in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht und er ist Mitherausgeber des «Journal of Environmental Psychology» und schreibt für «Social Justice Research». Bevor er nach Bern kam, war Sebastian Berger Post-Doktorand an der Stanford University (USA), der Universität Lausanne (CH) und der Universität zu Köln (Deutschland).

Wieviel Strom verbraucht Ihr Haushalt?

Stromlieferanten haben keinen Einheitspreis, sondern machen ihre Tarife vom Zeitpunkt des Stromkonsums (Tag, Nacht, Wochentag, Saison) und der Menge des Stromkonsums (Verbrauchsprofil) abhängig.

5 Verbrauchsprofile typischer Haushalte (in kWh/Jahr)



- H1:** 2-Zimmerwohnung mit Elektroherd
- H2:** 4-Zimmerwohnung mit Elektroherd
- H3:** 4-Zimmerwohnung mit Elektroherd und Elektroboiler
- H4:** 5-Zimmerwohnung mit Elektroherd und Tumbler (ohne Elektroboiler)
- H5:** 5-Zimmer-Einfamilienhaus mit Elektroherd, Elektroboiler und Tumbler

Quartiers zu vereinbaren. Oder es werden soziale Normen kommuniziert. Viele Menschen können schlichtweg nicht einschätzen, wie viel Strom sie im Vergleich zu anderen verbrauchen.

Dafür müssten aber entsprechende Daten zur Verfügung stehen...

Genau, und das ist häufig ein Problem. Die Energieversorgung ist keine datenzentrierte Branche wie zum Beispiel der Onlinehandel. Viele Anbieter kennen nur eine Zählernummer und vielleicht noch die E-Mail-Adresse ihrer Kundinnen und Kunden. Damit man Verhaltensinterventionen gezielt durchführen kann, muss man die Konsumenten besser verstehen und ihren Verbrauch genauer kennen. Eine Möglichkeit sind Smart Meter, aber auch damit stellen sich Herausforderungen, zum Beispiel in Sachen Datenschutz. Dennoch bin ich überzeugt, dass datenbasierte Analysen künftig noch wichtiger werden, da die Energiesysteme dezentraler, digitaler, und variabler in Bezug auf die Bepreisung werden. Das ist ohne entsprechende Technologie unmöglich.

«Viele Menschen können schlichtweg nicht einschätzen, wie viel Strom sie im Vergleich zu anderen verbrauchen.»

Wie lassen sich freiwillige Verhaltensänderungen beim Stromsparen bewirken?

In der Verhaltensökonomie spricht man von Nudging, wenn man Menschen subtil in eine bestimmte Richtung bewegen möchte. Persönlich bevorzuge ich allerdings den Begriff der Verhaltensarchitektur. Bei der Verhaltensarchitektur geht es darum, unser Umfeld bewusst so zu gestalten, dass wir die gewünschten Ziele erreichen. Es verspricht eine Verhaltensänderung, ohne dafür an der Preisschraube zu drehen, also ohne finanzielle Anreize zu schaffen. Es geht um nicht-monetäre Anreize wie etwa den Vergleich mit anderen Personen beim Stromsparen.

Kürzlich analysierte der Weltklimarat, welchen Beitrag die Verhaltensarchitektur beim Klimaschutz und Stromsparen spielen kann. Es zeigte sich, dass Verhaltensinterventionen einen Beitrag leisten, sofern sie zusammen mit Preissignalen zum Einsatz kommen. Nudging funktioniert also, aber der Teufel steckt wie so oft im Detail. Daher rufen wir auch immer nach Plattformen, in denen Wissenschaftlerinnen mit gesellschaftlichen Akteuren gemeinsame Lösungen schaffen. Aus dem Elfenbeinturm heraus alleine kann man keine Lösungen schaffen. Dafür ist das Wissen, dass etwa Energieversorger haben, viel zu wertvoll und zu relevant.

Wären verbindliche Vorgaben zum Stromsparen zielführender?

Grundsätzlich gilt: Verbindlich ist besser als nicht-verbindlich und strikte Vorgaben sind besser als Appelle. Gleichzeitig ist die Entscheidungsfreiheit ein zentraler Wert in unserer Gesellschaft, den wir

verteidigen. Einzelnen Akteurinnen und Akteuren Vorgaben zu machen, wäre ebenfalls schwierig. Der Staat weiss nicht, wo Strom am effizientesten eingespart werden kann. Holprig würde es auch bei der Umsetzung. Um Tarifmodelle, wie zum Beispiel eine zeitabhängige Bepreisung, zu realisieren, bräuchte es eine flächendeckende Infrastruktur.

Eine alternative Lösung böte die aktivere Gestaltung der Energiemärkte. Es geht um die Frage, wie sich die ökonomische Freiheit wahren lässt und gleichzeitig Einsparziele realisiert werden können. Wenn wir die Märkte clever gestalten, mit Anreizen, aber auch mit verhaltenswissenschaftlichen Interventionen, glaube ich persönlich, dass wir ohne Zwang erfolgreich agieren können. Märkte funktionieren, wenn man sie richtig gestaltet.

Zurück zum inneren Schweinehund: Wie motivieren Sie sich, wenn er sich meldet?

Auf zweierlei Weise. Zum einen versuche ich, gar nicht erst in Versuchung zu geraten. Das gelingt mir etwa, indem ich Ungesundes im Supermarktregal einfach liegen lasse, damit ich es nicht zu Hause habe. Gleichzeitig mache ich gute Erfahrungen damit, wenn ich mir gute Gewohnheiten aufbaue. Denn wenn man etwas aus Routine macht, traut sich der innere Schweinehund gar nicht erst heraus. Zum anderen hilft mir meine Ehefrau, meine Ziele zu erreichen. Die Forschung zeigt, dass soziale Unterstützung uns bei der Zielerreichung immens hilft. Gegen zwei hat der innere Schweinehund weniger Chancen.

Die Welt unter Strom



Ohne Elektrizität geht heute kaum mehr etwas. Fast überall, wo man hinschaut, manifestiert sich elektrische Energie in einer ihrer vielfältigen Formen. Doch was bringt den Strom zum Fliesen, und welche technischen Voraussetzungen braucht es, um diesen effizient zu den Verbrauchern zu transportieren?

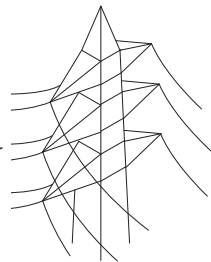
Ohne Spannung nichts los

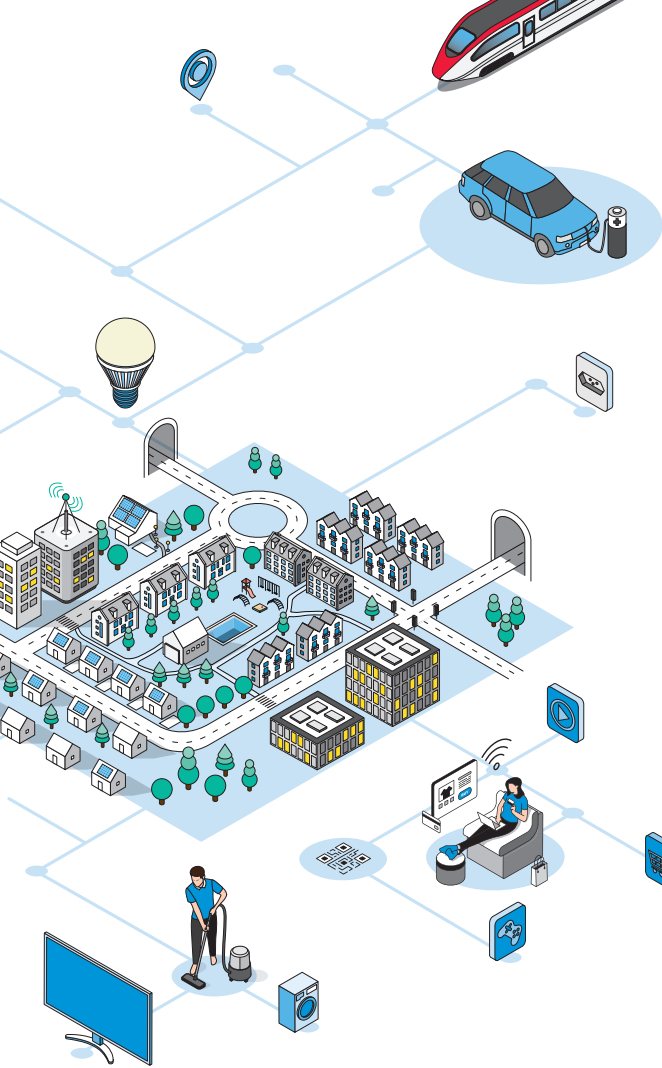
Damit Strom fliesst, braucht es Spannung. Vom Übertragungsnetz bis zum elektrischen Gerät zu Hause bringt sie die Elektronen in Bewegung und sorgt dafür, dass der Strom auch über grosse Distanzen transportiert werden kann.

Die Funktionsweise des elektrischen Stroms basiert auf der Eigenschaft der Elektronen – den negativ geladenen Teilchen eines Atoms –, immer zu einem neutralen Zustand zu streben. Entfernt man die Elektronen von einem Atom, zum Beispiel durch eine chemische Reaktion, bleibt ein positiv geladenes Teilchen übrig, das Kation. Doch weder das Elektron noch das Kation nehmen diese Trennung einfach so hin. Sie versuchen ständig, in den ursprünglichen und ausgeglichenen Zustand zurückzukehren. Es ist die Spannung zwischen diesen negativ und positiv geladenen Teilchen, dem Plus- und dem Minuspol, welche die Elektronen in Bewegung und somit den Strom zum Fliesen bringt.

Gut zu wissen

Je grösser der Querschnitt eines Leiters, desto geringer sind der Widerstand und damit der Verlust bei der Stromübertragung. Verringert man den Durchmesser eines Leiters, muss die Spannung erhöht werden, um ohne grosse Verluste die gleiche Strommenge transportieren zu können. Aus diesem Grund werden Höchstspannungsleitungen mit 220 000 bzw. 380 000 Volt betrieben.





Gleichstrom vs. Wechselstrom

Je nach Bewegungsrichtung der Elektronen kann elektrischer Strom die Form von Gleichstrom oder Wechselstrom annehmen. Bewegen sich die Elektronen gleichförmig in eine Richtung, spricht man von Gleichstrom. Batteriebetriebene Geräte wie zum Beispiel Taschenlampen basieren auf diesem Prinzip. Ändert sich die Bewegungsrichtung periodisch, handelt es sich um Wechselstrom. Wie oft er das macht, wird in Hertz angegeben. Im europäischen Stromnetz sind es beispielsweise 50 Hertz, das heisst, die Flussrichtung ändert sich 100 Mal pro Sekunde, 50 Mal in jede Richtung.

Vielseitige Wirkungen von Strom

Die wichtigsten elektrischen Masseinheiten

Die **Spannung** wird in **Volt (V)** gemessen und ist eine «Kraft», die dafür sorgt, dass Strom fließen kann. Dabei gilt: Je grösser der Unterschied zwischen Plus- und Minuspol, desto höher die Spannung.

Die **Stromstärke** wird in **Ampere (A)** gemessen und gibt an, wie viele Teilchen sich gleichzeitig durch einen Leiter bewegen. Dabei gilt: Je mehr Elektronen in einer Sekunde fließen, desto grösser die Stromstärke.

Der **elektrische Widerstand** wird in **Ohm (Ω)** gemessen. Der ohmsche Widerstand bestimmt, wie viel Spannung erforderlich ist, um eine bestimmte Menge an elektrischem Strom durch einen Leiter zu bewegen.

Die **Leistung** des elektrischen Stroms wird in **Watt (W)** gemessen. Diese ergibt sich aus dem Produkt Strom mal Spannung. Dabei gilt: Je höher die Spannung und je grösser die Stromstärke, desto grösser die Leistung.



Wärmewirkung

Fliesst Strom durch einen Leiter, wie zum Beispiel einen Draht, erwärmt sich dieser. Wasserkocher, Bügeleisen oder auch Elektroherde basieren auf dieser Wärmewirkung von Strom.



Lichtwirkung

Bestimmte Leiter werden durch Strom so stark erhitzt, dass sie anfangen zu leuchten. Glühlampen oder Halogenlampen machen sich diese Lichtwirkung von Strom zu eigen.



Magnetische Wirkung

Die magnetische Wirkung beruht auf dem Prinzip, dass ein elektromagnetisches Feld um einen Leiter entsteht, wenn Strom hindurchfließt. Beispiele dafür sind Elektromotoren oder auch Elektromagneten.

Was ist mit dem Strompreis los?

Seit 2021 hat sich der Strompreis signifikativ verteuert. Der wichtigste Grund dafür sind die unbeständigen Strommärkte, deren Entwicklung von der globalen Wirtschaftslage und der Geopolitik abhängt.

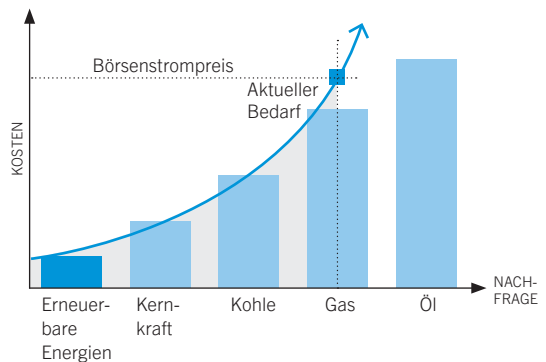
Die Verknappung der Gas-, Öl- und Kohleressourcen führte in den vergangenen Monaten zu einem deutlichen Anstieg der Strompreise, die sich bereits durch die wirtschaftlichen Folgen der Pandemie und die hohen CO₂-Preise verteuert hatten. Kurzfristig werden sich die Preise für Gas, Kohle und CO₂ und damit die Strompreise kaum ändern. Langfristig hängt die Entwicklung der Strompreise von der Geschwindigkeit des Zubaus von Wind- und Photovoltaikanlagen, aber auch von der Entwicklung der Nachfrage ab.

