

Woher kommt der Strom?





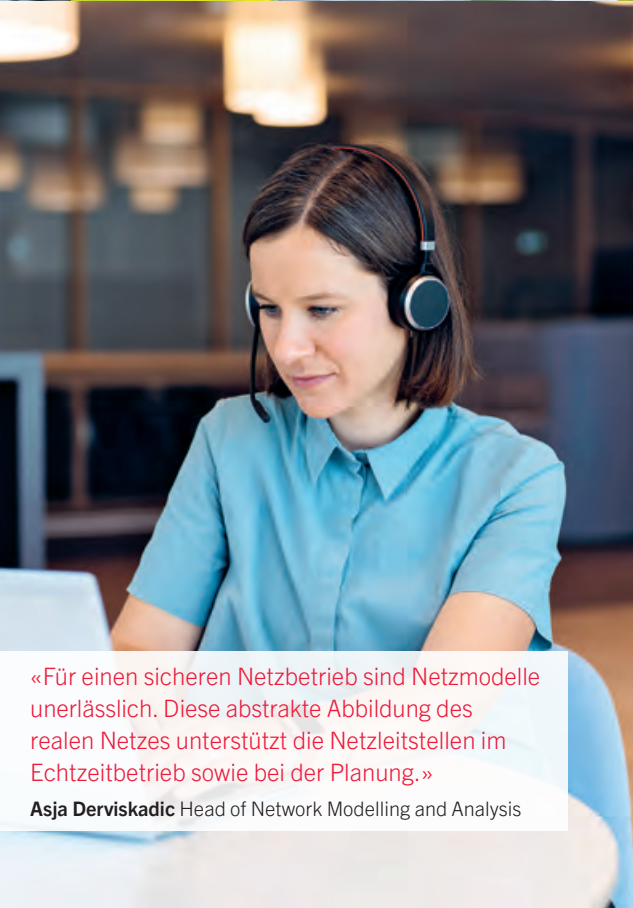
«Die Modernisierung des Übertragungsnetzes legt die Basis für eine nachhaltige Energiezukunft.»

Rafael Martín Roso Grid Project Manager



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

Charlotte Rossat Senior Legal Counsel



«Für einen sicheren Netzbetrieb sind Netzmodelle unerlässlich. Diese abstrakte Abbildung des realen Netzes unterstützt die Netzleitstellen im Echtzeitbetrieb sowie bei der Planung.»

Asja Derviskadic Head of Network Modelling and Analysis



«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.

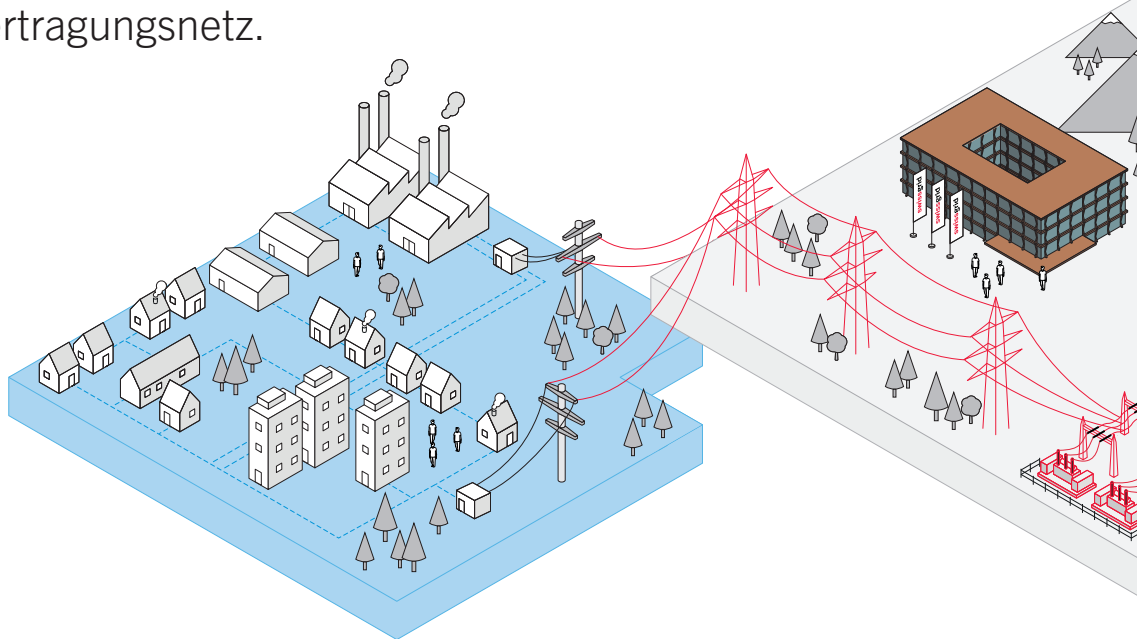
Damit Strom jederzeit zur Verfügung steht, sind die Swissgrid Mitarbeitenden rund um die Uhr im Einsatz. Sie überwachen die Stromflüsse und sorgen dafür, dass die Infrastruktur einwandfrei funktioniert. Um die Versorgung langfristig zu gewährleisten, plant Swissgrid bereits heute das Netz der Zukunft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



12 **DIALOG** Grösster ZEV der Schweiz – ein Gespräch mit Urs Buomberger

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

20 2 – Wie wird Strom transportiert?

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

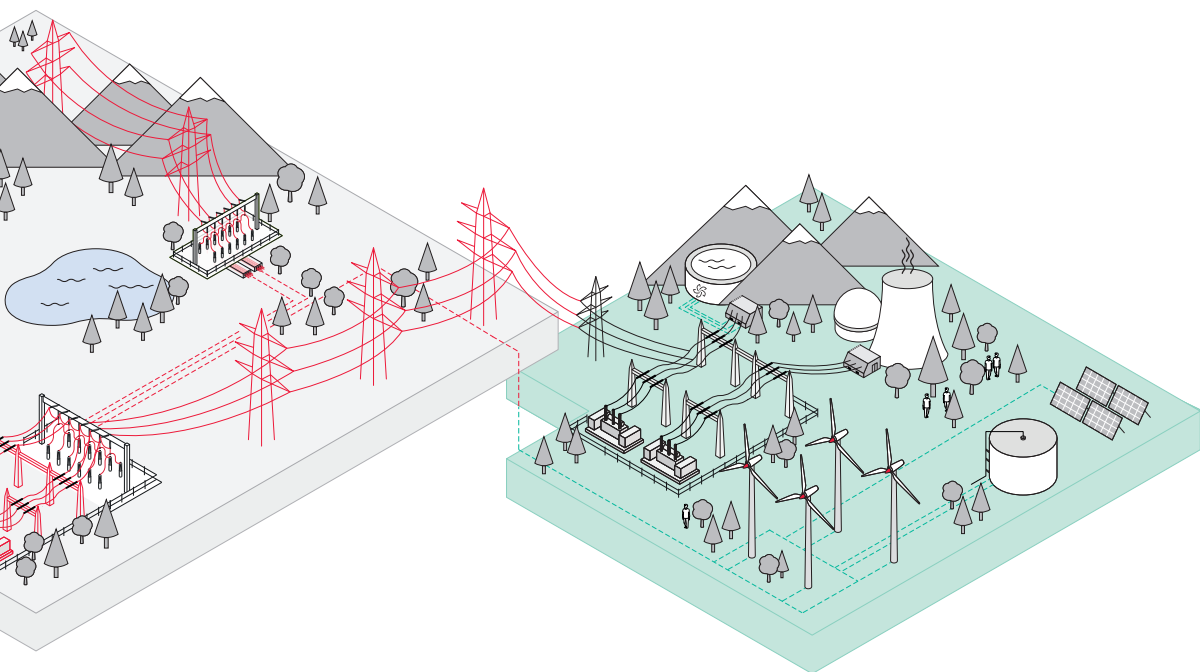
26 **STROMÜBERTRAGUNG** Sieben Schritte bis zum Ziel

28 **ÜBERTRAGUNGSNETZ** Diese Hardware braucht das Netz

30 **NETZLEITSTELLE** Hier laufen die Fäden zusammen

34 **VERSORGUNGSSICHERHEIT** Zukunftsorientierte Netzentwicklung

38 **NETZPROJEKTE** Höchstspannungsleitung Bassecourt – Mühleberg



- 40 UMWELTEINFLÜSSE** Strom ist nicht unsichtbar
- 42 NACHHALTIGKEIT** Neues Leben im Totholz
- 44 STROMMARKT** Manchmal zählen Sekunden



- 46 DIALOG** Übertragungsnetz im Wandel – ein Gespräch mit Nell Reimann

- 50 INNOVATION** Verbesserung der Photovoltaik-Prognosen

52 3 – Wie wird Strom produziert?

- 54 BILDREPORTAGE** Vielfältige Formen der Stromproduktion



- 58 DIALOG** Stromspeichertechnologien im Fokus – ein Gespräch mit Dr. Stefan Oberholzer

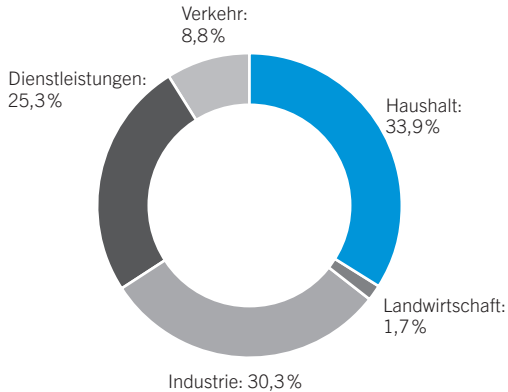
- 62 1×1 DES STROMS** Energiequellen von heute und morgen

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 33,9%

hatten die **Haushalte** 2022 den grössten Anteil am Schweizer Stromverbrauch.

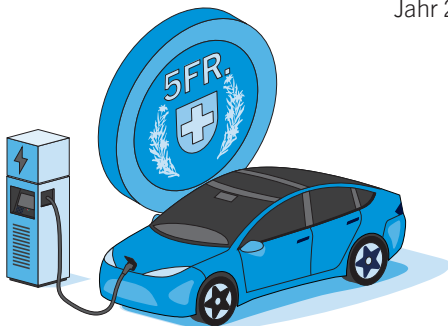


~40%

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 1500

gibt ein Haushalt in einer 5-Zimmerwohnung mit Elektroherd und Tumbler (ohne Elektroboiler) im Jahr 2024 für Strom aus.



Rund 5 Franken pro 100 km kostet das Aufladen eines Elektroautos bei einem durchschnittlichen Strompreis von 27,2 Rappen/kWh (2023).

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.



Lokal produziert, lokal verbraucht. Im Erlenmatt Ost in Basel lebt die grösste Eigenverbrauchsgemeinschaft der Schweiz.



Treuer Begleiter. Strom ist aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Sei es zu Hause, unterwegs oder bei der Arbeit.



Mobilität und Transport. Der Verkehr wird immer stärker elektrifiziert.



Wirtschaft und Handel. Ohne Strom steht alles still.

Maximale Flexibilität. Vom Individuum über die Wirtschaft bis hin zum Staat – alle verlassen sich auf die ständige Verfügbarkeit von Strom.





New Work. Neue Arbeitsformen sind ohne Strom nicht vorstellbar.

A portrait of Urs Buomberger, a middle-aged man with thinning hair, wearing a dark blue patterned button-down shirt. He is sitting in a dark wooden chair, leaning forward with his hands resting on his knees. The background is a warm, out-of-focus interior with a large circular window on the left. The text is overlaid on the lower half of the image.

«Ein facetten- reicher Strauss nachhaltiger Projekte.»

Urs Buomberger
Projektentwickler Stiftung Habitat Basel

Im Areal Erlenmatt Ost in Basel ist eine der grössten Eigenverbrauchsgemeinschaften der Schweiz zu Hause. Über 500 Personen verbrauchen dort mehrheitlich lokal produzierten, erneuerbaren Strom. Das mit dem Watt d'Or ausgezeichnete Projekt ist bezeichnend für den schweizweiten Trend hin zu einem dezentraleren Stromsystem.