 Mehr erfahren:
[swissgrid.ch/blog](https://www.swissgrid.ch/blog)

Strommärkte kurz erklärt

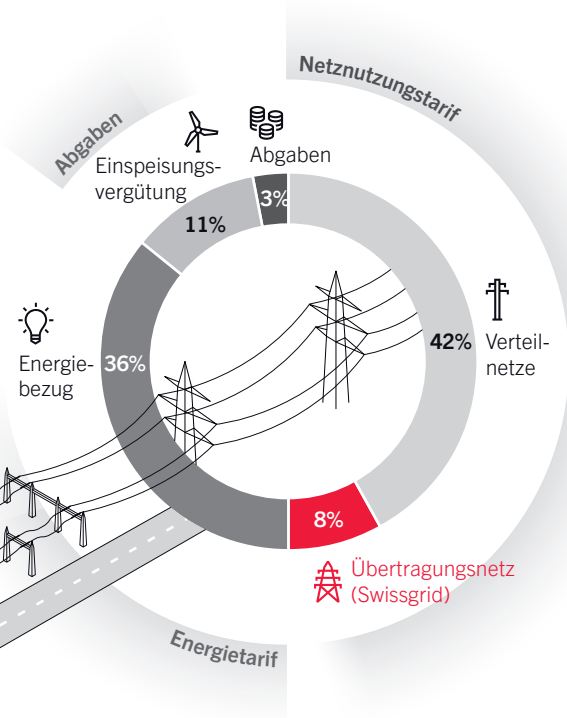
Strom wird an verschiedenen Börsen auf dem europäischen Strommarkt oder Over-the-Counter gehandelt. Da der Strompreis eng gekoppelt ist mit den Preisen für andere Energieträger, muss der gesamte Energiemarkt betrachtet werden, um Preisveränderungen zu verstehen. Grundsätzlich werden die Kraftwerke in der Reihenfolge ihrer variablen Kosten eingesetzt. Diese sogenannte Merit-Order beginnt beim günstigsten Kraftwerk und geht so weit, bis die Nachfrage gedeckt ist. Das teuerste eingesetzte Kraftwerk bestimmt somit den Preis. Aktuell handelt es sich dabei um Gaskraftwerke, was die Verflechtung des Strompreises mit dem Erdgaspreis verdeutlicht.

Merit-Order



So kommt der Strompreis zustande

Der Strompreis für die Schweizer Bevölkerung setzt sich grob gesagt aus drei Komponenten zusammen: Energietarif, Netznutzungstarif und Abgaben an das Gemeinwesen inklusive Netzzuschlag. Durch die angespannte Situation am Markt ist der Energietarif teilweise stark gestiegen. Die Höhe des Anstiegs hängt davon ab, ob ein Energieversorgungsunternehmen die Nachfrage mehrheitlich über Eigenproduktion decken kann oder ob es dafür auf den Markt zugreifen muss. Versorger ohne oder mit wenig Eigenproduktion müssen hohe Marktpreise zahlen, was nun auch die Endkunden zu spüren bekommen. Versorger mit einer hohen Eigenproduktion wiederum können einfach die Selbstkosten der eigenen Kraftwerke verrechnen und weisen deshalb keine oder nur moderate Preisanstiege aus. Noch vor ein paar Jahren war es genau umgekehrt.



Die Tarife von Swissgrid

Swissgrid erhebt verschiedene Tarife zur Deckung ihrer Kosten: Tarife für die Netznutzung, Tarife für die allgemeinen Systemdienstleistungen und Tarife für individuelle Systemdienstleistungen. Die Struktur der Tarife ist vom Stromversorgungsgesetz und der Stromversorgungsverordnung genau vorgegeben. Die Höhe der Tarife wiederum wird auf Basis von Annahmen über die erwarteten Kosten und Erlöse für das darauffolgende Jahr jeweils bis Ende März kommuniziert. Dabei stützt sich Swissgrid unter anderem auf Prognosen zu Preisentwicklungen auf den internationalen Strommärkten. Auch diese

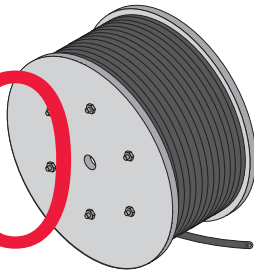
Tarife haben sich verteuert. Grund dafür ist, dass Swissgrid einen Teil ihrer Leistungen – beispielsweise die Regelleistung oder die elektrische Energie für die Kompensation der Wirkverluste – am Strommarkt beschaffen muss. Am gesamten Strompreis, den der Endverbraucher bezahlt, machen die Kosten für das Übertragungsnetz von Swissgrid 2023 ca. 8 Prozent aus. Ein Schweizer Haushalt mit einem Jahresverbrauch von 4500 kWh zahlt 70 Franken an die Kosten des von Swissgrid betriebenen Übertragungsnetzes.

 **Mehr zum Strompreis:**
[swissgrid.ch/strompreis](https://www.swissgrid.ch/strompreis)

Die Transportwege sind lang

Strom wird mehrheitlich nicht dort genutzt, wo er erzeugt wird. Damit die elektrische Energie zu den Verbraucherinnen und Verbrauchern gelangt, braucht es ein Stromnetz. An erster Stelle hinter der Produktion steht das Übertragungsnetz. Mit Höchstspannung transportiert es Strom über grosse Strecken bis zur nächsten Netzebene oder über die Schweiz hinaus. Damit dies reibungslos funktioniert, braucht es Know-how, einiges an Infrastruktur und die Zusammenarbeit mit Europa.

2200



Personenwagen oder 380 Tonnen wiegen die zwölf Erdkabel, die in Bözberg über eine Strecke von 1300 Metern in den Boden verlegt wurden.

1000-fach

muss die Spannung, mit der Strom im Übertragungsnetz transportiert wird, reduziert werden. Erst dann kann Strom mit 220 Volt zuhause genutzt werden.

6700

Kilometer lang sind die Leitungen des Übertragungsnetzes. Ausserdem gehören unter anderem 12 000 Freileitungsmasten, 147 Schaltanlagen und 21 Transformatoren zur Infrastruktur dieses Höchstspannungsnetzes.

15 Jahre

oder länger kann es **vom Projektstart bis zur Inbetriebnahme** dauern, bis ein Infrastrukturprojekt in Betrieb genommen werden kann. Gründe hierfür sind langjährige Bewilligungsverfahren, Einsprachen und Gerichtsurteile.

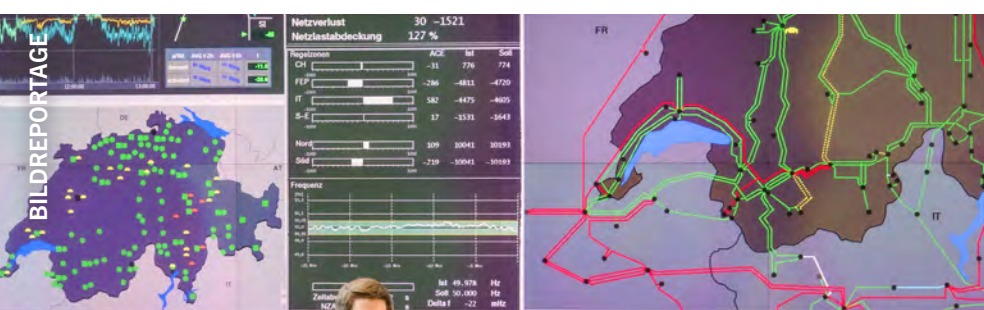
700

Mitarbeitende aus 33 Nationen setzen sich bei Swissgrid für die besten Lösungen für das Übertragungsnetz ein.



Knapp 15 Min.

bräuchte man zu Fuss, um die **längste Luftliniendistanz** zwischen zwei Masten zu überwinden.



Mensch und Technik. Trotz aller Technologie bleibt beim Netzbetrieb der Mensch ein zentrales Element.

Strom bedeutet Wohlstand. Das Schweizer Übertragungsnetz ist ein wichtiges Rückgrat für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung der Schweiz. Damit alles reibungslos funktioniert, sind die Mitarbeitenden von Swissgrid in der ganzen Schweiz im Einsatz.





Sicherheit für alle. Das Übertragungsnetz wird kontinuierlich modernisiert.



Es läuft. Der sichere Betrieb des Übertragungsnetzes hängt von der Funktionsfähigkeit der Infrastruktur ab.



Lebensader mit Höchstspannung.

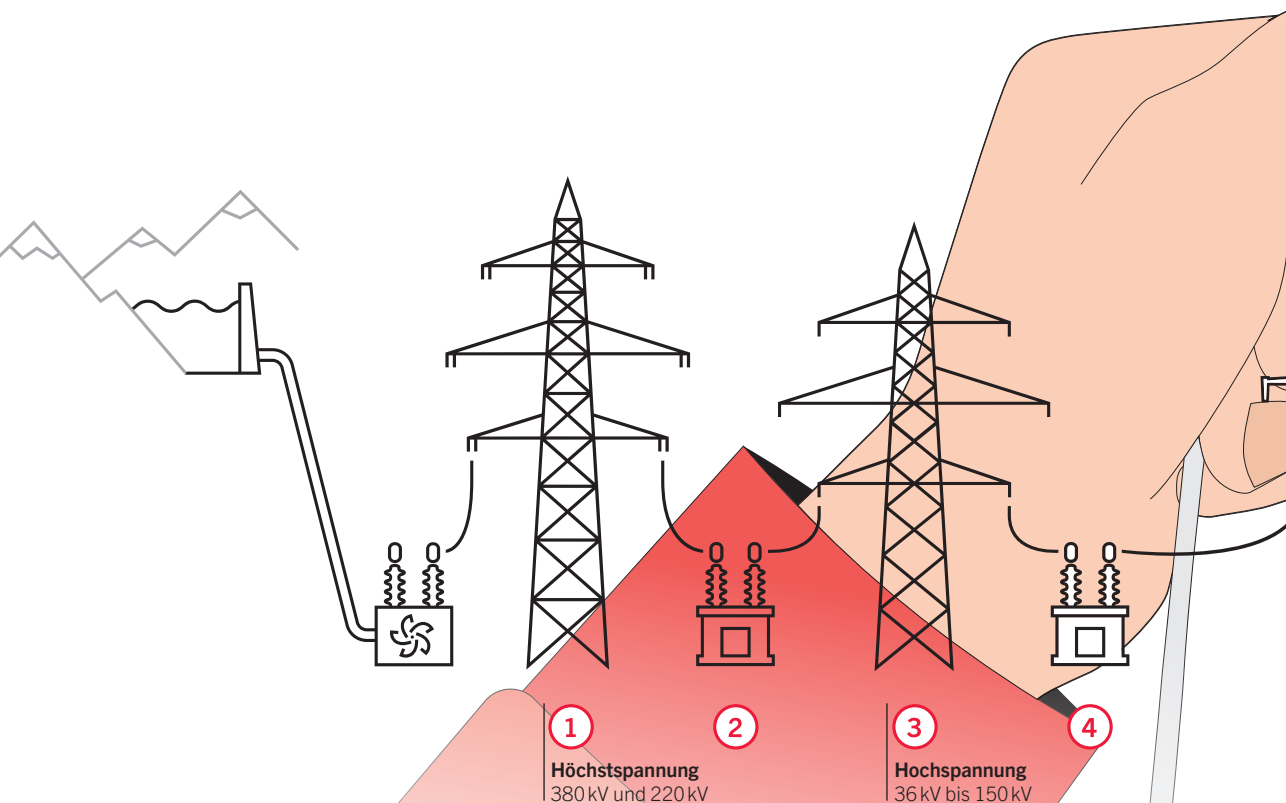
Die 700 Mitarbeitenden von Swissgrid setzen sich rund um die Uhr dafür ein, dass das Schweizer Übertragungsnetz auch weiterhin zu den zuverlässigsten der Welt gehört.



Das Übertragungsnetz weiterentwickeln. Swissgrid plant bereits heute das Netz der Zukunft.

Sieben Schritte bis zum Ziel

Über Kraftwerke sowie Importe aus dem Ausland gelangt der Strom unter Höchstspannung ins Übertragungsnetz. Damit er zu Hause genutzt werden kann, muss die Spannung über mehrere Netzebenen um ein Vielfaches reduziert werden.



Produktion/Import

Über Kraftwerke sowie Importe aus dem Ausland gelangt Strom unter Höchstspannung (380 000 Volt = 380 kV bzw. 220 000 Volt = 220 kV) ins Übertragungsnetz.

Stromnetz

Im Stromnetz werden sieben Netzebenen unterschieden: Vier Netzebenen (Höchstspannung, Hochspannung, Mittelspannung, Niederspannung) dienen der Verteilung, die Veränderung der Spannung durch Transformatoren erfolgt auf drei weiteren Netzebenen.