Herr Buomberger, die Stiftung Habitat hat 2010 das Areal Erlenmatt Ost als Zusammenschluss zum Eigenverbrauch, auch ZEV genannt, realisiert. Wie verorten Sie das Potenzial solcher ZEV?

Das Erlenmatt Ost ist das erste grosse Areal, das wir als Wohnbaustiftung von Grund auf entwickelt und mit verschiedenen Bauträgerschaften bebaut haben. Hier konnten wir unseren Ideen Gestalt geben: Dazu gehört unter anderem bezahlbarer Wohnraum für Menschen in allen Lebenslagen, aber auch die Idee, dass Wohnen und Arbeiten im gleichen Quartier möglich sind. Auch bei der Energieversorgung sind wir mit dem Entscheid, einen ZEV zu realisieren, neue Wege gegangen. Es ist zu erwarten, dass das ZEV-Modell weiterhin an Bedeutung gewinnt. Die Konsumentinnen und Konsumenten sind in den letzten Jahren verstärkt für Fragen der Energiegewinnung sensibilisiert worden, insbesondere durch den Klimawandel und den Krieg in der Ukraine. Mieterinnen und Mieter möchten vermehrt wissen, woher ihre Energie stammt.

Woher kamen der Impuls und das Know-how zu diesem ZEV?

Der Anstoss zur Umsetzung des ZEV mit einer eigenen Energiezentrale auf dem Areal Erlenmatt Ost entsprang aus internen Workshops mit Beteiligung externer Expertinnen und Experten. Über längere Zeit wurden Gespräche und Diskussionen zu Fragestellungen rund um die Umsetzung von Energiefragen, um Baulogistik, Terminpläne usw. geführt. Wiederholt setzten wir uns mit einer vermeintlich einfachen, doch grundlegenden Frage auseinander: Welche Ziele wollen wir mit dem Areal erreichen und welche Signale möchten wir setzen? Diese Überlegungen führten zu einer unkonventionellen Herangehensweise. Auf der Basis des aus dem öffentlich-rechtlichen Wettbewerb resultierenden Bebauungsplans initiierten wir einen privatrechtlichen städtebaulichen Wettbewerb. Unsere Absicht war die Ermöglichung einer kleinteiligen Bebauung. Hinsichtlich der Energieversorgung entschieden wir uns bewusst für eine ökologische Lösung und gegen eine naheliegende Standardlösung mit einem lokalen Stromversorger.

Welche Ziele wollte die Stiftung Habitat mit dem Erlenmatt Ost in Bezug auf Energiefragen erreichen?

Energiefragen gehörten zu den zentralen Aspekten bei der Entwicklung des Areals. Im Vordergrund standen auch die Kleinteiligkeit des Areals und weitere ökologische Aspekte. Auf dieser Basis wurde die beste Lösung gesucht und schliesslich im ZEV gefunden. Als Stiftung, die sich vorrangig für bezahlbare Mieten und ein lebenswertes Stadtquartier einsetzt, lag es nicht in unserer Kompetenz, eine eigene Energiezentrale zu betreiben. Daher suchten wir nach einem geeigneten Partner, den wir in der ADEV-Energiegenossenschaft fanden. Mit der in der Nähe ansässigen Firma Roche konnte zudem ein ökologischer Grundwasser-Kreislauf errichtet werden: Auf dem Areal Erlenmatt Ost wird dem Grundwasser Wärme zum Heizen entzogen. Das gekühlte Wasser geht dann weiter an Roche, die es für die Kühlung ihrer Anlagen braucht.

Welche Formen des Eigenverbrauchs gibt es derzeit auf dem Areal?

Sämtliche Dächer sind mit Photovoltaikanlagen ausgestattet. Das ist Pflicht, damit die Energiezentrale optimal betrieben werden kann. Im Sommer deckt das Areal seinen Strombedarf tagsüber oft vollständig selbst. Darüber hinaus sind drei Wärmepumpen mit einem Heizspeicher von 70 m³ installiert. Diese Konfiguration ermöglicht es, Wärme zu erzeugen, wenn der Solarstrom verfügbar ist. Überschüsse füllen die Warmwasser-Pufferspeicher. Was darüber hinausgeht, wird ins Netz eingespeist. Insgesamt erreichen wir so einen Eigenverbrauch von über 80 Prozent.

Was geschieht, wenn nicht genügend Energie für den Eigenverbrauch produziert werden kann?

Insbesondere während der Wintermonate wird die benötigte Energie über die ADEV-Energiegenossenschaft aus dem Kleinwasserkraftwerk Moosbrunnen bezogen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass sämtliche Energie zu 100 Prozent ökologisch in der Schweiz erzeugt wird.



Zur Person
Urs Buomberger

Urs Buomberger ist Betriebsökonom FH und seit über zehn Jahren Projektentwickler bei der Stiftung Habitat. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit lag und liegt auf der Entwicklung des Areals Erlenmatt Ost in Basel, das 2019 vom Bundesamt für Energie mit dem Watt d'Or in der Kategorie «Gebäude und Raum» ausgezeichnet wurde. Zusätzlich setzt er sich ehrenamtlich als Präsident für eine bedeutende Behindertenorganisation in Basel ein.



Grösste Eigenverbrauchsgemeinschaft der Schweiz

Seit 2021 ist auf dem Areal Erlenmatt Ost mitten in Basel die grösste Solarstrom-Eigenverbrauchsgemeinschaft der Schweiz beheimatet. Die ca. 500 Bewohnerinnen und Bewohner und die rund 25 Gewerbebetriebe werden mit mehrheitlich vor Ort produzierten, erneuerbaren Energien (Wärme und Strom) versorgt. Solche Zusammenschlüsse zum Eigenverbrauch, auch ZEV genannt, sind ein schweizweiter Trend.

Inwiefern war Energieautarkie, also eine eigenständige Energieeigenversorgung, ein Thema?

Ganz zu Beginn des Projekts haben wir das Ziel formuliert, eine vollständig autarke Energieversorgung zu erreichen. Davon zeugt ein spezieller Batterieraum zur Stromspeicherung, den wir baulich von Beginn an in die Wege geleitet haben. In Zusammenarbeit mit externen Spezialisten mussten wir seinerzeit jedoch erkennen, dass ein solches Vorhaben für ein Areal dieser Grösse weder ökologisch sinnvoll noch wirtschaftlich ist. Erlenmatt Ost will kein Quartier im Quartier sein, sondern Teil der Stadt, und ist jetzt auch Teil einer gesamtheitlichen Energieversorgung, aber eben mit einer eigenen Energiezentrale.

Messen Sie den Verbrauch für jeden Haushalt und falls ja, können Sie diesen auch ein Stück weit regulieren?

In unserem verbindlichen Nachhaltigkeitskonzept für alle Gebäude legen wir fest, dass effiziente Haushaltsgeräte und Leuchtmittel verwendet werden müssen. Der tatsächliche Energieverbrauch wird von der ADEV-Energiegenossenschaft gemessen und abgerechnet. Grundsätzlich regelt ein eigens entwickeltes Reglement die Stromversorgung des

«Erlenmatt Ost ist das Gegenteil einer Monokultur, die nur auf ökonomisch getrimmt ist.»

Areals. Dieses hat nicht nur für unsere Mieterinnen und Mieter Gültigkeit, sondern ist auch ein integrierender Bestandteil der Baurechtsverträge und regelt die Bedingungen, zu denen die ADEV die Elektrizität an die Strombezügler abgibt. Sofern die Stromkosten 5 Prozent unter dem Kleinbezügetarif liegen, wird der Differenzbetrag verwendet, um einen Fonds für nachhaltige Investitionen zu öffnen.

Wie steht es um die Sektorenkopplung im Erlenmatt Ost?

Die ADEV kam mit der Idee für bidirektionales Laden mit Fahrzeugen auf uns zu, und wir empfanden die Konzeption als faszinierend und passend für das Erlenmatt Ost. Wir unterstützten die Idee aktiv. Auch hier galt: Als Wohnbaustiftung war für uns klar, dass wir nicht die Betreiber der Fahrzeuge sein würden. Dazu braucht es eine spezielle Infrastruktur und Technologie sowie spezielle Autotypen. Das Pilotprojekt wurde wissenschaftlich begleitet und ermöglichte in der Folge wichtige Rückschlüsse hinsichtlich Skalierung. Es ist erfreulich, dass das Erlenmatt Ost das erste Areal in der Schweiz ist, das bidirektionales Laden realisiert hat. Es steht exemplarisch für die vielen innovativen Projekte vor Ort.

Welche Bedeutung hatte der Gewinn des Watt d'Or?

Der Watt d'Or gilt vermutlich als der bedeutendste nationale Nachhaltigkeitspreis in der Schweiz. Es erfüllt uns mit Freude, diesen Preis in der Kategorie Gebäude und Raum gewonnen zu haben. Die Jury war nicht nur von der technischen Lösung beeindruckt, sondern auch davon, wie Nachhaltigkeit auf dem Erlenmatt Ost aktiv gelebt wird. Beispiele

hierfür sind die Anwesenheit von Hühnern, die ihre Küken im örtlichen Kindergarten ausbrüten. Wie erwähnt, präsentiert sich das Erlenmatt Ost als facettenreicher Strauss unterschiedlicher nachhaltiger Projekte.

Hat die Stiftung Habitat aufgrund der Entwicklung des Erlenmatt Ost allgemeine Vorgaben zur Nachhaltigkeit für ihre Bauprojekte abgeleitet?

Derzeit hat die Stiftung Habitat keine übergeordneten Nachhaltigkeitsrichtlinien. Dennoch prüfen wir bei jedem Projekt sorgfältig, welche Massnahmen in puncto Nachhaltigkeit möglich und sinnvoll sind. Ein aktuelles Bauprojekt auf dem Lysbüchel Süd fokussiert beispielsweise auf das Thema Re-Use. Bestehende Küchen und auch andere Baumaterialien werden wiederverwendet. In einem anderen Projekt haben wir kostengünstigen Wohnraum für Grossfamilien geschaffen. Fragen zur ökologischen Energieversorgung stehen dabei selbstverständlich immer im Fokus.

Welche Erkenntnisse haben Sie aus dem Projekt Erlenmatt Ost gewonnen?

Es ist selbstverständlich, dass wir kontinuierlich aus abgeschlossenen Projekten lernen, um diese Erkenntnisse bei zukünftigen Vorhaben einzubringen. Bei jedem Projekt prüfen wir sorgfältig, welche Massnahmen in puncto Nachhaltigkeit möglich und sinnvoll sind. Beim Areal Lysbüchel Süd, das nach der Entwicklung des Erlenmatt Ost entstand, wurde wiederum ein ZEV realisiert. Gegenüber dem Erlenmatt Ost haben wir die Vertragsstrukturen vereinfacht, indem die einzelnen Baurechtsnehmenden direkt Vertragspartner der ADEV wurden.

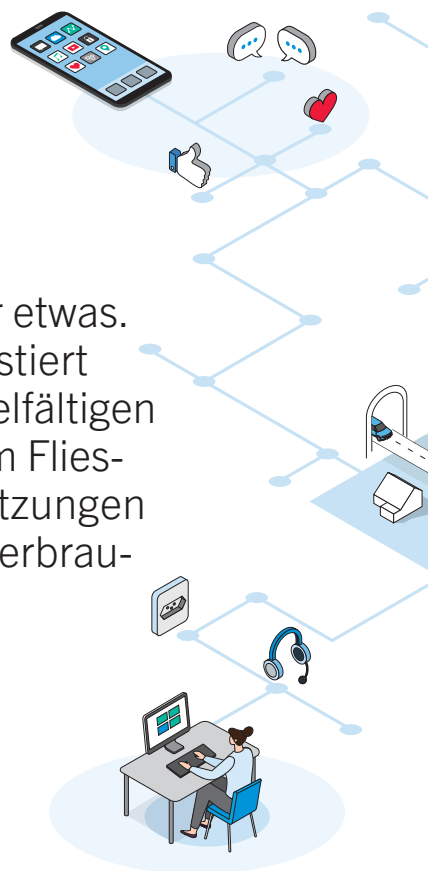
Die Welt unter Strom

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

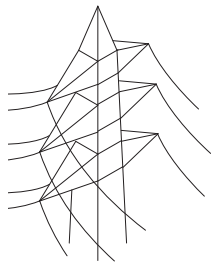
Damit Strom fliesst, braucht es Spannung. Vom Übertragungsnetz bis zum elektrischen Gerät zu Hause bringt sie die Elektronen in Bewegung und sorgt dafür, dass der Strom auch über grosse Distanzen transportiert werden kann.