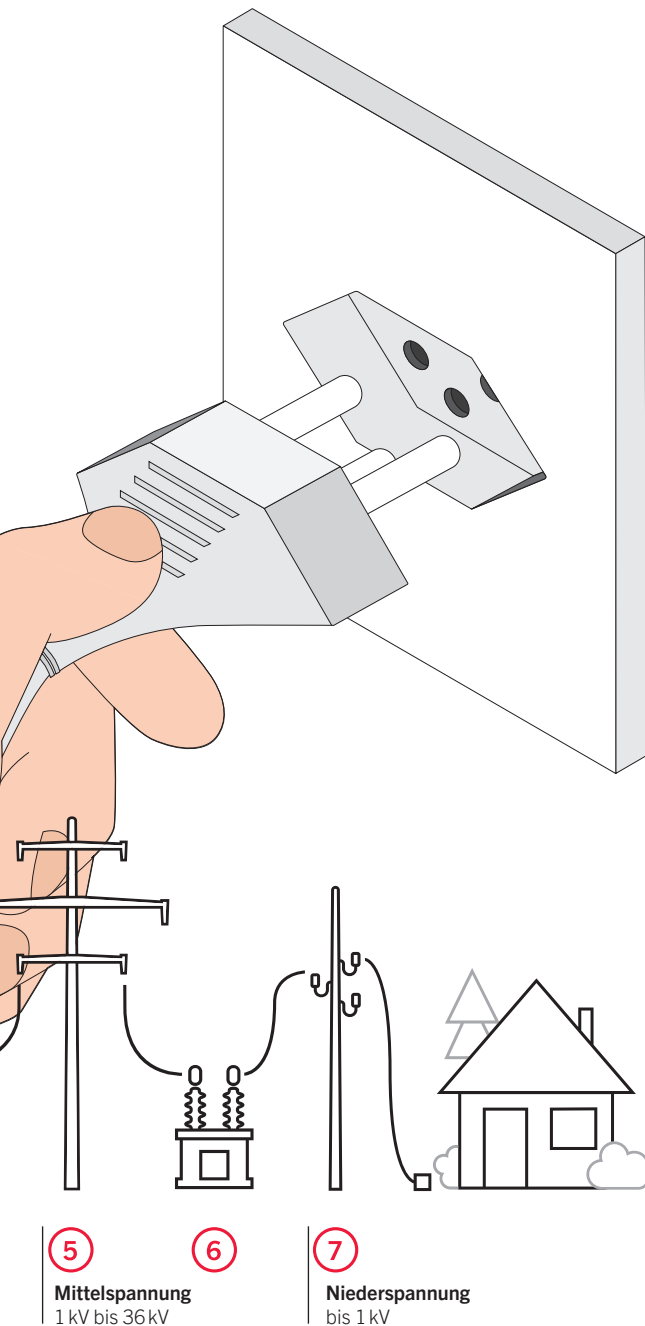
Der Weg ist lang

In der Schweiz ist das Stromnetz über 250 000 Kilometer lang – zusammengenommen könnte man mit seinen Leitungen rund sechs Mal die Erde umspannen. Organisiert ist es in sieben Netzebenen, die dafür sorgen, dass der Strom von den Kraftwerken bis zum Verbraucher gelangt. Die Ebenen ①, ③, ⑤ und ⑦ dienen dem Transport von elektrischer Energie. Auf den Ebenen ②, ④ und ⑥ wird der Strom auf eine jeweils tiefere Spannungsebene transformiert. Das Muster ist somit simpel: Verteilung, Transformation, Verteilung usw.

Unmittelbar nach der Produktion in grossen Kraftwerken wird der Strom in die erste Netzebene, das Höchstspannungsnetz, eingespeist. Dieses Netz ist für den Transport grosser Energiemengen über weite Strecken ausgelegt. Es ermöglicht neben dem inländischen Transport auch Energieexporte und -importe. Gleichzeitig spielt das Übertragungsnetz eine wichtige Rolle beim grenzüberschreitenden Transport von Strom innerhalb Europas.

Die nachfolgenden Netzebenen 2–7 übernehmen die überregionale, die regionale und die lokale Verteilung des Stroms bis zur Steckdose sowie die notwendige Transformation. Bis der Strom also seinen Weg zu den Verbrauchern gefunden hat, arbeiten über alle Ebenen hinweg diverse Netzbetreiber Hand in Hand.

Neben Verteilung und Transformation von elektrischer Energie spielt das Stromnetz mit Blick auf die Energiewende eine weitere wichtige Rolle. Es stellt die Verbindung zu Energiespeichern unterschiedlichster Art dar. Diese sorgen dafür, dass die Schwankungen bei der Energieerzeugung durch erneuerbare Energien aufgefangen werden.



⑤

Mittelspannung
1 kV bis 36 kV

⑥

⑦

Niederspannung
bis 1 kV

Verbrauch

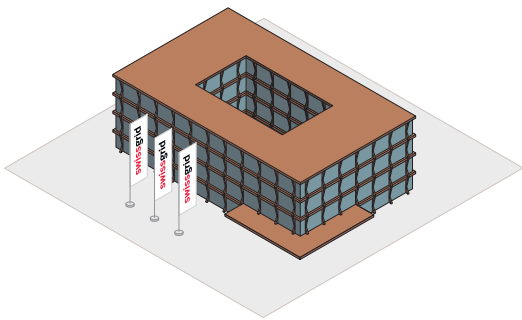
Bis der Strom schliesslich zu Hause in der Steckdose ankommt, muss die Spannung um das 1000-Fache (von 380 000 resp. 220 000 Volt auf 400 resp. 230 Volt) reduziert werden.



Mehr erfahren:
[swissgrid.ch/netzebenen](https://www.swissgrid.ch/netzebenen)

Diese Hardware braucht das Netz

Damit das Übertragungsnetz reibungslos funktioniert, braucht es eine ausgeklügelte und perfekt abgestimmte Infrastruktur, die aus verschiedenen zentralen Komponenten besteht.



Netzleitstellen

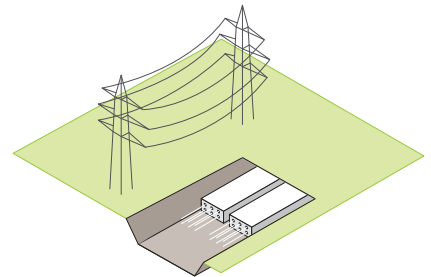
Leitstellen Aarau und Prilly

Herzstück des Schweizer Übertragungsnetzes sind die beiden Swissgrid Netzleitstellen in Aarau und Prilly. Von dort aus überwachen Mitarbeitende das Netz rund um die Uhr und sorgen dafür, dass das Gleichgewicht von Produktion und Verbrauch jederzeit eingehalten und der Strom sicher transportiert wird.

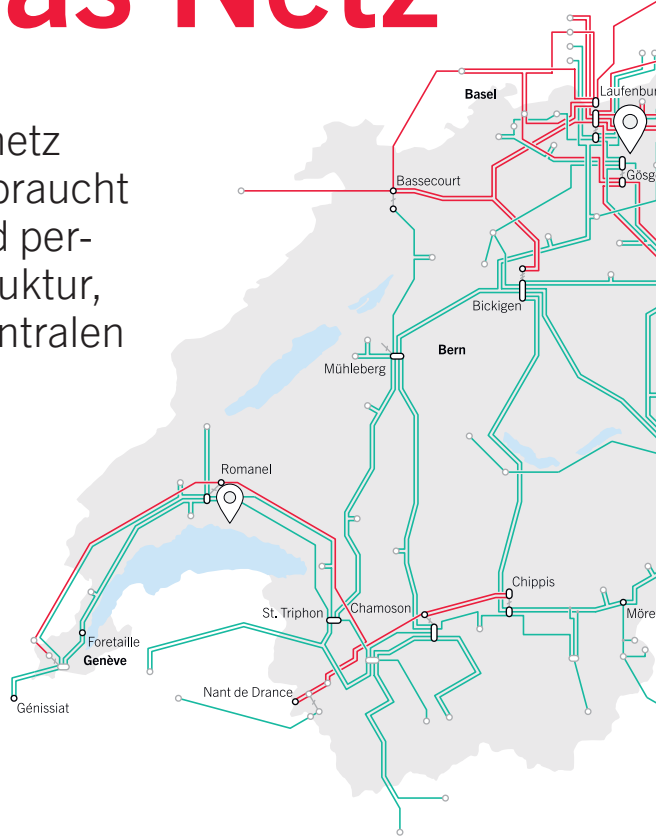
Höchstspannungsleitungen

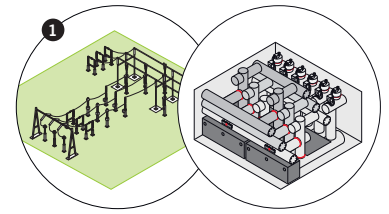
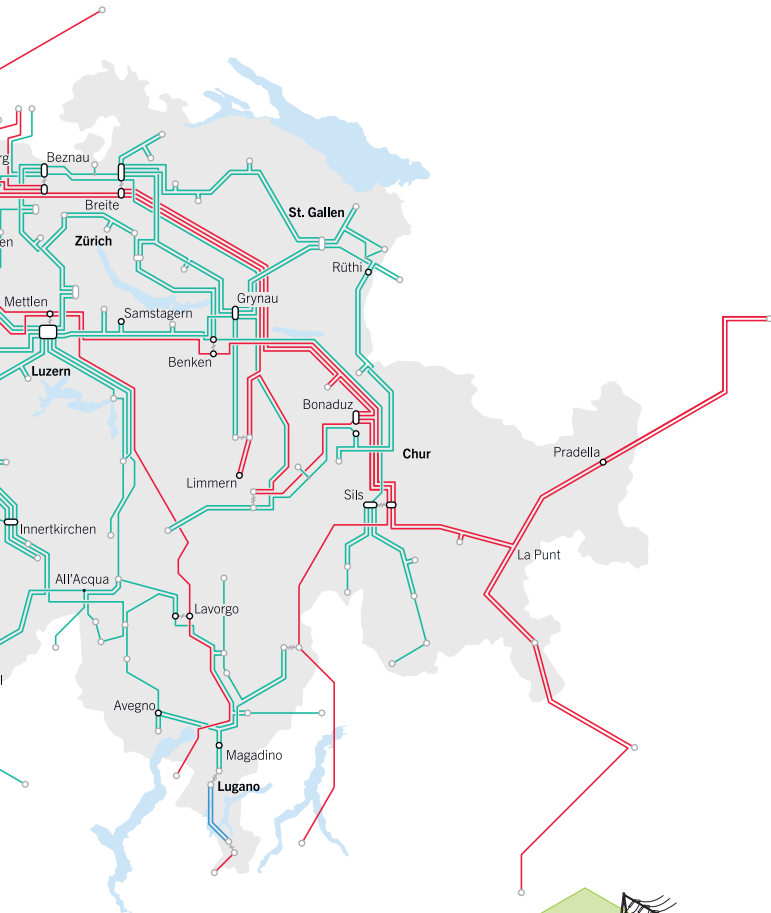
- 220-kV-Leitungen
- 380-kV-Leitungen
- 150-kV-Leitungen

Das Übertragungsnetz besteht aus 380- und 220-Kilovolt-Leitungen mit einer Länge von insgesamt 6700 Kilometern. Das Schweizer Netz umfasst zudem 12 000 Strommasten und ist mit 41 Leitungen mit dem europäischen Verbundnetz verknüpft. Die 380-kV-Leitungen werden für den



Import und den Export von Strom genutzt, während grosse Schweizer Kraftwerke ihre Energie in das 220-kV-Netz einspeisen. Auf der Höchstspannungsebene wird der Strom weitgehend über Freileitungen transportiert. Bei jedem Netzbauprojekt prüft Swissgrid den Einsatz von Erdkabeln.

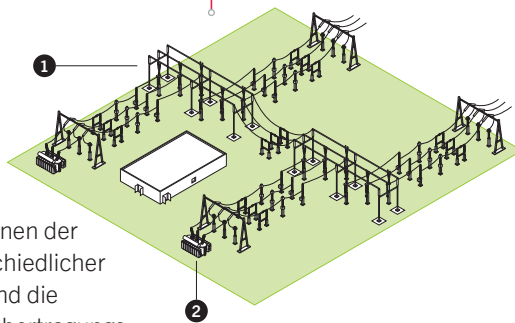




Schaltanlagen

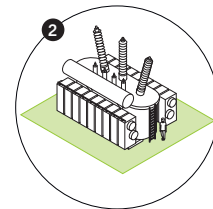
○ Schaltanlagen

In den 147 Swissgrid Schaltanlagen sind die Leitungen miteinander verbunden. Durch Schalthandlungen trennen oder verbinden die Mitarbeitenden der Netzleitstelle Leitungen und beeinflussen so die Energieflüsse. Damit können Überlastungen verhindert und Leitungen für Revisionsarbeiten ausgeschaltet werden. Neben den grossräumigen Freiluftschaltanlagen gibt es auch gasisolierte Schaltanlagen, die nur noch einen Bruchteil der Fläche beanspruchen.



Unterwerke

Die Unterwerke dienen der Verbindung unterschiedlicher Netzebenen und sind die Knotenpunkte im Übertragungsnetz. In den insgesamt 125 Unterwerken von Swissgrid befinden sich Schaltanlagen, teilweise Transformatoren sowie Schutz- und Stationsleittechnik.



Transformatoren

○ Transformatoren

Die 24 Swissgrid Transformatoren verbinden das 380-kV- mit dem 220-kV-Netz. Dank ihnen ist es möglich, die Spannung im Netz zu reduzieren oder zu erhöhen.



Der Blick in die **Netzleitstelle** verdeutlicht, dass der Betrieb des Übertragungsnetzes in hohem Grade technisiert ist.

Hier laufen die Fäden zusammen

Die Netzleitstellen von Swissgrid sind die Schaltzentralen des Übertragungsnetzes. Ihre Aufgabe lautet vereinfacht zusammengefasst: sicherstellen, dass Strom über alle Landesteile und über die Landesgrenzen hinweg transportiert und verteilt werden kann. Damit dies gewährleistet ist, greift ein komplexes Räderwerk nahtlos ineinander.

Alles läuft nach Fahrplan

Eine vorausschauende Planung ist die wichtigste Voraussetzung für den reibungslosen Netzbetrieb. Bereits über ein Jahr im Voraus erstellen die Spezialistinnen und Spezialisten in der Netzleitstelle erste Prognosen. Mit einem Netzmodell simulieren sie die erwartete Belastung des Übertragungsnetzes. Berücksichtigt werden zum Beispiel Reparaturen von Kraftwerken oder Revisionen von Leitungen.

Die Planung des Netzbetriebs wird dann laufend verfeinert. Einen Monat, eine Woche sowie zwei Tage vor dem Echtzeitbetrieb wird die erwartete Netzsituation immer wieder neu berechnet. Einen Tag vorher fliessen die Fahrpläne der Kraftwerke und Stromhändler mit ein. Diese umfassen sämtliche inländischen sowie grenzüberschreitenden Stromlieferungen. Das Fahrplanmanagement stellt ausserdem das Gleichgewicht zwischen Produktion und Verbrauch sicher. Dies ist die Voraussetzung für den sicheren und stabilen Betrieb des Stromnetzes bei einer konstanten Frequenz von 50 Hertz.