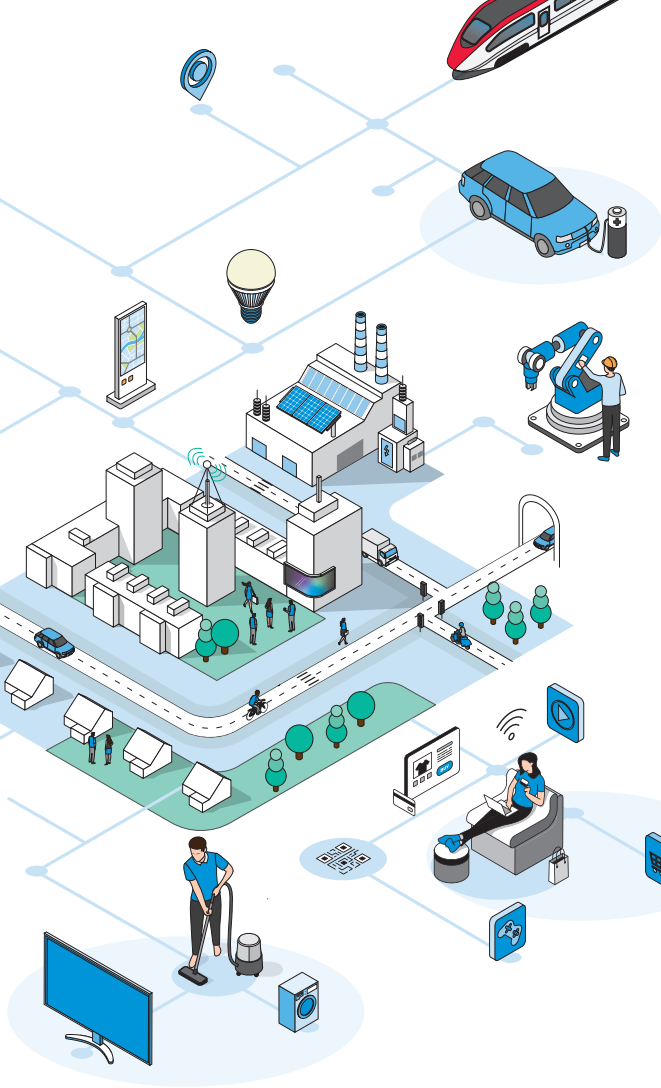
Die Funktionsweise des elektrischen Stroms basiert auf der Eigenschaft der Elektronen – den negativ geladenen Teilchen eines Atoms –, immer zu einem neutralen Zustand zu streben. Entfernt man die Elektronen von einem Atom, zum Beispiel durch eine chemische Reaktion, bleibt ein positiv geladenes Teilchen 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 einigen Jahren hat sich der Strompreis deutlich verteuert und er steigt auch 2024 weiter an. Wichtige Gründe dafür sind die weiterhin unbeständigen Strommärkte und die Kosten für die Stromreserve.

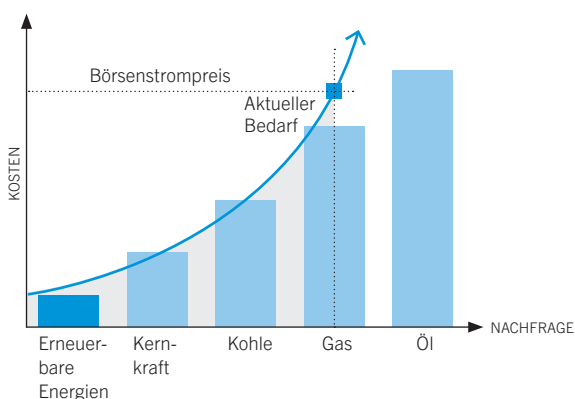
2024 wird sich der Strompreis gemäss der Eidgenössischen Elektrizitätskommission für viele Endverbraucher noch einmal erhöhen. Dies ist zu einem gewichtigen Teil auf die im letzten Jahr immer noch hohen Preise an den Energiehandelsplätzen zurückzuführen, die sich in Abhängigkeit von der globalen Wirtschaftslage und der Geopolitik entwickeln. Zur Erhöhung des Strompreises führen auch die Kosten für die Stromreserve, die 2024 erstmals den Endverbrauchern verrechnet werden.

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

Strommärkte kurz erklärt

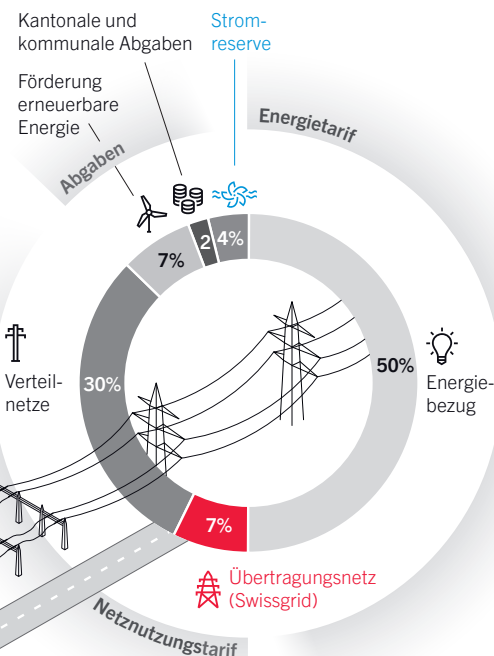
Strom wird an verschiedenen Börsen auf dem europäischen Strommarkt gehandelt. Da der Strompreis eng gekoppelt ist mit den Preisen für andere Energiearten, muss der gesamte Energiemarkt betrachtet werden, um Preisveränderungen zu verstehen. Grundsätzlich werden die Kraftwerke in der Reihenfolge ihrer 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.

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 zur Förderung erneuerbarer Energien. Durch die angespannte Situation am Strommarkt ist der Energietarif teilweise stark gestiegen. Die Höhe des Anstiegs hängt davon ab, ob ein Energieversorgungsunternehmen Strom mehrheitlich über Eigenproduktion bezieht oder am Markt beschafft. Versorger ohne oder mit wenig Eigenproduktion zahlen teilweise hohe Marktpreise, was die Endkunden seit einiger Zeit zu spüren bekommen. Versorger mit einer hohen Eigenproduktion müssen die Selbstkosten der eigenen Kraftwerke verrechnen und weisen deshalb keine oder nur moderate Preisanstiege aus.



Neue Preiskomponente im Jahr 2024

2024 ist im Strompreis zum ersten Mal der neue Tarif «Stromreserve» enthalten. Damit werden die Kosten für die Massnahmen gedeckt, die der Bund zur Erhöhung der Versorgungssicherheit im Winter ergriffen hat. Zu diesen Massnahmen gehören unter anderem die Wasserkraftreserve sowie die Reservekraftwerke. Diese Kosten müssen gemäss Stromversorgungsordnung über Swissgrid verrechnet werden.

Die Tarife von Swissgrid

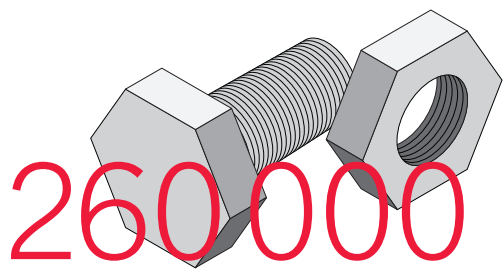
Swissgrid erhebt verschiedene Tarife zur Deckung ihrer Kosten: Tarife für die Netznutzung, der Tarif für die allgemeinen Systemdienstleistungen, Tarife für individuelle Systemdienstleistungen und neu auch der Tarif für die Stromreserve. Die Struktur der Tarife ist vom Stromversorgungsgesetz genau vorgegeben. 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. Abweichungen von den Annahmen muss Swissgrid in den nachfolgenden Tarifen ausgleichen.

Am gesamten Strompreis, den der Endverbraucher bezahlt, machen die Kosten für das Übertragungsnetz von Swissgrid 2024 voraussichtlich ca. 7 Prozent aus. Ein Schweizer Haushalt mit 4500 kWh Jahresverbrauch bezahlt ungefähr 92 Franken an die Kosten des von Swissgrid betriebenen Übertragungsnetzes. Die Kosten für die neue Komponente Stromreserve belaufen sich derweil auf ca. 54 Franken.

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.



Schrauben montierten die Netzelektrikerinnen und Netzelektriker an den Masten für den Ausbau der 50 Kilometer langen Leitung Pradella – La Punt.

1000-fach

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

Von Aarau bis New York

könnten die insgesamt **6700 Kilometer** langen Leitungen des Übertragungsnetzes gespannt werden. Die beiden Städte liegen 6286 Kilometer Luftlinie voneinander entfernt.



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.



Mitarbeitende aus 39 Nationen setzen sich bei Swissgrid für die besten Lösungen für das Übertragungsnetz ein.

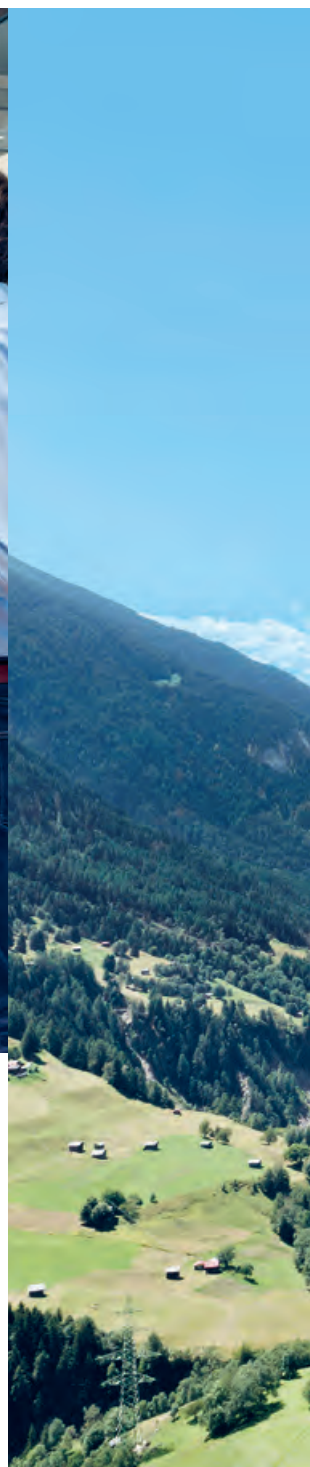


von **0,0018 km/h** fließen Elektronen bei einer Spannung von 230 V durch die Leitung.



Unternehmenskultur. Die Innovation Days für Mitarbeitende liefern wichtige Impulse für die umfassende digitale Transformation von Swissgrid.

Strom braucht Transformation. Das Energiesystem verändert sich grundlegend. Damit das Übertragungsnetz auch in Zukunft jederzeit verfügbar ist, setzt Swissgrid auf das Know-how seiner Mitarbeitenden, die Digitalisierung und auf neue Technologien.





Sichere Versorgung. Für den sicheren und zuverlässigen Betrieb wird das Übertragungsnetz stetig modernisiert.



Alles unter Kontrolle. Beim Netzbetrieb nimmt der Mensch mit Unterstützung der Technologie eine zentrale Rolle ein.



Lebensader mit Höchstspannung.