Das Herzstück des Schweizer Übertragungsnetzes bilden die Netzleitstellen in Aarau und Prilly. Hier sind Mitarbeitende rund um die Uhr im Dienst, um Stabilität und Verfügbarkeit des Netzes sicherzustellen.

Wenn es darauf ankommt

Beim Netzbetrieb in Echtzeit ist die Hauptaufgabe der Mitarbeitenden, sicherzustellen, dass die Frequenz von 50 Hertz jederzeit eingehalten wird. Treten unvorhergesehene Schwankungen auf, setzen sie Regelenergie ein. Diese stellt eine Reserve dar, mit der je nach Situation Strom ins Netz eingespeist oder entnommen werden kann.

Die Expertinnen und Experten schützen das Netz auch vor zu hohen Belastungen. Meldet das computergestützte Leitsystem eine Überschreitung von Grenzwerten, ergreifen sie ausgleichende Massnahmen. Droht beispielsweise die Überlastung einer Leitung, nehmen die Mitarbeitenden mit sogenannten Schalthandlungen Einfluss auf die Lastflüsse im Übertragungsnetz. Dafür werden in Schaltanlagen Leitungen getrennt oder der Stromfluss durch die Transformatoren angepasst. Solche Schalthandlungen erfolgen ebenso, wenn



Der persönliche Austausch bleibt trotz aller Technik wichtig.

Gut zu wissen

Taktgeber für die Backofenuhren

Viele Uhren in elektrischen Geräten haben keinen eigenen Taktgeber. Den Impuls, wann eine Sekunde um ist, erhalten sie durch die Standardfrequenz des Stromnetzes. Liegt diese über längere Zeit zum Beispiel unter den vorgegebenen 50 Hertz, gehen Uhren von Elektrogeräten nach.



geplante Arbeiten an einer Leitung oder einem Transformator ausgeführt werden müssen.

Die Mitarbeitenden der Netzleitstellen haben bei drohender Überlastung auch die Möglichkeit, einen Redispatch auszuführen. Hierfür werden gewisse Kraftwerke angewiesen, ihre Produktion zu reduzieren, und andere, die Einspeisung zu erhöhen. Gesamthaft wird immer noch gleich viel Energie ins Netz eingespeist, diese aber geografisch umverteilt. Dadurch verringert sich die Belastung der gefährdeten Leitung.

Im Verbund mit Europa

Der Netzbetrieb ist eine grenzüberschreitende Aufgabe. Die vorausschauende Planung und die Überwachung des Netzes nimmt Swissgrid gemeinsam mit den Netzbetreibern im Ausland wahr. Permanent wird kontrolliert, ob das Netz und die grenzüberschreitenden Leitungen die vorhergesehenen Mengen an Energie übertragen können, wo Engpässe bestehen und ob regulierende Massnahmen notwendig sind.

Ein Mangel ist kein Blackout

Geht es um Bedrohungen für die Stromversorgung, wird meist der Blackout genannt. Strommangellagen können jedoch auch gravierende Folgen haben.

Ein Blackout ist in der Regel die Folge einer Kaskade oder eines Frequenzzusammenbruchs. Wenn zum Beispiel ein Naturereignis zum Ausfall eines Unterwerks oder einer Höchstspannungsleitung führt, kann dies eine Überbelastung anderer Elemente zur Folge haben. Dies kann eine Kettenreaktion, Kaskade genannt, auslösen. Mit Schalthandlungen versuchen die Netzbetreiber, das von der Störung betroffene Netz zu isolieren und die Kaskade zu stoppen.

Kommt es zum Ausfall eines sehr grossen Kraftwerks, droht ein Frequenzzusammenbruch. In einem solchen Fall kommt es zu grossen Abweichungen der Standardfrequenz des Stromnetzes (50 Hertz). Schlimmstenfalls droht ein kompletter Netzzusammenbruch, weshalb die Netzbetreiber frühzeitig versuchen, mittels Einsatzes von Regenergie die Frequenz zu stabilisieren.

Um Blackouts zu verhindern, setzt Swissgrid auf Prävention. Dazu gehören zum Beispiel die permanente Überwachung und Analyse des Stromnetzes, ein Krisenmanagementkonzept sowie Störfallpläne.

Ein Mangel an Strom

Bei einem Blackout ist also genug Strom im System, der Transport jedoch unterbrochen. Nicht so bei einer Strommangellage, bei der die Nachfrage nach Strom nicht mehr gedeckt werden kann. Im Sommer ist die Gefahr hierfür gering, denn die Schweiz kann ihren Bedarf decken. Im Winter aber wächst das Risiko, die Schweiz ist in der kalten Jahreszeit in der Regel auf Importe angewiesen.

Tritt tatsächlich eine Strommangellage ein, ordnet der Bund Massnahmen an, die das Gleichgewicht zwischen Produktion und Verbrauch auf reduziertem Niveau sicherstellen sollen.

Netz und Vernetzung ausbauen

Damit die Stromversorgung das ganze Jahr über gewährleistet ist, braucht es verschiedene Massnahmen. Dazu gehören schnellere Bewilligungsverfahren für den Aus- und Neubau der Netzinfrastruktur, zudem Anreize, damit die inländische Stromproduktion ausgebaut wird. Ebenso notwendig ist ein Stromabkommen mit der EU. Die Vernetzung mit Europa ist ein wichtiger Faktor der sicheren Stromversorgung der Schweiz.

Im Einsatz für das Netz



Damit das Übertragungsnetz einwandfrei funktioniert, wird es gewartet, modernisiert oder ausgebaut. Dies erfordert von den Spezialistinnen und Spezialisten Planungs- wie auch Umsetzungskompetenz.

Swissgrid ist für die Planung, den Ersatz und den Ausbau der gesamten Infrastruktur des Übertragungsnetzes verantwortlich. Dies heisst nicht automatisch mehr Leitungen, sondern vor allem gezielte Modernisierung und auch Rückbau.

Vorbereitung ist alles

Bevor ein bewilligtes Netzprojekt startet, erstellen Verantwortliche wie Stefanie Baumann eine Vorstudie. Geht es zum Beispiel um die Instandhaltung einer Anlage, macht sie eine Bestandsaufnahme der notwendigen Arbeiten und spricht sich mit den Beteiligten vor Ort ab. Ebenso verantwortet Stefanie Baumann eine Planungssoftware. Diese unterstützt die Projektleiterinnen und -leiter sowie die Anlagenverantwortlichen in ihrer Arbeit und ermöglicht einen Statusbericht über alle Netzprojekte von Swissgrid.

Links: **Stefanie Baumann** behält die Netzprojekte stets im Auge und unterstützt die Projekt- und Anlagenverantwortlichen in der Planung ihrer Bauvorhaben.

Oben: **Robert Widmer** managt Netzprojekte. Dies beinhaltet sowohl deren strategische Planung als auch die Inspektion der Bauarbeiten.

Unten: Damit die Unterwerke im Übertragungsnetz jederzeit funktionieren, plant **Romano Rè** Wartungsarbeiten und ist viel unterwegs.

Qualität sicherstellen

Sind die Vorstudien gemacht, übernehmen Projektleiter wie Robert Widmer die Verantwortung. Er begleitet Projekte von der Machbarkeitsstudie bis hin zur Übergabe in den Netzbetrieb. Derzeit betreut er sieben Projekte parallel und kümmert sich um Zeitpläne, Kosten und das Qualitätsmanagement. Damit alles möglichst reibungslos abläuft, ist Robert Widmer unter anderem in Kontakt mit Verantwortlichen von Baustellen, Gemeinden oder der lokalen Bevölkerung.

So läuft alles

Ist Infrastruktur wie ein Unterwerk in Betrieb, kümmert sich zum Beispiel Romano Rè um die Unterhaltsarbeiten oder das Störungsmanagement. Er ist verantwortlich für zahlreiche Unterwerke im Tessin. Neben der Planung der auszuführenden Arbeiten verbringt er Zeit vor Ort, um Dienstleister zu koordinieren oder für Inspektionsbesuche. Damit Romano Rè stets auf dem neusten Stand der Technik ist, spielt die ständige Weiterbildung eine wichtige Rolle für seinen Arbeitsalltag.

Gut zu wissen

Für die Planung und die Umsetzung von Netzprojekten braucht es einen langen Atem. Das **Bewilligungs- und Genehmigungsver-**

fahren für neue Projekte erstreckt sich über sechs Phasen und bedingt den Einbezug verschiedenster Anspruchsgruppen. Den Entscheidung, wo und mit welcher Technologie gebaut wird, treffen die Behörden.



Walliser Wasserkraft nutzbar machen

Der Kanton Wallis ist der grösste Produzent von Energie aus Wasserkraft. Für den Abtransport des gesamten, in der Region produzierten Stroms braucht es neue 380-kV-Leitungen.



Mehr erfahren:
swissgrid.ch/chamoson-chippis



Strom für die Schweiz und Europa

Das Wallis ist reich an Wasserkraft, was sich die Schweiz für die inländische Stromproduktion zu Nutze macht. Damit jedoch der gesamte in der Region produzierte Strom abtransportiert werden kann, muss das Übertragungsnetz modernisiert und erweitert werden.

Bündelung ermöglicht Reduzierung

Im September 2022 wurde die Höchstspannungsleitung Chamoson – Chippis in Betrieb genommen. Ein Meilenstein, der nach 32 Jahren Studien und Verfahren sowie vier Jahren Bauzeit erreicht wurde. Die Leitung erhöht die Übertragungskapazitäten für elektrische Energie und verbindet das Wallis mit dem schweizerischen als auch dem europäischen Höchstspannungsnetz.

Auf 30 Kilometern führt die Leitung vier Spannungen auf denselben Masten: 380 kV, 220 kV, 65 kV zwischen Chamoson und Aproz und 132 kV für die SBB zwischen Chamoson und St-Léonard. Diese Leitungs-bündelung ermöglicht es, ab 2023 mit dem Abbau bestehender Stromleitungen zu beginnen. Bis 2027 ist geplant, 90 km Freileitungen und 322 Masten in der Rhône-Ebene abzubauen.

Weiterer Ausbau notwendig

Die Inbetriebnahme der Leitung Chamoson – Chippis ist nur ein erster Schritt. Im Wallis sind mehrere Projekte zum Bau und zur Anpassung von Höchstspannungsleitungen im Gange. Mit deren Realisierung wird nach Chamoson – Chippis die Versorgungssicherheit in der Schweiz weiter erhöht. Ausserdem leisten die Projekte einen wichtigen Beitrag zur Energiewende, für die die Wasserkraft eine zentrale Rolle spielt.

Strom ist nicht unsichtbar

Damit Strom bis zu den Verbrauchern gelangt, braucht es Infrastruktur. Für Swissgrid hat es Priorität, deren Einfluss auf Mensch und Umwelt gering zu halten.

Von Feldern und Grenzwerten

Egal, ob gross oder klein: Überall dort, wo Strom produziert, transportiert und genutzt wird, entstehen elektrische und magnetische Felder. Umgangssprachlich ist von Elektromog die Rede.

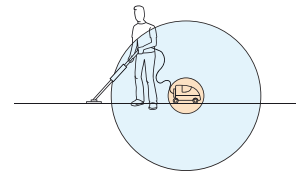
Elektrische Felder sind eher kleinräumig und werden durch Kleider und Haut weitgehend am Eindringen in den Körper gehindert. Durch Wechselstrom erzeugte magnetische Felder, wie sie bei der Stromübertragung entstehen, können hingegen im Körperinnern eine elektrische

Spannung erzeugen und dadurch körpereigene Prozesse beeinflussen. Um gesundheitliche Risiken zu vermeiden, gelten in der Schweiz Grenzwerte, die zu den strengsten weltweit gehören.

Magnetfelder

Der Immissionsgrenzwert bei Magnetfeldern schützt vor allen wissenschaftlich bekannten gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Er gilt überall dort, wo sich Menschen aufhalten könnten. Das Umweltschutzgesetz fordert zusätzlich, die Bevölkerung auch vor heute nicht belegten, aber denkbaren gesundheitlichen Risiken zu schützen. Dazu dient der Anlagegrenzwert. Er gilt überall dort, wo sich Menschen dauerhaft aufhalten, sei dies in Schlaf- oder Wohnzimmern, Schulen, auf Spielplätzen oder im Umfeld von Übertragungsleitungen.

Gut zu wissen

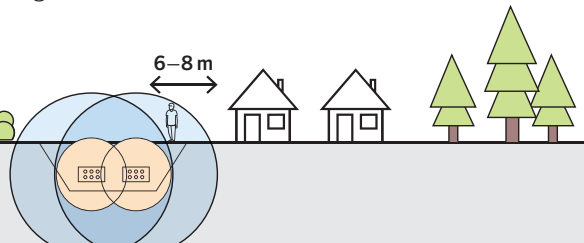
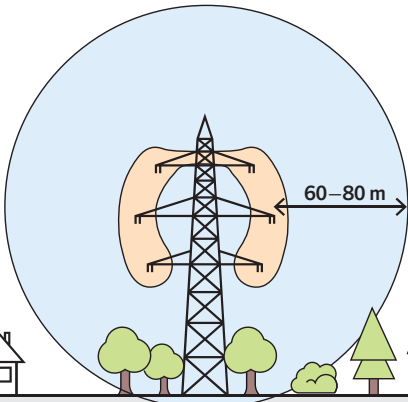


Sobald ein Gerät an die Steckdose angeschlossen wird, steht es unter Spannung. Ein elektrisches Feld entsteht selbst dann, wenn das Gerät ausgeschaltet bleibt und kein Strom fliesst.

Magnetfelder

Der Anlagegrenzwert wird bei Erdkabeln ab ca. 6–8 m, bei Freiluftleitungen bei 60–80 m seitlichem Abstand eingehalten.