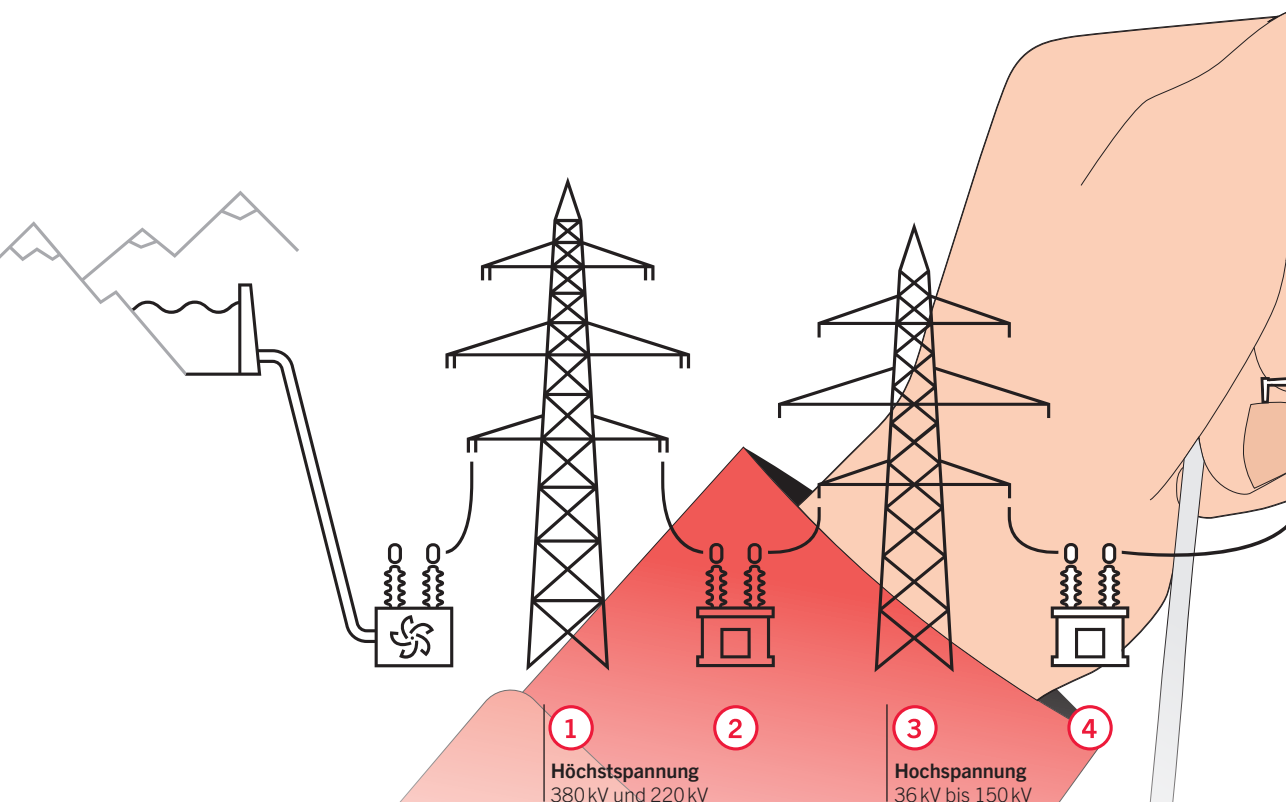
Strommasten, Stromleitungen und Unterwerke sind sichtbare Elemente des Übertragungsnetzes. Im Hintergrund stellen über 800 Mitarbeitende dessen zuverlässigen Betrieb sicher.



Dialog im Fokus. Beim Leitungsbau wird die Bevölkerung in der Region umfassend informiert.

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.

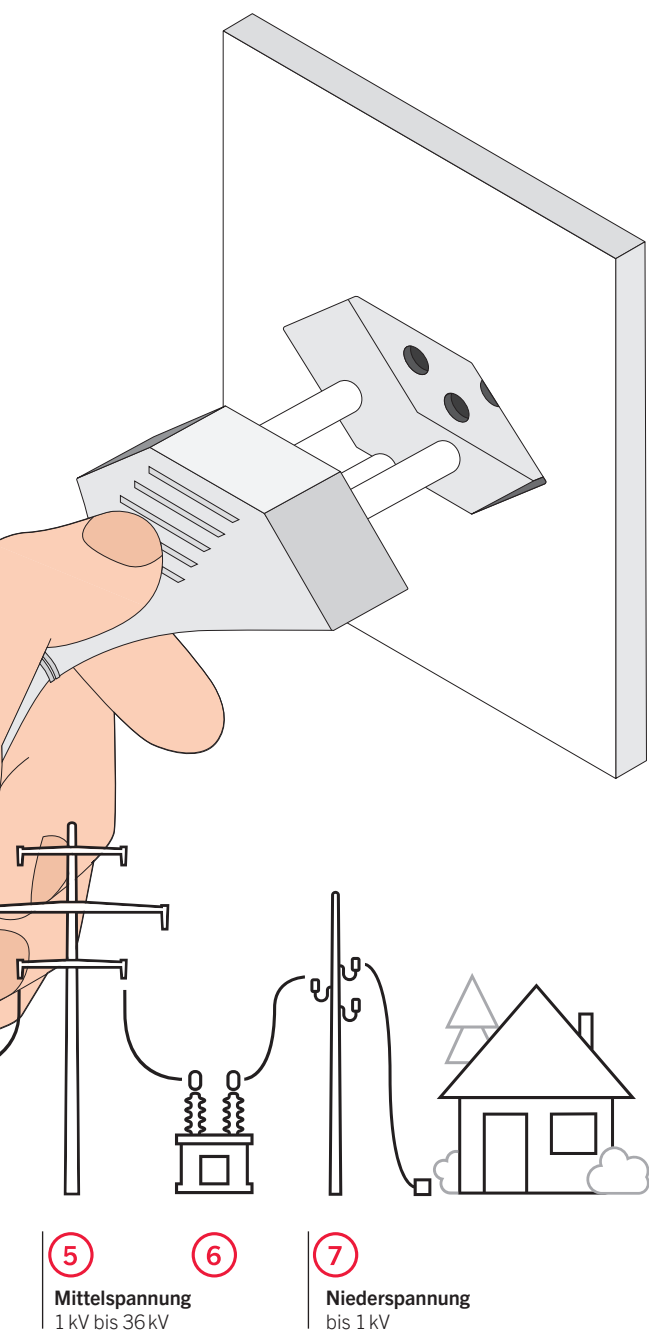


Produktion/Import

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.



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.

Der Weg ist lang

In der Schweiz ist das Stromnetz über 250 000 Kilometer lang – zusammengekommen 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.

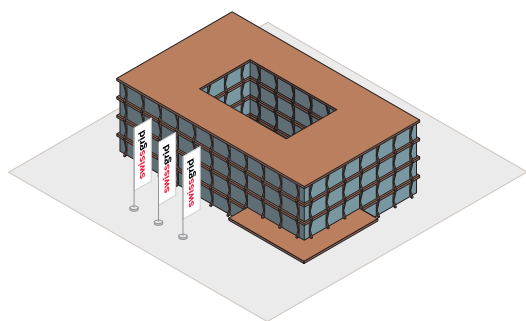
Die nachfolgenden Netzebenen 2–7 übernehmen die überregionale, die regionale und die lokale Verteilung des Stroms bis zur Steckdose sowie die notwendige Transformation. Bis der Strom also seinen Weg zu den Verbrauchern gefunden hat, arbeiten über alle Ebenen hinweg diverse Netzbetreiber Hand in Hand.

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.

sg 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

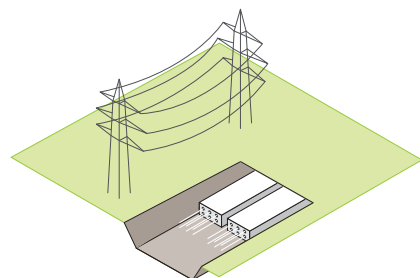
Leitstellen Aarau und Prilly

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.

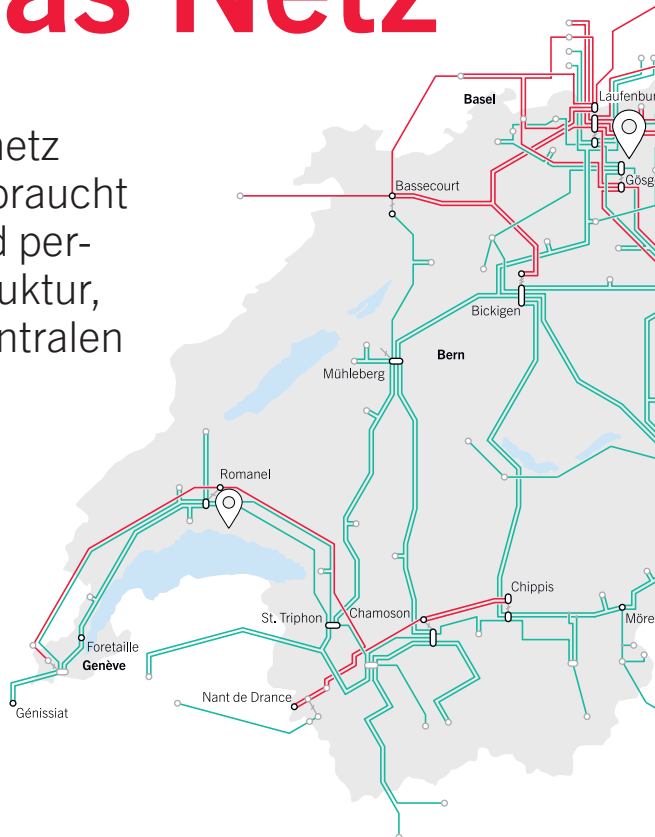
Höchstspannungsleitungen

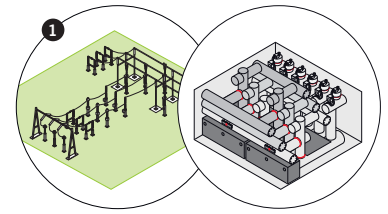
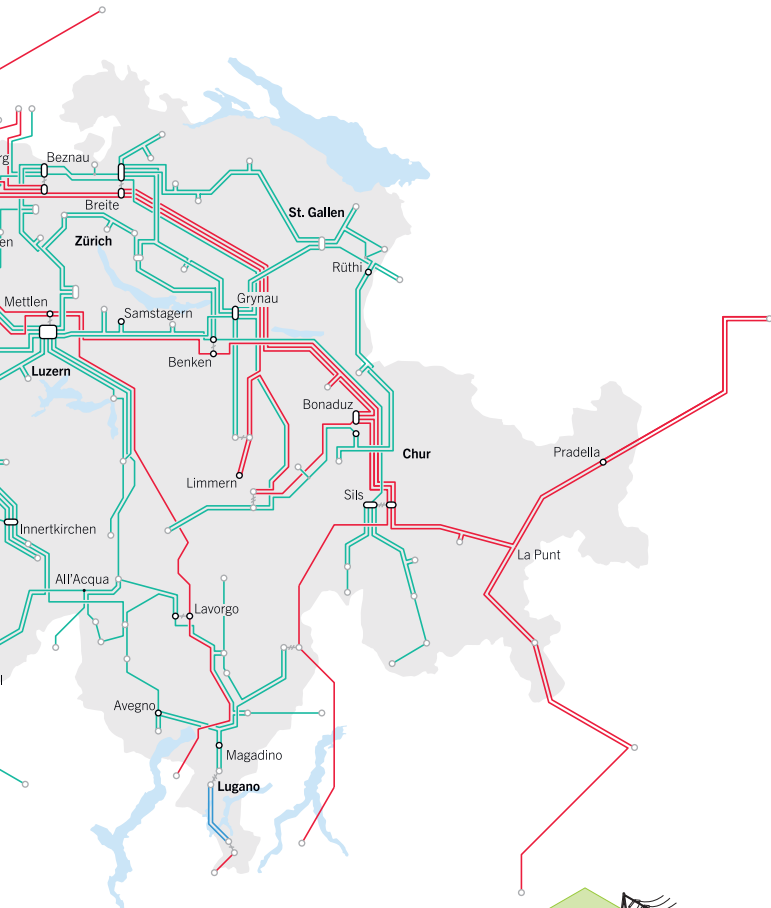
— 220-kV-Leitungen
— 380-kV-Leitungen
— 150-kV-Leitungen

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.