- Anlagegrenzwert (1 Mikrottesla)
- Immissionsgrenzwert (100 Mikrottesla)



Ein Knistern in der Luft

Bei Freileitungen kommt es laufend zu kleinen elektrischen Entladungen in die Luft, die Geräusche erzeugen. Das menschliche Ohr nimmt diese als Knistern oder Brummen wahr. Erdkabel selbst verursachen keine Geräuschimmissionen, wohl aber mit ihnen verbundene Infrastrukturen wie Übergangsbauwerke oder Kompensationsanlagen.

Um die Bevölkerung vor lästiger oder gar gesundheitsschädlicher Belastung durch Lärm jeglicher Art zu schützen, legt die Lärmschutzverordnung verschiedene Grenzwerte in Dezibel (dB) fest. Die Höhe der Grenzwerte orientiert sich an insgesamt vier Empfindlichkeitsstufen sowie an der Tageszeit.

Gut zu wissen

Eine **Freileitung** erzeugt je nach Luftfeuchtigkeit einen Geräuschpegel von

40–50 dB.

Dies entspricht dem Hintergrundgeräusch in einer ruhigen Bibliothek.

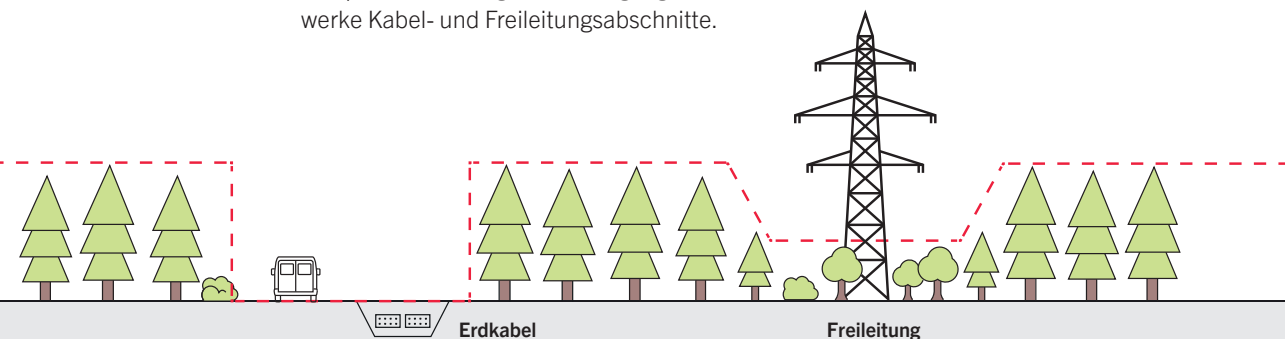
Grenzwerte bei Tag und bei Nacht in Dezibel (dB)

I Erholungszonen	☀️ 55	🌙 45
II Wohnzonen	☀️ 60	🌙 50
III Mischzonen Wohnen und Gewerbe, Landwirtschaftszonen	☀️ 65	🌙 55
IV Industriezonen	☀️ 70	🌙 60

Ein verändertes Landschaftsbild

Die Infrastruktur für das Übertragungsnetz soll das Landschaftsbild so wenig wie möglich stören. Gerade bei den Masten für die Freileitungen ist dies eine Herausforderung. Das Gelände schränkt die Möglichkeiten ein und lässt oft wenig Optimierungspotenzial offen. Bei Erdverkabelungen steckt ein Grossteil der Leitungsinfrastruktur zwar im Boden, ganz unsichtbar ist diese Bauweise aber nicht. Zum Beispiel verbinden grosse Übergangsbauwerke Kabel- und Freileitungsabschnitte.

Zufahrtsstrassen und Waldschneisen sind sichtbare Eingriffe sowohl für Freileitungen wie auch für Erdkabel. Die dafür notwendigen Rodungen können nach Abschluss der Bauarbeiten wieder aufgeforstet werden. Aus Sicherheitsgründen bleiben aber Freihaltezonen bestehen, oder es können nur niederstämmige Bäume gepflanzt werden.



Wildbienen unter Strom



Auf den Trassees für die Freileitungen und in den Unterwerken befindet sich aus Sicherheitsgründen nur niedrigwachsende Flora. Diese Umgebung bietet ideale Lebensbedingungen für gefährdete Tier- und Pflanzenarten.



Mehr erfahren:
[swissgrid.ch/blog](https://www.swissgrid.ch/blog)



Jeannine Suremann
Grid Project Engineer

Stromtrassees und Unterwerke scheinen auf den ersten Blick nicht unbedingt ein Hort der Biodiversität zu sein. Doch mit ihren sandigen und steinigen Freihaltezonen bieten sie vielerorts perfekte Bedingungen für gefährdete Tier- und Pflanzenarten. Davon profitieren zum Beispiel viele einheimische Wildbienenarten, die in selbstgegrabenen Gängen im Boden brüten und auf Sandböden an besonnener Lage angewiesen sind. Um diese Lebensräume mitsamt ihrer Flora als Nahrungsquelle wirksam zu fördern, reicht oftmals eine Anpassung des Mähzeitpunktes.

Unterschätzte Wildbienen

Wildbienen fristen neben den Honigbienen ein Schattendasein. Dabei existieren weltweit über 16 000 Bienenarten, von denen über 600 auch in der Schweiz vorkommen. Dieser Artenreichtum ist wenig bekannt und darauf zurückzuführen, dass Wildbienen nicht für die Honigproduktion eingesetzt werden.

Wildbienen sind auch unauffälliger als die staatsbildenden Honigbienen, da die meisten als Einzelbrüter leben. In ihrer kurzen Lebenszeit bauen Wildbienen ein Nest, versorgen ihre Larven und sind meist eng an Blüten bestimmter Pflanzen gebunden. Über ein Drittel der Bienenarten der Schweiz sammeln Pollen ausschliesslich von einer Pflanzenart oder -gattung. Sie können nur dort existieren, wo solche Blüten reichlich zur Verfügung stehen.

«Um den Rückgang der Wildbienenbestände zu stoppen, müssen möglichst viele Lebensräume mit einer grossen Vielfalt an Pflanzen und Nistmöglichkeiten geschaffen werden.»

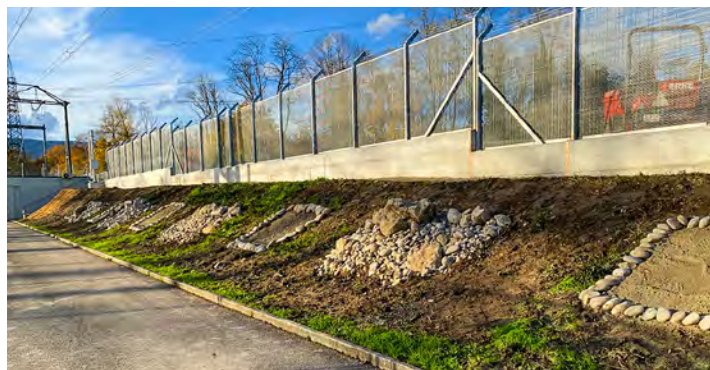
Im Einsatz für die Biodiversität

Magerwiesen mit ihren zahlreichen Pflanzenarten wären ein idealer Lebensraum, sind in der Schweiz jedoch selten geworden. Die Vielfalt und Häufigkeit von Wildbienenarten und auch von anderen Insekten hat durch diesen Verlust ihrer Nahrungs- und Nistmöglichkeiten deutlich abgenommen. Die Wildbienen spielen jedoch eine Schlüsselrolle für die Biodiversität, denn sie ermöglichen die Fortpflanzung von Wild- und Kulturpflanzen.

Eine der Massnahmen von Swissgrid ist es, Grünflächen wie beispielsweise Magerwiesen auf den Stromtrassen und bei

Unterwerken erst nach Mitte Juni oder nach der Blüte ein erstes Mal mähen zu lassen. Durch spätere und weniger Eingriffe kann sich so ein Lebensraum mit ausreichend Nahrungs- und Rückzugsangebot entwickeln.

Dabei wird, wo nötig, einer drohenden Verbuschung Einhalt geboten. Weitere Massnahmen betreffen den Schutz oder die Förderung von Sand- und Steinlinsen, damit die Wildbienen genügend Nistplätze vorfinden. Schottersteine und veritable Steinhäufen eignen sich hierfür ebenfalls und bieten auch Wieseln und anderen grösseren Tierarten ein Zuhause.



Sand- und Steinlinsen im Swissgrid Unterwerk in Gösgen

Manchmal zählen Sekunden

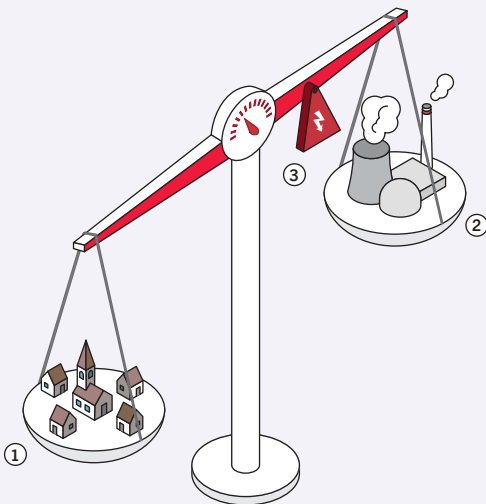
Herrscht ein Ungleichgewicht im Übertragungsnetz, braucht es ausgleichende Massnahmen. Da Swissgrid nicht selbst Strom produziert, wird dieser auf verschiedenen Märkten beschafft.

Für ein stabiles Übertragungsnetz muss die Menge an produziertem und verbrauchtem Strom gleich sein. Nur dann funktioniert die Stromversorgung bei einer Frequenz von 50 Hertz. Doch diese Frequenz schwankt. Ist der Verbrauch elektrischer Energie höher als die Produktion, sinkt die Frequenz unter 50 Hertz. Ist der Stromverbrauch tiefer als die Produktion, dann liegt die Frequenz höher.

Abweichungen sind normal

Schwankungen in der Stromproduktion und im Strombedarf sind alltäglich: Das Wetter kann für mehr oder weniger Nachfrage sorgen oder die arbeitsfreie Zeit am Wochenende den Stromverbrauch der Wirtschaft senken. Diese Veränderungen berücksichtigt Swissgrid in der laufenden Planung des Netzbetriebs. Bei unvorhergesehenen Ungleichgewichten wie einem Kraftwerks- oder Leitungsausfall ist dann schnelles Handeln gefragt. Innerhalb von Sekunden muss mehr elektrische Energie ins Netz eingespeist oder die Produktion gedrosselt werden. Damit dies so kurzfristig möglich ist, kommt Regelennergie zum Einsatz. Sie stellt eine Reserve dar, die von in- und ausländischen Kraftwerken für den kurzfristigen Gebrauch bereitgehalten und bei Bedarf aktiviert wird.

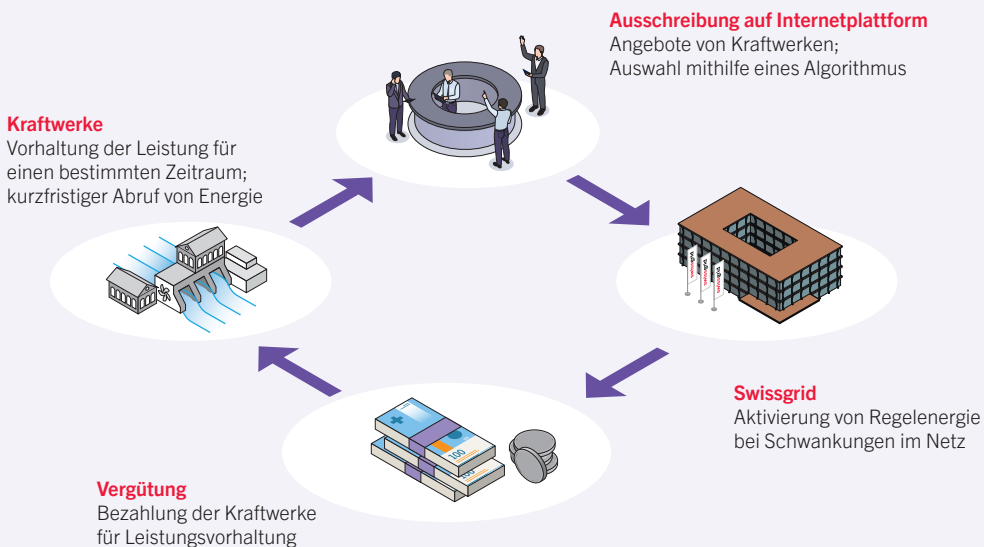
Gleichgewicht herstellen



Die Netzfrequenz kann 50 Hertz unterschreiten, wenn der Stromverbrauch ① höher ist als die Produktion ②. Mittels Regelennergie ③ wird dann das Gleichgewicht wiederhergestellt.

Beim Einsatz von Regelennergie gehen die Übertragungsnetzbetreiber in Europa dreistufig vor: Wenige Sekunden nach einem Ereignis, wie etwa dem Ausfall eines Kraftwerks, werden automatisch die Primärregelreserven eingesetzt. Diese werden – ebenfalls automatisch – nach

Beschaffung und Vergütung von Regelreserven



wenigen Minuten von den Sekundärregelreserven abgelöst. Ist die Unausgeglichenheit zwischen Produktion und Verbrauch auch nach 15 Minuten noch nicht behoben, kann die Netzleitstelle manuell Tertiärregelreserven aktivieren.

Eigene Märkte für Regelreserven

Damit Regelreserven jederzeit zur Verfügung stehen, beauftragt Swissgrid Kraftwerke mit deren Vorhaltung. Die drei unterschiedlichen Frequenzregelungsprodukte beschafft Swissgrid in eigens aufgebauten Regelleistungsmärkten: Die erforderliche Leistung wird auf Internetplattformen ausgeschrieben. Dort platzieren die Kraftwerke ihr Angebot zu einem bestimmten Preis. Bei einem Zuschlag haben die Kraftwerke die Pflicht, die gebotene Leistung in einem bestimmten Zeitraum vorzuhalten. Dafür werden sie

von Swissgrid entschädigt. Eine weitere Entschädigung erfolgt an die Kraftwerke, wenn Sekundär- und Tertiärregelenergie tatsächlich eingesetzt werden müssen.

Den Markt mitgestalten

Swissgrid gestaltet die Weiterentwicklung der relevanten Märkte aktiv mit. Zum Beispiel durch die effizientere Gestaltung der Ausschreibungen zur Beschaffung der Regellenergie im In- und Ausland. Oder durch Produktlösungen und Preismechanismen, die es Wasserkraftwerken erlauben, ihre hohe Flexibilität bei der Stromproduktion besser zu vermarkten.



Mehr erfahren:
[swissgrid.ch/regelleistung](https://www.swissgrid.ch/regelleistung)

A portrait of Adrian Bult, an older man with grey hair, wearing a blue and white patterned blazer over a white shirt. He is sitting and smiling slightly, with his hands clasped in front of him. The background is dark and out of focus, with a teal object visible in the upper left.

«Swissgrid wird zu einem digitalisierten Unternehmen.»

Ein Gespräch zur Strategie 2027 mit
Adrian Bult, Verwaltungsratspräsident.

Das Energiesystem und damit das Übertragungsnetz sind im Wandel. Swissgrid geht die damit verbundenen Herausforderungen strategisch an und leistet so einen wesentlichen Beitrag zur Schweizer Energiestrategie.

Energiekrise – dieses Schlagwort hat 2022 geprägt. Herr Bult, wie war Swissgrid von dieser Krise betroffen?

Kurzfristig galt es zu gewährleisten, dass die Stromversorgung im Winter in der Schweiz sichergestellt ist. Die notwendigen Massnahmen haben Swissgrid wie auch alle anderen Akteure im Stromsystem schnell umgesetzt. Diese Fähigkeit, pragmatisch auf eine Krisensituation zu reagieren, sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass wir mehr tun müssen als nur akute Probleme anzugehen.

Um die Versorgungssicherheit langfristig zu gewährleisten und einen Beitrag zur Umsetzung der Energiestrategie des Bundes zu leisten, setzt Swissgrid ein breit gefächertes Massnahmenbündel um. Dazu gehören gut sichtbare Aktivitäten wie die Modernisierung der Infrastruktur. Im Hintergrund passiert aber noch einiges mehr: Swissgrid baut selbst Marktplattformen auf und sucht nach Lösungen, um die erneuerbaren Energiequellen gewinnbringend in das System einzubinden. Ebenso engagieren wir uns sehr dafür, die Zusammenarbeit mit den europäischen Partnern sicherzustellen.

Ist diese Zusammenarbeit gefährdet?

Aktuell gibt es kein Stromabkommen zwischen der Schweiz und der EU. Als Folge ist die Schweiz von allen relevanten europäischen Gremien ausgeschlossen und wird nicht mehr in die unterschiedlichen Koordinationsprozesse einbezogen. Dabei sind wir aufgrund der 41 Verbindungen des Schweizer Übertragungsnetzes zu ausländischen Netzen ein zentraler Teil des kontinentaleuropäischen Verbundnetzes. Die fehlenden Beteiligungsmöglichkeiten haben negative Auswirkungen auf die Netzstabilität und die Versorgungssicherheit. Um diese abzufedern, steht Swissgrid derzeit in Verhandlungen über technische Abkommen mit europäischen Übertragungsnetzbetreibern.

Neben diesen Herausforderungen befindet sich das Energiesystem grundsätzlich im Wandel. Was heisst das für die Stromversorgung?

Bei der Transformation des Energiesystems stehen erneuerbare Energie wie Sonne, Wind, Wasser, Biomasse oder Geothermie im Fokus. Diese Ressourcen gehen mit stark ändernden Produktionsmustern und volatilen Stromflüssen einher und sorgen für wesentlich mehr Komplexität wie auch Volatilität im System. Das Stromnetz muss daher zukünftig zusätzliche Herausforderungen bei Produktion, Einspeisung, Verteilung und Speicherung von Strom bewältigen.

Diese Herausforderungen werden durch ein strukturelles Energiedefizit in der Schweiz verschärft: Wir sind im Winter abhängig von Stromimporten, die Umstellung auf erneuerbare Energien wie auch der Netzausbau gehen nur langsam voran. Für Swissgrid als ein wichtiges Bindeglied zwischen Produktion und Verbrauch heisst dies, sich intensiv mit Massnahmen zur Bewältigung dieser neuen Komplexität zu beschäftigen.

Wie bereitet sich Swissgrid auf den Wandel vor?

Wenn wir von Wandel sprechen, gilt es zwei Aspekte zu betrachten. Der erste betrifft Swissgrid als Unternehmen. In den letzten 10 Jahren haben wir

«Das Stromnetz muss daher zukünftig zusätzliche Herausforderungen bei Produktion, Einspeisung, Verteilung und Speicherung von Strom bewältigen.»

uns kontinuierlich verändert. Der Wandel ist also ein fortlaufender Prozess: Swissgrid nimmt seit der Übernahme des Netzbetriebes 2009 eine zentrale Rolle im Stromsystem ein, übernimmt immer wieder neue Aufgaben und richtet sich als Organisation zukunftsgerichtet aus.

Der zweite, zentrale Aspekt beim Wandel ist das Übertragungsnetz. Als Betreiberin des Übertragungsnetzes verantwortet Swissgrid die vorausschauende Weiterentwicklung und kontinuierliche Modernisierung sowohl der Infrastruktur als auch der mit dem Netz verbundenen Dienstleistungen.

Die Evolution von Swissgrid als Organisation und die des Netzbetriebs sind voneinander abhängig. Darum erarbeiten wir im Fünfjahresrhythmus ein Strategiepapier, das alles miteinander verzahnt. Als Blick nach vorne stellt die Strategie sicher, dass Swissgrid aktiv Entwicklungen antizipiert und sich entsprechend darauf vorbereitet.

Was beinhaltet die Strategie konkret?

In unserer Strategie 2027, die der Verwaltungsrat letztes Jahr genehmigt hat, definieren wir fünf Schwerpunkte, um die Energiezukunft mitzugestalten. In jeweils einem Wort beschrieben geht es um Versorgungssicherheit, Netzinfrastruktur, Digitalisierung bzw. Innovation, Unternehmensentwicklung und Resilienz.



Zur Person
Adrian Bult

Adrian Bult ist seit 2006 Mitglied und seit 2012 Präsident des Verwaltungsrats von Swissgrid. Zwischen 2007 und 2012 war Adrian Bult Mitglied der Geschäftsleitung (COO) bei der Avaloq Evolution AG. Bis 2007 hatte er verschiedene Führungsfunktionen bei der PTT/Swisscom inne, zuletzt als CEO Swisscom Mobile. Zuvor war er Mitglied der Geschäftsleitung von IBM Schweiz.

Können Sie diese Schlüsselbegriffe bitte etwas ausführlicher erklären?

Wie bereits gesagt, kann die Schweiz die **Versorgungssicherheit** beim Strom nur im Verbund mit Europa gewährleisten. Unsere Bemühungen diesbezüglich sind ein Schritt in die richtige Richtung, ein Abkommen mit der EU bleibt für Swissgrid das ultimative Ziel. Ein weiterer Fokus liegt auf der Modernisierung der **Netzinfrastruktur**. Die Transformation des Energiesystems kann nur gelingen, wenn die Netze an die neuen Anforderungen angepasst werden. Effizientere Realisierung, Bewirtschaftung sowie optimale Netzverfügbarkeit und -kapazität sind wichtige Stichworte hierzu. Hierfür spielen digitale Lösungen eine entscheidende Rolle.

Wie weit ist Swissgrid in Bezug auf die digitale Transformation?

Swissgrid wird sich zu einem digitalisierten Unternehmen entwickeln. Dies ist ebenfalls in der Strategie 2027 festgehalten. Ohne die **Digitalisierung** können wir die zukünftige Komplexität des Energiesystems gar nicht bewältigen. Sei es bei baulichen Massnahmen, der Steuerbarkeit des Netzes oder automatisierten Massnahmen bei ungeplanten Stromflüssen aus EU-Ländern – wir müssen die notwendigen technologischen und datentechnischen Voraussetzungen schaffen. Dafür werden wir auch das Innovationsnetzwerk von externen Partnern nutzen.

Die Digitalisierung bietet Chancen wie auch Risiken. Wie bereitet sich Swissgrid auf letztere vor?

Das Übertragungsnetz wie auch das ganze Stromnetz gehören zu den kritischen Infrastrukturen in

Mit der Strategie 2027 die Energie-zukunft mitgestalten

der Schweiz. Daher analysieren wir die Rahmenbedingungen permanent. Für Gefahren wie Energiekrisen, Klimawandel, Pandemien oder Cyberkriminalität braucht es einen hohen Schutz- und Bereitschaftsgrad. Swissgrid muss über eine **resiliente Organisation und Infrastruktur** verfügen und sich kontinuierlich an die sich verändernden Anforderungen an das Sicherheitsdispositiv, die Notfallbereitschaft, das Krisenmanagement sowie das Management der Betriebskontinuität anpassen.

Was heissen all diese Veränderungen für Swissgrid als Unternehmen?

Die Implementierung der technischen Voraussetzungen wie auch der entsprechenden Lösungen nützen uns nichts, wenn Swissgrid nicht die relevanten **Kompetenzen im Unternehmen** vereinen kann. Diese sind nun identifiziert und werden mit Weiterbildungsmaßnahmen gefördert. Mit Blick auf die digitale Transformation muss sich ausserdem die Unternehmenskultur weiterentwickeln. Wie in anderen Unternehmen auch braucht es bei Swissgrid ein offenes Mindset, um die durch die Digitalisierung verursachten Veränderungen in die Arbeits- und Denkweise zu integrieren. Ein solches Mindset manifestiert sich in Proaktivität, Gestaltungsmotivation aber auch in einem konstruktiven Umgang mit Fehlversuchen.

Und schliesslich wird auch das Thema **Nachhaltigkeit** weiter an Bedeutung gewinnen. Swissgrid hat ihre Geschäftstätigkeit bereits in den vergangenen Jahren nachhaltig ausgerichtet. In der kommenden Strategieperiode wird Corporate Social & Environmental Responsibility strategisch verankert und der Beitrag des Unternehmens zur Nachhaltigkeit transparent kommuniziert.

In regelmässigen Strategiezyklen legt Swissgrid Ziele fest, damit das Übertragungsnetz wie auch Swissgrid selbst optimal für die Herausforderungen des sich wandelnden Energiesystems gewappnet sind.

Das Jahr 2023 ist der Startpunkt für die neue, fünfjährige Strategieperiode von Swissgrid. Die Strategie 2027 ist das Resultat einer bereichsübergreifenden Zusammenarbeit. Im Fokus für die kommenden Jahre stehen fünf Schwerpunkte.

Versorgungssicherheit

Europäische Integration dank bilateraler Verträge. Wandel im Energiesystem mit Digitalisierung begegnen.

«Für die Versorgungssicherheit ist die Vernetzung und die Zusammenarbeit mit Europa entscheidend. Um dies zu gewährleisten, engagiert sich Swissgrid mit bilateralen Verträgen für die europäische Integration des Schweizer Übertragungsnetzes auf technischer Ebene. Ein Stromabkommen mit der EU bleibt für Swissgrid jedoch das ultimative Ziel.

Mit der Transformation des Produktionsmix und der Dezentralisierung des Stromsystems steigen die Anforderungen an uns. Um die Steuerbarkeit des Netzes zu erhöhen, setzen wir bauliche Massnahmen um, verändern betriebliche Prozesse und setzen im Systembetrieb digitale Lösungen zur datengetriebenen Entscheidungsfindung ein.»



Emanuele Colombo
Senior Strategic Advisor

Grid Transfer Capacity

Effiziente Realisierung und Bewirtschaftung des Übertragungsnetzes. Datengesteuertes Anlagenmanagement.

«Der Ausbau der Netzinfrastruktur ist entscheidend, damit die Transformation des Schweizer Energiesystems gelingt. Dafür plant Swissgrid bereits heute das Strategische Netz 2040. Dazu gehört eine beschleunigte Modernisierung des Übertragungsnetzes, die u.a. durch digitale Lösungen erleichtert werden soll.

Mit einer komplett digitalisierten Netzinfrastruktur sowie dem Einsatz von Hilfsmitteln wie Drohnen und Robotern unterstützen wir ein datengesteuertes Anlagenmanagement. Dadurch wird die Verfügbarkeit und Kapazität des bestehenden Netzes erhöht.»



Dominic Moser
Head of Strategic Asset Management

Safety & Security

Gefährdungen minimieren. Erhöhung der Resilienz der Kernprozesse.

«Das Übertragungsnetz gehört zu den kritischen Infrastrukturen in der Schweiz. Entsprechend hat Sicherheit für Swissgrid oberste Priorität. Wir schützen die Kernprozesse unserer Geschäftstätigkeit, um die Gefährdung eines sicheren Betriebs des Übertragungsnetzes zu vermeiden bzw. zu minimieren.

Zu den Massnahmen dafür gehören der Schutz der Infrastruktur, die Sicherheit der Mitarbeitenden sowie von Daten und von Systemen, ebenso sowie Lösungen für die Gewährleistung der Betriebsprozesse im Ereignisfall und während Krisen.»



Philipp Isler
Head of Security Operations & CSO

Innovation und Digitalisierung

Innovation als Chance. Digitale Transformation umsetzen.

«Das Stromsystem wird zunehmend komplexer und volatiler. Digitale Lösungen und innovative Ansätze sind Schlüsselfaktoren, um das Stromnetz auch zukünftig sicher und effizient zu betreiben. Innovation und Digitalisierung stellen daher Fokusbereiche der Strategie dar.

Ziel ist es, die Zusammenarbeit mit unseren Partnern zu digitalisieren, Prozesse zu automatisieren sowie neue Geschäftsmodelle und Technologien zu unterstützen. Dafür schaffen wir systematisch die notwendigen Voraussetzungen: technologisch, datentechnisch, personell und kulturell.»



Christiane Harling
Strategy Manager

Operational Excellence

Organisation nachhaltig ausrichten. Entwicklung der Unternehmenskultur und -kompetenzen.