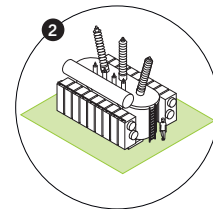




Schaltanlagen

—○— 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.



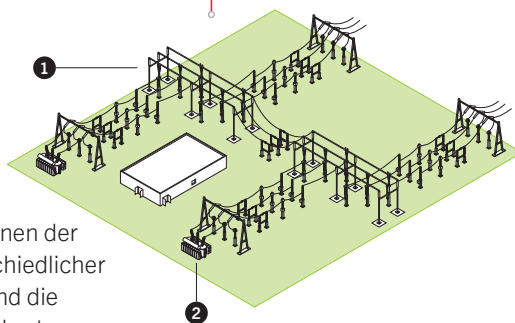
Transformatoren

—○— Transformatoren

Die 25 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.

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.



Hier laufen die Fäden zusammen



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.

Die Netzleitstellen von Swissgrid sind die Schaltzentralen des Übertragungsnetzes. Ihre Aufgabe lautet vereinfacht: 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 der 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.

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 Regelernergie 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. Leitungen und Transformatoren können nur eine begrenzte Menge an Energie übertragen. Unvorhergesehene Ereignisse wie ein Leitungsausfall, der die Transportkapazi-

Die vorausschauende Planung und die Überwachung des Netzes nimmt Swissgrid gemeinsam mit den Netzbetreibern im Ausland wahr.

tät im Netz einschränkt, können zu Überlastungen führen. Um dies zu verhindern, wendet Swissgrid die n-1-Regel an. Diese besagt, dass bei einem Ausfall eines Netzelements alle anderen Netzelemente im Übertragungsnetz über genügend Kapazität verfügen müssen, um die zusätzliche Energie zu übertragen.

Ob die Einhaltung der n-1-Regel gewährleistet ist, berechnet im 5-Minuten-Takt das Netzleitsystem. Droht ein Grenzwert überschritten zu werden und

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

damit eine Überlastung von Leitungen oder Transformatoren, greifen die Operateure in der Netzleitstelle ein.

Nun ist der Mensch am Zug

Droht 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 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

Die Schweiz ist mit 41 grenzüberschreitenden Leitungen eng mit dem europäischen Verbundnetz verknüpft. Der sichere Netzbetrieb in der Schweiz wie auch in Europa ist daher eine Aufgabe, die Swissgrid nur gemeinsam mit den ausländischen Netzbetreibern gewährleisten kann.

Was tun im Notfall

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, durch den Einsatz von Regelleistung 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.

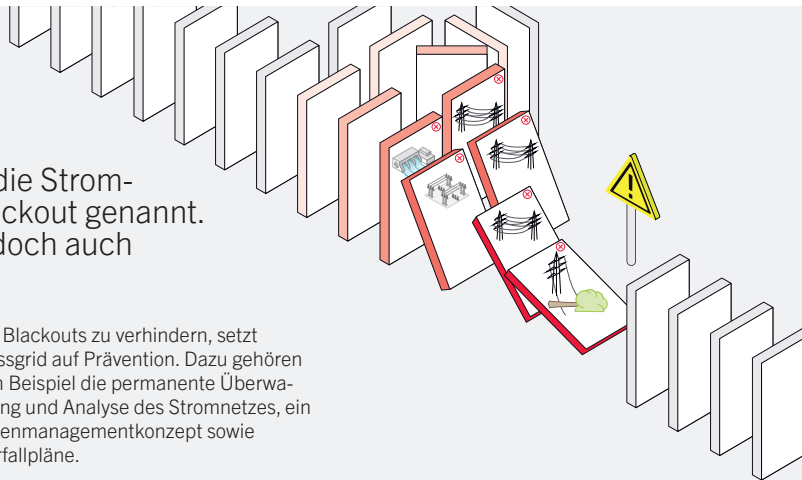
Ein Mangel an Strom

Bei einem Blackout ist also genug Strom im System, der Transport ist 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, und 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.



Vorausschauend wird zum Beispiel geplant, wie viel Übertragungskapazität auf den grenzüberschreitenden Leitungen für den internationalen Stromhandel zur Verfügung gestellt werden kann. Diese Absprache ist wichtig, um Überlastungen im Netz zu verhindern. Im Echtzeitbetrieb überwacht Swissgrid als Coordination Center South mit dem deutschen Übertragungsnetzbetreiber Amprion, der das Coordination Center North bildet, die Frequenz des europäischen Höchstspannungsnetzes.

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.



Viele Prozesse im Netzbetrieb sind automatisiert. In entscheidenden Momenten greifen aber die Mitarbeitenden von Swissgrid ein.

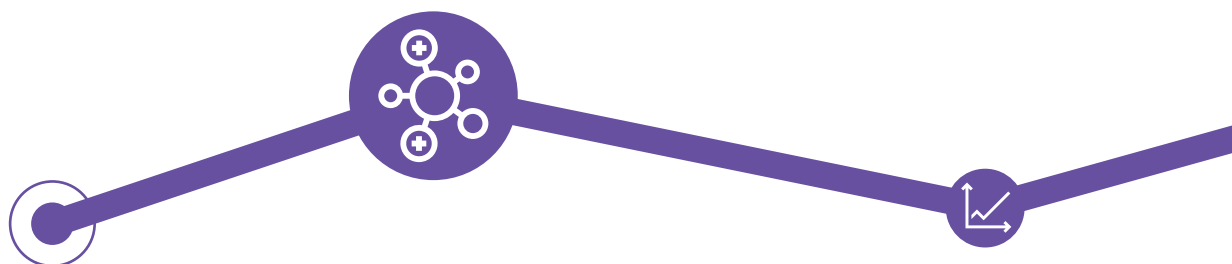
Herzstück des Übertragungsnetzes

Sehen Sie in diesen Videos, wie der Betrieb des Übertragungsnetzes langfristig geplant wird und welche Aufgaben die Operateure im Echtzeitbetrieb haben.



Zukunfts-orientierte Netz-entwicklung

Ein funktionierendes und modernes Übertragungsnetz ist für die Energiestrategie des Bundes essenziell. Verantwortlich für die Planung, den Ersatz, den Ausbau, die Wartung und die Instandhaltung der gesamten Infrastruktur dieses Netzes ist Swissgrid.



Bedürfnisse

Erneuerbare Energien, Versorgungssicherheit, technologischer Fortschritt, Bevölkerungswachstum, Energieeffizienz: Die Anforderungen an das Schweizer Stromnetz verändern sich kontinuierlich. Damit das Übertragungsnetz einwandfrei funktioniert, werden die notwendigen Arbeiten vorausschauend geplant.

Bei der langfristigen Weiterentwicklung des Übertragungsnetzes arbeitet Swissgrid mit einem Mehrjahresplan. Dieser Plan – «Strategisches Netz» genannt – definiert, welche baulichen Massnahmen im Laufe

der nächsten Jahre notwendig sind. Das «Strategische Netz 2025» umfasst beispielsweise zehn Projekte. Dazu gehören unter anderem Neu- oder Ersatzbauten, um die Spannung für den Energietransport auf gewissen Leitungen zu erhöhen.

Bereits heute wird das «Strategische Netz 2040» definiert. Durch diese periodische Planung wird sichergestellt, dass das Übertragungsnetz heute und in Zukunft die nötigen Kapazitäten bereitstellen und den Wandel des Energiesystems bewältigen kann.



Varianten. Swissgrid überprüft in der Vorbereitung, in welchen räumlichen Korridoren Erdkabel oder Freileitungen entlanglaufen könnten.

- heutige 145-kV-Leitung
- Höchstspannungsleitungen
- Planungsgebiet
- Korridor «Freileitung»
- Korridor «Erdkabel»
- Erdkabelstrecke für die Korridore «Erdkabel» und «Kombination»
- Unterwerke

Planung

Bei der Planung baulicher Massnahmen denken die Verantwortlichen bei Swissgrid in Jahren und Jahrzehnten. Infrastrukturanlagen und die eingesetzte Technologie müssen schliesslich für Generationen Bestand haben.

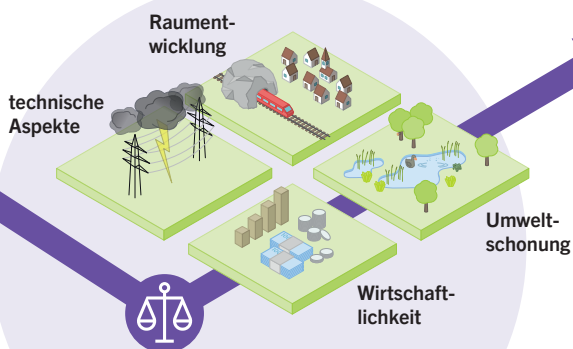
Die Abläufe bei Bauprojekten im Übertragungsnetz sind gesetzlich vorgegeben. Sechs zwingend einzuhaltende Phasen umfasst das Bewilligungs- und Genehmigungsverfahren des Bundes. So wird Schritt für Schritt sichergestellt, dass alle wichtigen Fragen geklärt sind. Die sorgfältigen Abwägungen, aber auch Einsprachen sind die Ursache dafür, dass von der Planung bis zum Bau 15 bis 30 Jahre vergehen.



Entscheidungsgrundlagen

In jedem Projekt prüft Swissgrid in der Vorbereitung verschiedene Erdkabel- und Freileitungsvarianten für das Gebiet, in dem später eine Leitung geplant ist. Swissgrid reicht die Vorschläge mit einem Gesuch um Aufnahme in den «Sachplan Übertragungsleitungen» (SÜL-Gesuch) beim Bundesamt für Energie ein. Danach beginnt das sogenannte Sachplanverfahren.

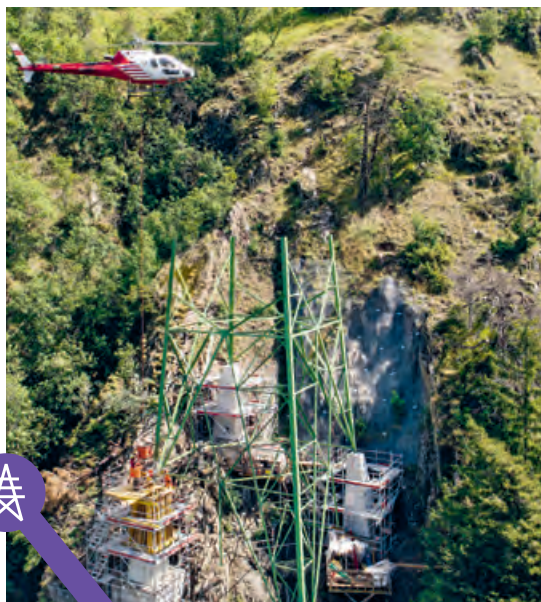
Die Vorschläge für die Planungsgebiete werden durch eine vom Bundesamt für Energie (BFE) eingesetzte Begleitgruppe mit Vertreterinnen und Vertretern von Bund, Kantonen, Umweltschutzorganisationen und Swissgrid diskutiert. Die Begleitgruppe gibt dem Bundesrat für dessen Entscheid über das Planungsgebiet, den Planungskorridor sowie die Technologie (Freileitung oder Erdkabel) Empfehlungen ab.



Bewertungsgrundlagen

Entscheidend für die Empfehlungen ist das Bewertungsschema für Übertragungsleitungen des Bundes. Dabei werden die Faktoren **Technologie, Raumentwicklung, Umwelt** und **Wirtschaftlichkeit** berücksichtigt. Bevor der Bundesrat entscheidet, können vom Bauprojekt Betroffene in einer öffentlichen Anhörung Stellung nehmen.

Projektierung und Baugesuch



Hat der Bundesrat entschieden, kann Swissgrid innerhalb des definierten Planungskorridors ein Bauprojekt ausarbeiten.