«Operational Excellence hat zwei wichtige Dimensionen, die zu einer nachhaltigen Geschäftstätigkeit beitragen. Im Einklang mit den UN-Zielen für nachhaltige Entwicklung setzt Swissgrid Massnahmen um, die die soziale und ökologische Verantwortung des Unternehmens adressieren.

Gleichzeitig fördern wir die zukunftsgerichteten Kompetenzen der Mitarbeitenden und eine attraktive Unternehmenskultur, um als Arbeitgeberin auch künftig Fachkräfte zu gewinnen und zu binden.»



Michelle Roth
Head of Communication & Stakeholder Affairs

Dezentrale Stromproduktion bewältigen

Um den Netzbetrieb für die zunehmend dezentralen und flexiblen Energieressourcen zu rüsten, setzt Swissgrid gemeinsam mit Verteilnetzbetreibern auf die Blockchain-Technologie.

Swissgrid und die Verteilnetzbetreiber arbeiten innerhalb des Schweizer Stromsystems eng zusammen. Nun werden diese Kooperationen weiter vertieft. Ziel ist es, dezentrale und flexible Energiequellen sowie Prosumer (Produzenten und gleichzeitig Konsumenten von Strom) besser zur Stabilisierung des Netzes einbinden zu können. Das betrifft vor allem Heimbatteriespeicher, Photovoltaikanlagen, Wärmepumpen oder auch die Elektromobilität.

Pilotprojekt mit der ewz

Um die Optionen für diese Einbindung zu evaluieren, haben Swissgrid und die ewz ein Pilotprojekt in Verbindung mit der Crowd-Balancing-Plattform Equigy durchgeführt. Equigy ermöglicht mittels Blockchain-Technologie, kleine und flexible Energieressourcen einfacher zu bündeln, zu steuern und für die Stabilisierung des Netzes einzusetzen. Der Fokus des Pilotprojekts lag darauf, festzustellen, wie die flexiblen Energiequellen nicht nur zur Stabilisierung des Übertragungsnetzes, sondern auch des Verteilnetzes eingesetzt werden können.

Zukunftsgerichtete Zusammenarbeit

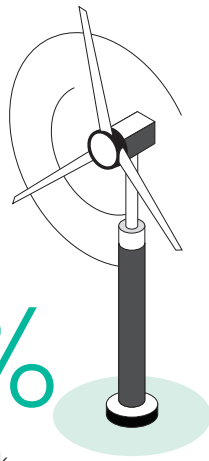
Um die Dezentralisierung und damit die zunehmende Komplexität des Energiesystems bewältigen zu können, werden Kooperationen zwischen den Betreibern der verschiedenen Stromnetzebenen zukünftig noch mehr Bedeutung bekommen. Im Fokus stehen dabei Projekte, um die Prozesse zwischen Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern nach und nach zu automatisieren.



Mehr als eine Möglichkeit

Die Schweiz gilt als Wasserschloss Europas. Da verwundert es nicht, dass Wasserkraft den grössten Anteil an der einheimischen Stromproduktion ausmacht. Noch findet diese zentral an wenigen Orten statt. Doch mit der Energiewende wird die Stromproduktion vielfältiger und zunehmend dezentraler. Das bringt Vorteile, es braucht aber zusätzliche Stromspeicher und Anpassungen in der Netzinfrastruktur, um die Stromversorgung sicherzustellen.

80%



des Stroms aus Schweizer Steckdosen wurde 2021 mit erneuerbaren Energien produziert.

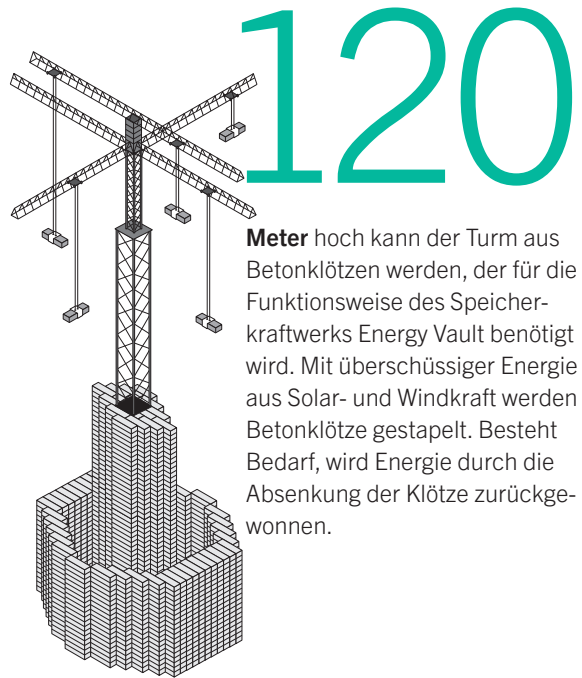
Über 80%

der Elektrizitätsunternehmen befinden sich im Eigentum der **öffentlichen Hand**. Über die politischen Mitbestimmungsrechte kann die Stimmbevölkerung daher Einfluss nehmen.



In neun

der zehn letzten Winter reichte die inländische Produktion nicht aus, um den Strombedarf der Schweiz zu decken.



120

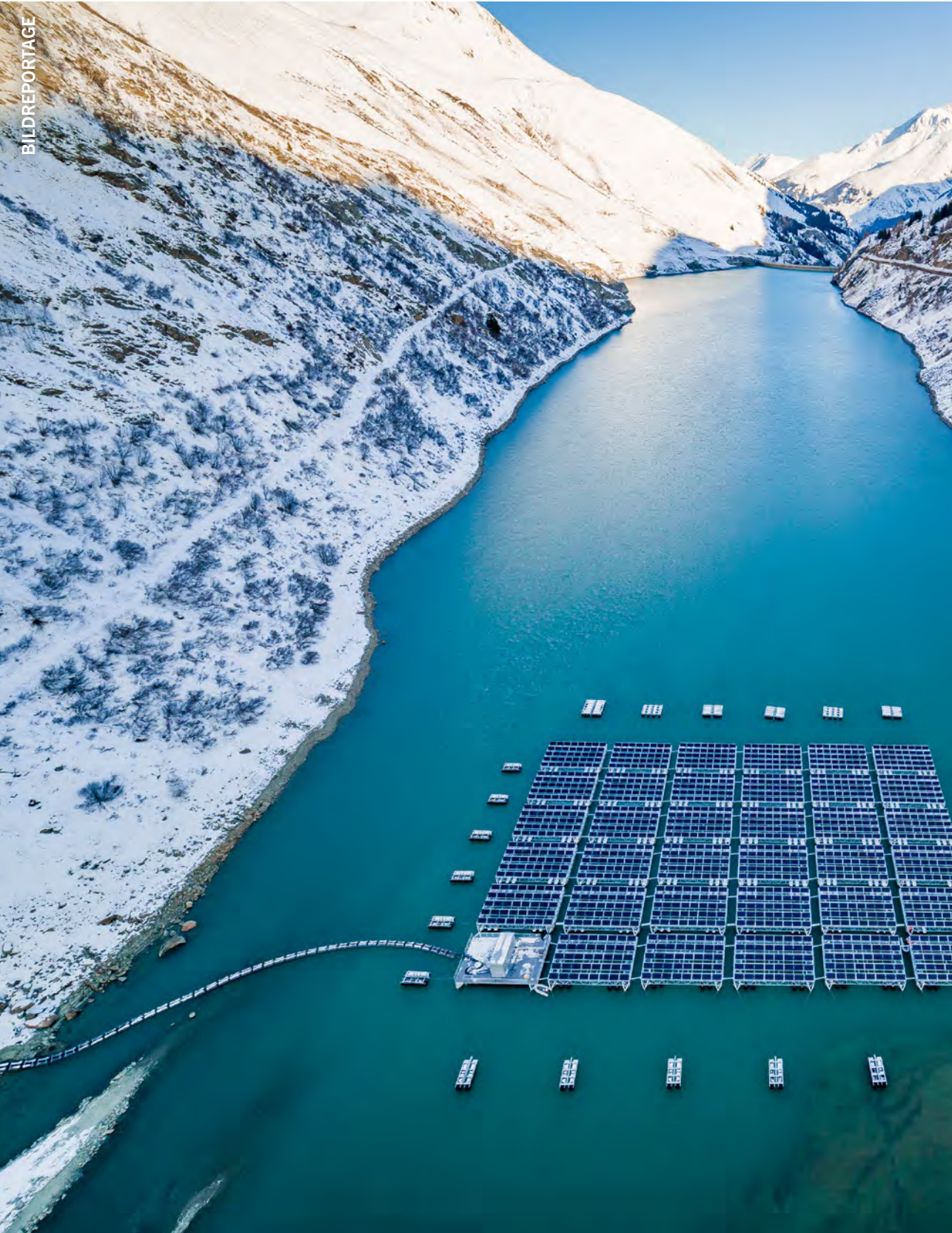
Meter hoch kann der Turm aus Betonklötzen werden, der für die Funktionsweise des Speicherkraftwerks Energy Vault benötigt wird. Mit überschüssiger Energie aus Solar- und Windkraft werden Betonklötze gestapelt. Besteht Bedarf, wird Energie durch die Absenkung der Klötze zurückgewonnen.

35

Walliser Gletscher speisen den Stausee hinter der Staumauer Grande Dixence. Mit 285 Metern ist sie die höchste Gewichtstaumauer der Welt. An der Basis ist dieser Energiespeicher rund 200 Meter breit, dies entspricht der Länge von zwei Fussballfeldern.

Über 650

Elektrizitätsunternehmen versorgen die Schweiz mit Strom aus Wasserkraft, Photovoltaik, Wind, Kernenergie, Abfall und weiteren Energiequellen. Ausserdem übernehmen sie Aufgaben wie Stromspeicherung, Betrieb von Teilen des Stromnetzes oder Stromlieferung an Endkunden.



Wasser und Sonne. Neben Wasserkraft spielt Photovoltaik eine immer wichtigere Rolle.



Erneuerbare Energien in der Hauptrolle. Die Schweiz setzt schon lange auf erneuerbare Energiequellen. Wasserkraft macht dabei einen Grossteil der Produktion aus.



Schwerkraft nutzen. Innovative Konzepte ermöglichen neue Formen der Energiespeicherung.



Produzieren und verbrauchen. Private Haushalte machen immer mehr beides.

In- und ausländisch. Statt an wenigen zentralen Orten wird Strom immer mehr am Verbrauchsort produziert oder kommt als erneuerbare Energie von weit her.





Grenzenlose Energie. Auch Windenergie aus Spanien trägt zur Schweizer Stromversorgung bei.



«Energie sollte
möglichst dort
produziert
werden, wo sie
verbraucht wird.»



3 Fragen an Dr. Kristina Orehounig — das Kurzinterview:
youtube.com/swissgridag

Wenn der Umstieg auf die erneuerbaren Energien gelingen soll, braucht es eine verstärkte Elektrifizierung sowie Vernetzung der Gebäude und Mobilität auf der regionalen und lokalen Ebene.

Frau Orehounig, vor welchen Herausforderungen steht das Schweizer Energiesystem?

Auf nationaler Ebene ist das sicherlich der Ausbau der erneuerbaren Energieträger, weil die Schweiz da hinterherhinkt. Nicht minder wichtig ist die Steigerung der Energieeffizienz und gleichzeitig auch ein sparsamerer Verbrauch. Klar ist, dass wir auch in Zukunft Energie importieren müssen, wobei sich die Frage stellt, in welcher Form und zu welcher Zeit. Die Vernetzung mit den umliegenden Ländern wird weiterhin eine zentrale Rolle spielen. Der beste Rahmen dafür wäre natürlich ein Energie- oder wenigstens ein Stromabkommen mit der EU. Vor allem wenn Wasserstofftechnologien grössere Verbreitung finden und in Europa eine entsprechende Infrastruktur aufgebaut wird, sollte die Schweiz auch ein Teil davon sein.

Sieht es auf regionaler und lokaler Ebene anders aus?

Wenn der Umstieg auf die erneuerbaren Energien gelingen soll, dann gehören die Elektrifizierung der Gebäude und der Mobilität auf der regionalen und lokalen Ebene zu den wichtigsten Massnahmen. Im weiteren Sinne sprechen wir von Sektorenkopplung, soll heissen, die Verbindung der Sektoren Energie, Wärme und Verkehr. Ein Beispiel ist, die Abwärme aus Kühlung und industriellen Prozessen zu nutzen, wo immer möglich. Hier gibt es noch ein beträchtliches Potenzial. Ebenso ist es notwendig, dass auf der lokalen Ebene erneuerbare Energie gewonnen wird – soll heissen, dass Produktion und Verbrauch am selben Ort stattfinden. Ergänzend müssen Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz weitergeführt werden.

Gibt es eine Produktionstechnologie, die zukünftig dominieren wird?

Es wird nicht eine Technologie geben, mit der die Klimaproblematik gelöst und der Ausstieg aus der heutigen Kernenergie-technologie geschafft werden kann, sondern viele verschiedene, wie wir sie bereits heute einsetzen. Die Wasserkraft wird sicherlich auch in Zukunft eine dominante Rolle spielen. Dasselbe gilt für die Solarenergie, deren Bedeutung

laufend zunimmt. Einen untergeordneten, aber dennoch wichtigen Platz nehmen in der Schweiz auch Erdwärme, Biomasse oder Windenergie ein. Eine grosse Herausforderung ist es, dass erneuerbare Technologien zu unterschiedlichen Zeiten ihre Energiepotenziale haben, also nicht immer dann zur Verfügung stehen, wenn wir sie brauchen. Deshalb kann die Energiewende nur gelingen, wenn vermehrt Speicher- und Energieumwandlungstechnologien zusammen als System eingesetzt werden. Nur so können wir die Energielücke in den Wintermonaten schliessen. Konkret gilt es, die verschiedenen Energieträger und die Verbraucher miteinander zu vernetzen und in dieses System verschiedenste Speichertechnologien zu integrieren.

Was kann Ihr «Energy Hub Approach» zur Lösung dieser Herausforderungen beitragen?