Bei der Leitungsführung wird auf eine möglichst siedlungsverträgliche und landschaftsschonende Umsetzung geachtet. Wenn möglich, wird die geplante Leitung beispielsweise mit anderen Infrastrukturen wie zum Beispiel Nationalstrassen oder Eisenbahnstrecken gebündelt, oder es werden bestehende Trassees genutzt.

Nach Abschluss der Projektierung reicht Swissgrid beim Eidgenössischen Starkstrominspektorat (ESTI) das Baugesuch ein. Danach wird das Projekt öffentlich aufgelegt. Beteiligte und Betroffene können jetzt Einsprache beim ESTI erheben. Können die Differenzen durch das ESTI nicht ausgeräumt werden, führt das BFE die Verhandlungen weiter. Am Ende dieser Phase erteilen die Behörden Swissgrid die Baubewilligung oder erlassen zusätzliche Auflagen, die einbezogen werden müssen. Diese Entscheidung kann beim Bundesverwaltungsgericht respektive beim Bundesgericht angefochten werden.



Umsetzung

Nach Erteilung einer rechtskräftigen Baubewilligung beginnt die Planung. Je nach Technologieentscheid arbeitet Swissgrid ein Bauprojekt für eine Freileitung, eine Erdverkabelung oder eine Kombination aus.

Wird eine Freileitung gebaut, werden als Erstes die Mastfundamente gebaut und die unteren Stahlelemente in Beton verankert. Danach wird der Mast mit einem Kran, einem Helikopter oder einem Montageturm in die Höhe gebaut. Ist er fertig, werden stromführenden Leiterseile eingehängt.

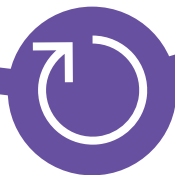
Bei einem unterirdischen Erdkabel gestalten sich die Bauarbeiten je nachdem komplexer. Am einfachsten ist das Verlegen von Betonrohrblöcken in offene Gräben. Eine gesteuerte Bohrung kommt zum Einsatz, wenn oberflächliche Hindernisse wie zum Beispiel

◀ **Mastbau.** Die durchgängige Stromversorgung erfordert auch den Bau von Masten in unwegsamem Gelände.

▶ **Korrosionsschutz.** Die Infrastruktur ist dem Wetter oft ungeschützt ausgesetzt. Zum Schutz der 12 000 Masten wird der Korrosionsschutz von Hand aufgetragen.



◀ **Leiterseileinzug.** Stehen die Masten, werden die Leiterseile für den Stromtransport eingezogen und gespannt, bis sie die richtige Höhe erreichen.



Unterhalt

ein Fluss untergraben werden sollen. Sind die Kabelschächte gebaut, werden die Erdkabel eingezogen.

Nicht jedes Mal ist der Leitungsbau mit Neubauten verbunden. Wenn immer möglich, wird bestehende Infrastruktur genutzt. Ausserdem werden nicht mehr benötigte Infrastrukturanlagen zurückgebaut, um so Raum für Neues zu schaffen.

Damit das Übertragungsnetz jederzeit verfügbar ist und funktioniert, wird es nicht nur um- und ausgebaut. Im Rahmen von Unterhaltsarbeiten führt Swissgrid gemeinsam mit Partnern jährlich rund 12 000 Inspektionen durch. Zu planbaren Unterhaltsarbeiten gehören das Ausholen in Leitungsnähe, der Korrosionsschutz, der Tausch von Isolatoren oder die Sanierung von Masten und deren Sockeln. Die Planung für die Instandhaltungsarbeiten ist aufwendig und beginnt rund ein Jahr im Voraus. Ungeplante Unterhaltsarbeiten sind notwendig, wenn Anlagen beschädigt oder durch äussere Einwirkungen gestört werden. Zu den häufigsten Ursachen gehören Umwelteinflüsse wie Blitzschlag, Wind, Hitze, Lawinen oder Murgänge. Wird eine Leitung beschädigt, schalten die in Unterwerken eingebauten Schutzeinrichtungen die betroffene Leitung automatisch aus. Ein Pikettdienst sucht vor Ort nach der beschädigten Stelle und leitet die Reparaturarbeiten ein.

Modernisierung bestehender Infrastruktur

Für den Abtransport erneuerbarer Energie aus den Schweizer Alpen wie auch beim internationalen Stromtransport spielt die Nord-Süd-Verbindung Bassecourt – Mühleberg eine wichtige Rolle.



Mehr erfahren:

swissgrid.ch/bassecourt-muehleberg



Höhere Spannung

Seit 45 Jahren ist die Höchstspannungsleitung Bassecourt – Mühleberg in Betrieb und hat bis Mitte 2023 Strom mit einer Spannung von 220 kV transportiert. Für die langfristige Versorgungssicherheit des Mittellands wie auch für den internationalen Stromtransport reichte diese Spannung nicht mehr aus. Deshalb erhöhte Swissgrid Ende Jahr nach Umbauarbeiten die Spannung auf 380 kV und damit die Übertragungskapazität der Leitung.

Mehr Sicherheit

Der notwendige Umbau startete im August 2022 mit Tiefbauarbeiten bei laufendem Betrieb des Leitungsabschnitts. Einzelne Masten und deren Betonfundamente wurden verstärkt. Im Herbst 2023 wurde die Leitung auf ihren rund 45 Kilometern vom Netz genommen.

Während der dreimonatigen Ausserbetriebnahme erfolgten Montagearbeiten an den Masten, um die Leitung zu modernisieren. Beispielsweise wurden Doppeltragketten eingebaut, um die Sicherheit zu erhöhen, und die Leiterseile wurden stärker gespannt, um mehr Abstand zum Boden zu gewinnen. Letzteres ist eine von mehreren Massnahmen, um die seit der Inbetriebnahme der Leitung verschärften Verordnungen und Grenzwerte bezüglich elektromagnetischer Felder und Geräusche einzuhalten.

Unverändertes Landschaftsbild

Bei der Modernisierung der Leitung wurden bestehende Strommasten und weitere Komponenten angepasst. Insgesamt wurden an 56 von 142 Masten sowie an den Abspannportalen der beiden Unterwerke Pieterlen und Bassecourt Bauarbeiten vorgenommen.

Nach rund 15 Monaten Bauzeit hat Swissgrid die Leitung am 21. November 2023 erfolgreich mit einer Spannung von 380 kV in Betrieb genommen. Damit wurde ein Engpass im Schweizer Übertragungsnetz behoben. Auf der wichtigen Nord-Süd-Verbindung kann nun doppelt so viel elektrische Energie wie vorher transportiert werden.

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.

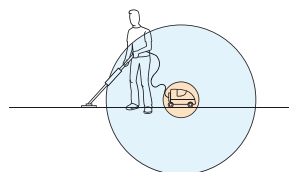
Elektrische Felder sind eher kleinräumig und werden durch Kleider und Haut weitgehend am Eindringen in den Körper gehindert. Durch Wechselstrom erzeugte magnetische Felder, wie sie bei der Stromübertragung entstehen, können hingegen im Körperinnern eine elektrische

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

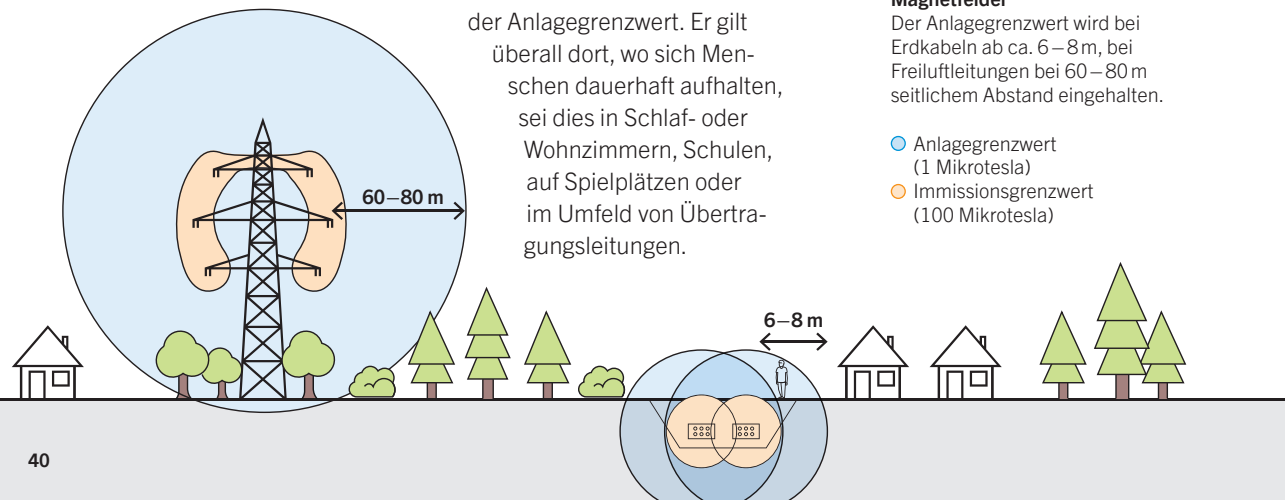


Sobald ein Gerät an die Steckdose angeschlossen wird, steht es unter Spannung. Ein elektrisches Feld entsteht selbst dann, wenn das Gerät ausgeschaltet bleibt und kein Strom fliesst.

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.

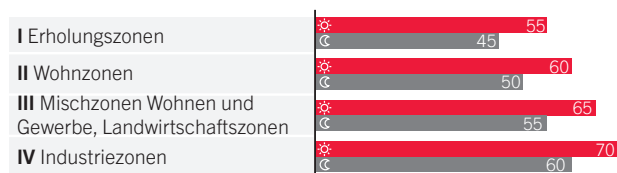
Gut zu wissen

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

40–50 dB.

Dies entspricht dem Hintergrundgeräusch in einer ruhigen Bibliothek.

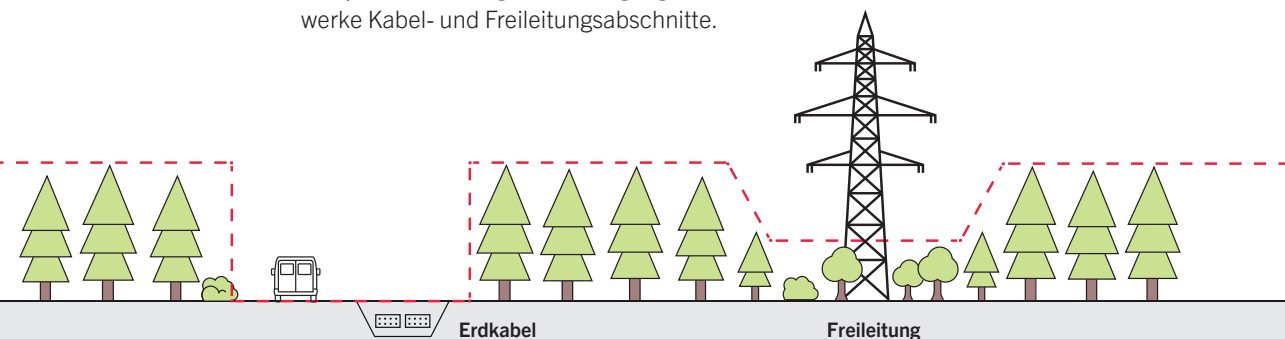
Grenzwerte bei Tag und bei Nacht in Dezibel (dB)



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.



Neues Leben im Totholz

Totholz in den Wäldern fördert die Biodiversität. Das ist auch auf den Trassees der Freileitungen nicht anders. Seit dort das abgestorbene Holz zunehmend liegen und stehen gelassen wird, zeigt sich hie und da der seltene Alpenbock-Käfer.



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

Um den Alpenbock zu erspähen, muss man genau hinschauen. Aus der Nähe betrachtet, ist der hellblau-schwarze Käfer eine echte Schönheit und eine Rarität noch dazu. Die meiste Zeit seines Lebens verbringt er als Larve im toten Buchenholz. Dort lebt der Alpenbock bis zu fünf Jahre, bevor er aus seiner Puppenhülle schlüpft und sich durch das Holz nach draussen nagt. Einmal im Freien, ist sein Leben als Käfer mit drei bis vier Wochen verhältnismässig kurz. In dieser Zeit dreht sich beim Alpenbock alles um die Fortpflanzung.

Totes Buchenholz ist Mangelware

Der Alpenbock hat schon seit langer Zeit einen schwierigen Stand, denn ihm fehlt totes und besonntes Buchenholz für die Entwicklung seiner Larven. In unseren vielerorts intensiv bewirtschafteten und aufgeräumten Wäldern ist solches Holz Mangelware. Tote Stämme und abgebrochene Äste werden meist viel zu gründlich zur Seite geräumt. Oft finden die Käfer den für die Larven benötigten Lebensraum nur noch an Waldrändern in Form von Brennholzstapel. Das hat fatale Folgen, denn das Holz wird in der Regel vor dem Ausschlüpfen der Käfer abtransportiert und verfeuert. Die Larven des Alpenbocks verenden somit im Ofen.

Geduld bringt Biodiversität

Da es nach der Eiablage mehrere Jahre dauert, bis die wunderschönen Käfer schlüpfen, ist bei der Bewirtschaftung des Totholzes Geduld gefragt. Diese wirkt sich mittel- bis langfristig nicht nur positiv für den Alpenbock aus, sondern auch für eine ganze Fülle von verschiedenen Insekten und Pilzen, die im Totholz einen geeigneten Lebensraum finden.

Auf die richtige Pflege kommt es an

Die Trassees von Freileitungen könnten sich als idealer Brutraum für den Alpenbock erweisen. In einem Pilotprojekt von Swissgrid hat der verantwortliche Förster in



Jeannine Suremann
Grid Project Engineer

«Auch wenn das ökologische Trasseemanagement bei Swissgrid noch am Anfang steht, zeigt das Beispiel des Alpenbocks, dass einfache Massnahmen oft ausreichen, um eine spezifische Art und damit die Biodiversität im Allgemeinen zu fördern.»

einem Bereich, wo der Alpenbock gesichtet wurde, die Bewirtschaftung der Höchstspannungstrassees auf Niederhaltung angepasst. Dabei lässt er etwa zwei Meter hohe Buchenbaumstrünke stehen und pflegt diese so, dass eine Schädigung durch umfallende Bäume aus der Umgebung ausgeschlossen ist. Sofern kein Sicherheitsrisiko besteht, achtet er also auf den Erhalt bzw. die Förderung von stehendem und liegendem Totholz.

Ziel von Swissgrid ist es nun, die schweizweiten Daten zum Vorkommen des Alpenbocks ins interne Geoinformationssystem zu integrieren. Auf diese Weise kann auch bei anderen Abschnitten Rücksicht genommen werden. Derzeit ist das Projekt noch in Erarbeitung und bedarf weiterer Abklärungen.

Der Alpenbock
(*Rosalia alpina*)
erreicht eine
Grösse von 15
bis 38 mm.



Manchmal zählen Sekunden

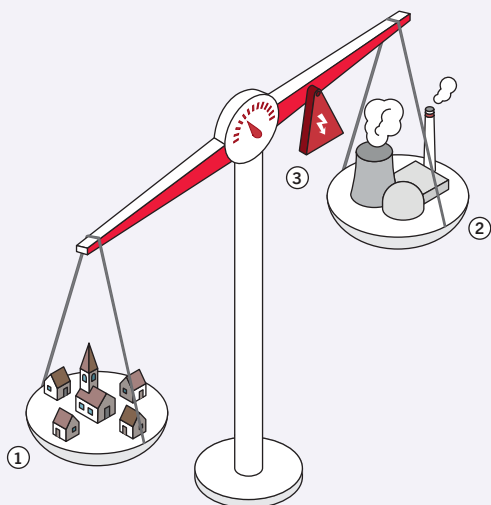
Herrscht ein Ungleichgewicht im Übertragungsnetz, braucht es ausgleichende Massnahmen. Da Swissgrid nicht selbst Strom produziert, wird dieser auf verschiedenen Märkten beschafft.

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.

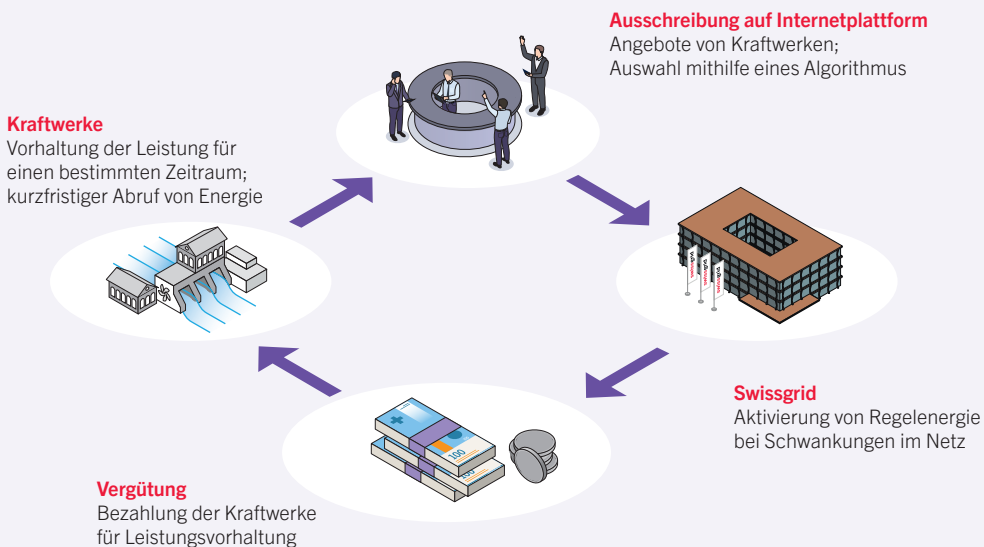
Gleichgewicht herstellen



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 Regelleistung 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 Nell Reimann, a woman with long dark hair and bangs, smiling. She is wearing a black blazer over a white V-neck top and a necklace with a small pendant. She is seated on a blue armchair with yellow and orange stripes on the backrest. The background is a warm, wood-paneled wall with a lamp visible on the right.

**«Es braucht ein
Stromnetz,
das sich flexibel
anpasst.»**

Nell Reimann
Head of Market Swissgrid

Frau Reimann, das Energiesystem ist im Wandel. Was kommt auf die Schweiz zu?

Das Ziel ist es, als Land CO₂-neutral zu werden. Die dafür notwendige, umfassende Umgestaltung des Energiesystems ist eine Mammutaufgabe. Aufgrund des Aufschwungs von erneuerbaren Energiequellen wie Photovoltaik – und in geringerem Masse Windkraft – sprechen wir von einem Paradigmenwechsel. Die Stromproduktion wird wesentlich dezentraler und volatiler werden. Die Transformation des Energiesystems führt auch zu einer zunehmenden Elektrifizierung in verschiedenen Bereichen und damit zu einem höheren Stromverbrauch. Für den Transport und die Verteilung des Stroms braucht es ein Stromnetz, das sich dem Tempo der Transformation flexibel anpasst. Swissgrid wird als nationale Stromübertragungsgesellschaft somit eine wichtige Akteurin in diesem Wandel sein. Wir werden das Übertragungsnetz weiterhin zum Rückgrat eines grüneren Energiesystems entwickeln.

Ganz Europa arbeitet an der Transformation. Gibt es eine Zusammenarbeit?

Ja, schon seit Langem. Das Schweizer Übertragungsnetz ermöglicht neben dem inländischen Transport auch Energieexporte und -importe. Zwischen den europäischen Ländern herrscht ein reger Stromaustausch. Dadurch wird es erst möglich, Stromengpässe in den Wintermonaten und Kraftwerksausfälle oder Überproduktionen auszugleichen.

Mit der Transformation des Energiesystems wird diese Zusammenarbeit noch wichtiger. Die Stromproduktion mit erneuerbaren Energien erfolgt dezentral und nicht immer genau dann, wenn der Strom benötigt wird. Diese Volatilität verstärkt die Komplexität im System. Nur wenn wir in Europa weiterhin zusammenspannen, kann der Wandel des Energiesystems bewältigt werden.

Das Energiesystem und damit das Übertragungsnetz sind im Wandel. Der zunehmenden Komplexität begegnet Swissgrid mit der strategischen Modernisierung des Netzes und der Weiterentwicklung zu einem digitalisierten Unternehmen.

Funktioniert die Zusammenarbeit gut?

Viele Jahre hat die Kooperation auf Augenhöhe funktioniert. Fakt ist aber, dass die Schweiz mangels Stromabkommen zunehmend aus den europäischen Prozessen, Gremien und Kooperationen ausgeschlossen wird. Das birgt Risiken für die Netzsicherheit und für die Netzstabilität in der Schweiz. Müssten beispielsweise notwendige Stabilisierungsmassnahmen mehrheitlich nur mit hierzulande produzierter Energie realisiert werden, würde die für die Versorgung der Schweizer Bevölkerung verfügbare Strommenge sinken. Ausserdem führen solche Massnahmen zu steigenden Kosten, die auf die Stromkonsumenten überwälzt würden.

Swissgrid wirkt dieser Entwicklung auf technischer Ebene mit privatrechtlichen Verträgen mit einzelnen europäischen Übertragungsnetzbetreibern entgegen. Diese können aber nur eine Zwischenlösung sein, weil sie langfristig keinen adäquaten Ersatz für ein Stromabkommen darstellen.

Wo steht das Schweizer Energiesystem mit der Transformation?

Die Transformation ist in vollem Gange, wir sollten aber einen oder besser zwei Gänge zulegen. Für den Ausbau der Schweizer Stromproduktion mit erneuerbaren Energien wurden die gesetzlichen Grundlagen geschaffen. Es besteht jedoch Aufhol-

bedarf bei der Realisierung von Produktionskapazitäten – insbesondere für die Stromversorgung im Winter – sowie beim Ausbau der Netzinfrastruktur.

Wie sieht es beim Übertragungsnetz aus?

Das Übertragungsnetz beziehungsweise das gesamte Stromnetz ist das Bindeglied zwischen Produktion und Verbrauch und somit von den Veränderungen im Energiesystem stark betroffen. Dem wird in der strategischen Planung für die Weiterentwicklung des Übertragungsnetzes bereits seit längerem Rechnung getragen. Das Bewilligungs- und Genehmigungsverfahren des Bundes beinhaltet eine sorgfältige Abwägung aller baulichen Massnahmen. Bis eine Übertragungsleitung in Betrieb genommen wird, vergehen zwischen 15 und 30 Jahre. Es besteht daher die Gefahr, dass die Netzinfrastruktur nicht mit den Ambitionen der Energiewende Schritt halten kann.



Zur Person
Nell Reimann

Nell Reimann ist seit 2023 Head of Business Unit Market und Mitglied der Geschäftsleitung. Nell Reimann kam 2016 als Leiterin der Abteilung System Development zu Swissgrid. 2019 übernahm sie die Leitung des Systembetriebs und die Stellvertretung des Head of Business Unit Market.

Nell Reimann ist Mitglied und Vorsitzende in zahlreichen nationalen und internationalen Gremien. Sie ist promovierte Elektroingenieurin EPFL und hat einen Executive MBA in Management and Corporate Finance der Universität Lausanne.

Energiestrategie 2050

Die Energiestrategie 2050 sieht den schrittweisen Umbau des Energiesystems vor, um das Ziel der Netto-Null-Emissionen bis 2050 zu erreichen. Gestützt wird die Transformation durch das Energiegesetz, dessen Massnahmen folgende Ziele anstreben:

–43%

Senkung des Energieverbrauchs pro Person gegenüber dem Stand im Jahr 2000 um 43 Prozent bis 2035



Ausbau der erneuerbaren Energien



Schrittweiser Ausstieg aus der Kernenergie

Gibt es weitere Herausforderungen für Swissgrid?