Der Energy Hub Approach ist darauf ausgerichtet, die Energieflüsse in einem System – sei es ein Quartier oder eine ganze Stadt – optimal zu regeln sowie die Lastspitzen auszugleichen. Somit soll ein Hub dazu beitragen, dass in nicht allzu ferner Zukunft gewisse Gebäude, z.B. historische Bauten, zwar immer noch Energie konsumieren, aber viele andere Bauten energiepositiv sind und Energie liefern können. Soll heissen, dass sie auf die Bereitstellung von erneuerbarer Energie ausgelegt sind. Der erstrebte Ausgleich kann mittels Strom- oder auch mittels Wärmenetz stattfinden. Zusätzlich kommen kurzfristige Speicher in Form von Batterien zum Einsatz und auch langfristige Speicher, z. B. in Form von Erdwärmespeicher. Damit kann sich ein

Quartier unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Kriterien nicht vollständig, aber mehrheitlich selbst mit Energie versorgen.

Sie sprechen von Quartieren und Gebäuden.

Verlagert sich die Produktion in die Städte?

Unsere Städte und Gebäudeparks eignen sich in idealer Weise zur Gewinnung von Solarenergie. Auch die Nutzung der Erdwärme mittels Erdwärmesonden ist relevant, wobei die Möglichkeiten für Bohrungen im urbanen Raum eingeschränkt sind. Dazu kommt die Abwärme von Kehrlichtverbrennungs-, Industrie- oder Klimaanlage, die immer öfter in Wärmenetzverbände eingespeist wird. Mindestens so wichtig ist die Rolle der Städte, wenn es um den Energieverbrauch geht. Der Anteil von rund einem Drittel von Haushalten am landesweiten Verbrauch verdeutlicht dies. Nicht zuletzt, da dort teilweise immer noch fossile Energieträger zum Einsatz kommen. Dass ein weiteres Drittel des Gesamtverbrauchs der Schweiz auf die Mobilität zurückgeht, zeigt die Grösse des Hebels, den unsere Städte haben. Hier ist es zentral, dass die Elektrifizierung der Mobilität vorangetrieben wird und möglichst erneuerbare Energiequellen zum Einsatz kommen. Auch das Demand-Side-Management muss ausgebaut werden, damit der Energieverbrauch zu Zeiten der Verfügbarkeit stattfindet und besser auf das jeweilige Energiepotenzial abgestimmt ist.



Zur Person

Dr. Kristina Orehounig

Kristina Orehounig leitet die Abteilung für urbane Energiesysteme an der Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa). Sie ist ausserdem Dozentin am Departement für Architektur der ETH Zürich, Schweiz und Lead-Principal Investigator des Cooling-Singapore-Projekts am Singapore ETH Centre in Singapore. Ihre Forschungsinteressen umfassen u.a. die Entwicklung von nachhaltigen Konzepten für die Planung und den Betrieb von Gebäuden, die Integration von erneuerbaren Energiesystemen sowie die Simulation und Optimierung von Gebäuden und städtischen Energiesystemen. Promoviert hat Kristina Orehounig an der Technischen Universität Wien, Österreich.

«Unsere Städte eignen sich in idealer Weise für die Gewinnung von Solarenergie. Genauso wichtig ist die Rolle der Städte, wenn es um den Energieverbrauch geht.»

Werden zukünftig auf den meisten Häusern Solaranlagen und Windräder stehen?

Wenn wir rasch auf erneuerbare Energien umstellen wollen, dann brauchen wir vor allem Dachflächen für die Solarproduktion. In den derzeitigen Szenarien wird davon ausgegangen, dass etwa ein Viertel der Dachflächen bis 2050 mit Photovoltaikanlagen ausgestattet werden muss. Zusätzlich werden auch alpine Solar- und Windkraftanlagen vonnöten sein. Es gibt zwar Lösungen für Kleininstallationen von Windrädern in urbanen Gebieten, eine grossflächige Verbreitung ist aber aufgrund des Lärms wie auch des Windpotenzials fraglich.

Haben Sie selbst eine Solaranlage auf dem Dach?

Beim Haus, in das wir gerade gezogen sind, gibt es eine Solaranlage auf dem Dach. Als Mieter nutzen wir die so gewonnene Energie aber nicht selbst, sondern diese wird direkt ins Netz eingespeist. Wir haben uns aber in ein Grossprojekt eingekauft, das von einem Energieversorger auf Schuldächern betrieben wird. Auf diese Weise können wir genügend Energie beziehen, um unseren Bedarf als Familie zu decken. Auch hier besteht die Problematik, dass der Solarstrom nicht immer verfügbar ist, insbesondere in den Abendstunden.

Von einer Form in die andere

Elektrische Energie kann nicht einfach entstehen, sondern nur aus einer Energieform in eine andere umgewandelt werden. Die Möglichkeiten hierfür sind vielfältig.



Kinetische Energie

Bewegungsenergie wie Wind oder fließendes Wasser. Die Umwandlung erfolgt zum Beispiel durch Wasser- und Windkraftwerke.



Thermische Energie

Energie, die in der ungeordneten Bewegung der Atome oder Moleküle eines Stoffes gespeichert ist. In Dampfkraftwerken wird die thermische Energie von Wasserdampf in die kinetische Energie einer Rotationsbewegung umgewandelt.



Strahlungsenergie

Licht oder Wärme ist Energie, die von elektromagnetischen Wellen transportiert wird. Die Umwandlung von Sonnenstrahlung erfolgt zum Beispiel durch Photovoltaik.



Potenzielle Energie

Lageenergie wie gestautes Wasser oder ein hoch liegender Gegenstand. Die Umwandlung erfolgt zum Beispiel durch Pumpspeicherkraftwerke.



Kernenergie

Energie, die in Atomkernen enthalten ist. Mittels Kernspaltung wird Sekundärenergie wie Strom erzeugt. Dabei nutzt man die entstehende Hitze-Strahlung, um Wasser in Dampf umzuwandeln. Dieser wiederum treibt Turbinen für die Stromerzeugung an.



Elektrische Energie

Energie, die mittels der Elektrizität übertragen oder in elektrischen Feldern gespeichert wird. Dazu gehören Blitze oder «fließende» elektrische Ladungen. Die Umwandlung erfolgt mit Elektromotoren oder Generatoren.



Chemische Energie

Energie, die in chemischen Formen wie Holz oder Erdöl gespeichert ist. Sie wird bei chemischen Reaktionen wie dem Verbrennen von Kraftstoffen in Motoren freigesetzt.

Die Energiezukunft ist dezentral

Verbraucher und Produzenten zugleich

Im Energiemarkt galten private Haushalte lange lediglich als Nachfrager von Energie. Längst sind viele nicht mehr nur Konsumenten, sondern produzieren selbst dezentral Energie. Als Prosumer (eine Wortkombination aus «producer» und «consumer») gewinnen solche Haushalte zunehmend an Bedeutung im Energiesystem der Zukunft.

Prosumer beziehen ihren Strom, wenn immer möglich, aus ihrer eigenen Energieproduktion. Damit überschüssige Energie nicht verloren geht, ermöglichen Speichermöglichkeiten im eigenen Haus die Nutzung zu einem späteren Zeitpunkt. Durch eine intelligente Steuerung von Energieverbrauch und -erzeugung können Prosumer zudem einen Beitrag zur Entlastung der Netze und für die Netzstabilität leisten.

Soll die Energiewende gelingen, muss Strom verstärkt dort produziert werden, wo der Verbrauch stattfindet: dezentral. Dazu braucht es möglichst viele Prosumer, eine weitere Vernetzung und den Einsatz von Speicher- und Energieumwandlungstechnologien.

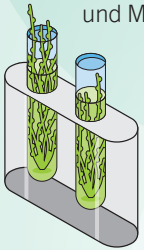
Speicher entlasten das Stromnetz

Das Stromnetz wurde ursprünglich für einen gleichmässigen Energiefluss konzipiert. Mit der Zunahme der erneuerbaren Energiequellen muss es je länger, desto mehr an eine schwankende Stromerzeugung angepasst werden. Für die Pufferung dieser Schwankungen kommen sowohl Stromspeicher als auch Energieumwandlungstechnologien zum Einsatz.

Stromspeicher wie Klein- und Grossbatterien können Energie über einen längeren Zeitraum aufnehmen und bei Bedarf wieder abgeben. Dies ermöglicht, dass überschüssige Energie nicht verloren geht. Ebenso kann diese als Regelenergie eingesetzt werden, um das Netz stabil zu halten.

Algen der Kraftstoff des Meeres

Aus dem Zucker eines Kilos Makroalgen können 40–60 Prozent Bioethanol und weitere 10 Prozent Biogas gewonnen werden. Da Algen beim Wachstum grosse Mengen CO₂ aus dem Meer und der Atmosphäre absorbieren, handelt es sich um eine sehr effiziente Energiequelle. Die Algenreste können zudem als Dünger oder Zutat für Lebensmittel und Medikamente genutzt werden.



Pilze die Verwandlungskünstler

Pilze oder Mycelien sind Meister des Recyclings und der Materialumwandlung. Sie verwandeln Biomasse äusserst effizient in klimaneutrale, vielseitig einsetzbare Werkstoffe. Gewisse Pilzarten können Produktionsabfälle aus der Holzindustrie und Landwirtschaft in Bioethanol umwandeln.



Vier mögliche Energiequellen der Zukunft

Der Bedarf an erneuerbaren und nachhaltigen Energiequellen wird in den kommenden Jahren und Jahrzehnten stark zunehmen. Weltweit suchen deshalb Forschende und Unternehmen nach Alternativen zu Wind, Sonne und Wasser.



Hanf der vielseitige Biosauger

Hanf wird schon seit Jahrtausenden genutzt – für ätherische Öle, Textilien, Papier, Segeltuch, Taue oder auch als Dämm- und Baumaterial. Eine weitere Superkraft der robusten Pflanze: Sie kann Böden entgiften. Und damit ist das Potenzial noch nicht ausgeschöpft, denn Hanf kann sogar für die Energiegewinnung genutzt werden. Es gibt bereits Verfahren, um Hanf nahezu rückstandlos in Methan und Wasserstoff umzuwandeln.

Holz Power für Schiffe

In der Bauwirtschaft gilt Holz schon seit längerem als einer der klimafreundlichsten Baustoffe. Holzreste können in Holzheizkraftwerken zu Strom und Wärme umgewandelt werden. Mithilfe eines speziellen Verfahrens kann aus ihnen auch Kraftstoff für die Schifffahrt gewonnen werden. Der Schlüssel liegt im Hauptbestandteil pflanzlicher Zellwände, Lignin. Das Biopolymer kann als Energieträger oder auch für die Herstellung von Medikamenten oder Materialien wie Kunstleder genutzt werden kann.





«Das Schweizer Übertragungsnetz ist kein isoliertes Stromnetz. Technisch wie auch rechtlich muss man über die Grenzen hinaus denken.»

Charlotte Rossat Senior Legal Counsel



«In virtuellen Modellen werden das Übertragungsnetz und sein Betrieb simuliert. Dabei werden grosse Mengen an Daten verarbeitet.»

Gianluca Bergami Data Engineer

Swissgrid bietet spannende und sinnvolle Aufgaben.

[swissgrid.ch/jobs](https://www.swissgrid.ch/jobs)

Quellen

- Bundesamt für Energie, [strompreis.elcom.admin.ch](https://www.strompreis.elcom.admin.ch), Borderstep Institut, [energieschweiz.ch](https://www.energieschweiz.ch), Bundesamt für Statistik (7)
- [strompreis.elcom.admin.ch](https://www.strompreis.elcom.admin.ch) (14)
- [strompreis.elcom.admin.ch](https://www.strompreis.elcom.admin.ch), Swissgrid, [die Abhängigkeit des Strompreises](https://www.energieschweiz.ch) (19)
- Swissgrid (21)
- [Wild und wertvoll](https://www.wildundwertvoll.ch) (40/41)
- Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen, Energy Vault, Bundesamt für Energie, Bundesamt für Statistik (51)

Impressum

Herausgeberin

Swissgrid AG, www.swissgrid.ch

Konzept und Gestaltung

SOURCE Associates AG, Zürich

Inhaltskonzept und Redaktion

open up AG, Zürich

Fotografie und Bildnachweise

Valentin Flauraud (für Romande Energie, 52), Tom Haller, Luxwerk, Stefan Walter, Raphael Zubler, Swissgrid, Getty Images, Keystone, Shutterstock

Produktion

Kromer Print AG, Wettingen



©2023 | Printed in Switzerland



«Die Weiterentwicklung der Spannungshaltung im Höchstspannungsnetz in firmen- und branchenweiter Zusammenarbeit ist essenziell für die Versorgungssicherheit.»

Fabian Streiff Senior Specialist Product Development



«Ohne IT-Infrastruktur geht im Übertragungsnetz nichts. Die Lösungen und Prozesse sind über alle Geschäftsbereiche eng verzahnt und müssen abgestimmt werden.»

Eva Romanczyk Projektleiterin und Requirements Engineer



«Das Übertragungsnetz geht alle an. Über verschiedenste Interessengruppen hinweg ist Swissgrid Brückenbauer, um die Zusammenarbeit zu fördern.»

Jérémie Plumejeau Stakeholder Affairs Manager



«Das Übertragungsnetz ist nie fertig und wird kontinuierlich erneuert. Anhand von Daten analysieren wir, wo Erneuerungsbedarf besteht.»

Martina Rohrer Head of Technical Asset Management

Strom hält die Welt und unser Land in Bewegung, Strom schafft Sicherheit, Lebensqualität und Wohlstand. Wir betreiben das Übertragungsnetz dauernd, zuverlässig, effizient und diskriminierungsfrei im Dienste der Schweizer Volks- und Elektrizitätswirtschaft. Wir konzipieren und bauen das Übertragungsnetz der Zukunft.

Dabei übernehmen wir Verantwortung für Gesellschaft und Umwelt.

Vernetzt im In- und Ausland setzen wir auf partnerschaftliche, marktbasierende Lösungen zur Weiterentwicklung des Energiesystems.

Sicherheit hat höchste Priorität bei allem, was wir tun.