Für die Antwort muss ich etwas ausholen. Für einen sicheren und stabilen Betrieb des Übertragungsnetzes müssen die Produktion und der Verbrauch von Strom stets im Gleichgewicht sein. Wie bereits erwähnt, produzieren die erneuerbaren Energien wenig planbar und fluktuierend, also wechselhaft, je nachdem, ob der Wind weht oder die Sonne scheint. Diese Schwankungen müssen wir ausgleichen. Sonst gerät die angesprochene Balance aus dem Gleichgewicht.

Kann die Digitalisierung helfen, die Volatilität in den Griff zu bekommen?

Tatsächlich kann die Digitalisierung helfen, die steigende Komplexität im Energiesystem zu bewältigen. Wir arbeiten an Lösungen. Ansätze wie die Crowd-Balancing-Plattform Equigy bieten die Möglichkeit, vereinfacht und skalierbar dezentrale Flexibilitätsressourcen wie Speicher, Elektroautos, Batteriespeicher oder Wärmepumpen ins Elektrizitätssystem zu integrieren. Equigy setzt dafür auf die Blockchain-Technologie.

«Die europäische Zusammenarbeit ist für die Schweizer wie auch für die gesamteuropäische Versorgungssicherheit essenziell.»

Equigy ist auch die Basis für ein weiteres Digitalisierungsprojekt. Erneuerbare Energien und Flexibilitätsressourcen bedingen eine noch engere Abstimmung zwischen den Übertragungsnetz- und den Verteilnetzbetreibern. In einem gemeinsamen Pilotprojekt mit dem Energieversorger ewz testen wir, wie untereinander der Ausgleich von Schwankungen im Stromnetz besser koordiniert werden kann.

Gibt es weitere Digitalisierungsprojekte?

Alle Unternehmensbereiche bei Swissgrid arbeiten an Digitalisierungsprojekten. Wir beschäftigen uns beispielsweise intensiv mit der Photovoltaik, denn die produzierte Strommenge aus dieser Energiequelle wird stark zunehmen. Es gibt ein Pilotprojekt, um die Datengrundlage zur Photovoltaik-Einspeisung zu verbessern. Genutzt werden diese Daten zum Beispiel, um die Auswirkung der Photovoltaik-Einspeisung auf Lastflüsse und auf das Balancing besser einzuschätzen.

Ein anderes Digitalisierungsprojekt beschäftigt sich mit der Optimierung und der Automation der Ausserbetriebnahme von Netzelementen. Um für solche Ausserbetriebnahmen das beste Zeitfenster zu evaluieren, werden deren Auswirkungen simuliert. Je nach Ergebnis werden dann die notwendigen Massnahmen geplant.

Es tut sich einiges. Wie wird Swissgrid in zehn Jahren aufgestellt sein?

Die Digitalisierung ist der Katalysator der Energiewende. Wir arbeiten daran, Swissgrid zu einem digitalisierten Unternehmen zu entwickeln. Die Implementierung der technischen Voraussetzungen wie auch der entsprechenden Lösungen nützt uns aber nichts, wenn Swissgrid die relevanten Kompetenzen nicht 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.

Verbesserung der Photovoltaik- Prognosen für den Netzbetrieb

Um die Energiewende in den kommenden Jahrzehnten zu meistern, braucht es einen erheblichen Ausbau der Photovoltaik. Derweil erfordern die starken täglichen und saisonalen Schwankungen bei der Solar-energie eine Anpassung der Netzinfrastuktur und eine verbesserte Prognose bezüglich der Einspeisung.

Die Energieperspektiven 2050+ des Bundes sehen einen starken Ausbau der Photovoltaik (PV) in der Schweiz vor: Die jährliche Produktion aus Solarenergie soll von ca. 2 TWh im Jahr 2020 auf rund 34 TWh im Jahr 2050 steigen. Diese starke Zunahme ist notwendig, um das Netto-Null-Ziel zu erreichen, bringt aber erhebliche Herausforderungen für die Strombranche. Die Produktion aus PV-Anlagen ist nicht steuerbar und unterliegt wetterbedingten Schwankungen.



Prognosefehler und hoher Fragmentierungsgrad

Solche Schwankungen aufgrund wechselnder Wetterverhältnisse führen regelmässig zu Prognosefehlern. Darüber hinaus weist die Solarenergie einen hohen Fragmentierungsgrad auf: Knapp 40 Prozent der installierten Leistung stammen von Kleinanlagen mit weniger als 30 kW Leistung. Das erschwert die Erstellung verlässlicher Prognosen und den Zugang zu Messdaten zusätzlich. Die meisten Anlagen sind im Verteilnetz angeschlossen, weshalb in erster Linie Verteilnetzbetreiber von den Veränderungen betroffen sind. Dennoch sind mittelfristig auch Auswirkungen auf den Betrieb des Übertragungsnetzes von Swissgrid zu erwarten. Eine verbesserte Prognose der PV-Einspeisung ist deshalb ein entscheidender Schritt, um der veränderten Situation im Netzbetrieb gerecht zu werden. Bis anhin waren Prognosen der PV-Produktion nur aggregiert für die gesamte Schweiz verfügbar. Diese lassen jedoch keine regionale Aufschlüsselung oder Zuordnung zu Netzgebieten zu.



Projekt «PV-Prognosen» lanciert

Um die interne Datengrundlage zur PV-Einspeisung signifikant zu verbessern, hat Swissgrid 2023 das Projekt «PV-Prognosen» lanciert. Im Vergleich mit Nachbarländern verfügt die Schweiz über einen grossen Vorteil: Die Koordinaten, Leistungen und Ausrichtungen eines Grossteils der Schweizer PV-Anlagen werden bereits seit vielen Jahren in der Datenbank der Pronovo AG erfasst, einer

Tochtergesellschaft von Swissgrid, die für die Abwicklung der Förderprogramme für erneuerbare Energien verantwortlich ist. Diese Daten werden im Rahmen des Projekts automatisiert abgerufen und in die Datenplattform von Swissgrid übertragen. Anschliessend werden sie mit Wetterprognosen kombiniert, die neu in Echtzeit in die Swissgrid Datenplattform eingebunden werden. Basierend darauf ist es möglich, stündlich Prognosen der PV-Einspeisung mit hoher regionaler und zeitlicher Auflösung zu erstellen und zu historisieren.



Vielfältiger Nutzen und Verwendungszwecke

Die hohe Auflösung der Prognosen, die im Rahmen des Projekts «PV-Prognosen» erstellt werden, erlaubt eine passende Aggregation und Aufbereitung der Daten für diverse interne Verwendungszwecke. Geplant ist beispielsweise eine verbesserte Prognose von Lastflüssen und Wirkverlusten im Netzbetrieb. Angedacht ist auch eine Verwendung im Swissgrid Kontrollraum: Plötzliche, unerwartete Änderungen der Einspeisung aufgrund wechselnder Wetterverhältnisse können frühzeitig erkannt werden. Auch tiefergehende Analysen zum Einfluss lokaler Wetterphänomene auf die PV-Produktion und den Netzbetrieb sind aufgrund der hohen Auflösung möglich.

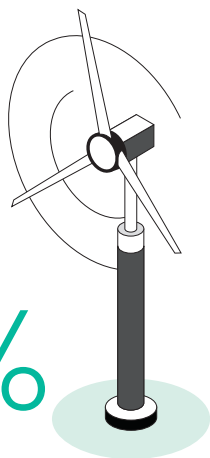
Nachdem im Frühjahr 2023 ein erster Prototyp umgesetzt wurde, werden zurzeit die Grundlagen der produktiven Umgebung auf der Swissgrid Datenplattform realisiert. Darauf aufbauend wird das Projekt anschliessend laufend verfeinert und an diverse interne Anwendungen angebunden.

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 stammten 2022 aus erneuerbaren Energien.



Über 80%

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

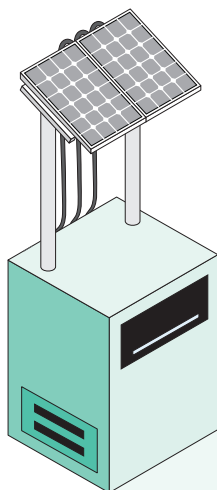
In neun

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



Bis zu 20 Jahre

beträgt die Lebensdauer von Lithium-Ionen-Batterien, die als Speicher für Solarstrom eingesetzt werden.



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.





Erneuerbare Energien im Aufwind. Auf dem Mont-Soleil wird seit den 1990er-Jahren Strom aus Photovoltaik und Windkraft produziert.



Energiemix in der Schweiz. Die Schweiz setzt schon seit Jahrzehnten auf erneuerbare Energien. Anfangs stand vor allem die Wasserkraft im Fokus, nun steigt die Bedeutung der Solarenergie von Jahr zu Jahr.



Ausbau von Speichertechnologien. Eine Grossbatterie: aussen unscheinbar, innen hightech.



Hauptenergiequelle. Wasserkraft ist nach wie vor die wichtigste erneuerbare Energiequelle in der Schweiz.

Vom In- und Ausland. Statt zentral wird der elektrische Strom immer mehr am Verbrauchsort selbst produziert. Oder er kommt als erneuerbare Energie von weit her.





Energieproduktion im Wandel. Mit der Energiestrategie 2050 verändert sich der Kraftwerkspark in der Schweiz.

A portrait of Dr. Stefan Oberholzer, a middle-aged man with thinning grey hair and glasses, smiling. He is wearing a dark blue blazer over a light blue button-down shirt. He is standing behind a light-colored wooden desk. The background is a modern office or laboratory setting with blue walls and a large circular light fixture hanging from the ceiling.

«Der Bedarf an
Speichern hängt
von verschiede-
nen Faktoren ab.»

Dr. Stefan Oberholzer

Leiter BFE-Forschungsprogramm Photovoltaik

In windstillen Zeiten, wasserarmen Perioden oder an dunklen Wintertagen: Auch nach der Energiewende muss die Nachfrage nach Strom jederzeit gedeckt werden können. Dafür stehen diverse Speichertechnologien zur Verfügung, die im Energiesystem unterschiedliche Rollen übernehmen.

Herr Oberholzer, warum muss sich das Stromangebot flexibel der Nachfrage anpassen?

Grundsätzlich gilt: Für die Stabilität des Stromnetzes muss immer gleich viel Strom angeboten wie nachgefragt werden. Mit der Energiewende kommen diesbezüglich neue Herausforderungen auf uns zu: Wind und Sonne liefern nicht immer dann Strom, wenn er benötigt wird. Diese Variabilität führt zu einem erhöhten Bedarf an Flexibilität, das heisst an Reaktionsmöglichkeiten, um bei schwankendem Stromverbrauch oder schwankender Stromerzeugung das System im Gleichgewicht zu halten.

Lässt sich diese Variabilität vorhersehen?

Nur bis zu einem gewissen Grad. Scheint die Sonne trotz anderslautender Wettervorhersage nicht, kann bei einer erhöhten Stromnachfrage nicht einfach die Stromproduktion hochgefahren werden. Saisonale Effekte lassen sich aufgrund der unterschiedlichen Produktionsprofile der erneuerbaren Energien eher ausgleichen. Wasser- und Sonnenkraft stehen eher im Frühling und Sommer zur Verfügung, der Wind bläst stärker im Herbst.

Kann man die Nachteile der erneuerbaren Energien ausgleichen?

Das Schweizer Stromnetz spielt eine zentrale Rolle, um die Nachteile auszugleichen. Fehlen die Netzanschlussmöglichkeiten, um durch erneuerbare Energien hergestellten Strom zu transportieren, nützt die Erhöhung der hiesigen Produktionskapazitäten nichts. Ein Blick über die Grenze verdeutlicht, was getan werden sollte: Die International Energy Agency schreibt in einem Ende 2023 publizierten Bericht, dass sich auf globaler Ebene der Netzausbau bis 2040 verdoppeln muss. Sonst können die angestrebte Elektrifizierung mit erneuerbaren Energien – und damit die Klimaziele – nicht erreicht werden. Für die Schweiz gilt Ähnliches.

Gibt es weitere Optionen?

Es müssen Speichermöglichkeiten geschaffen werden, um Strom zu speichern, wenn er produziert werden kann. Steigt die Nachfrage nach Strom zu einem Zeitpunkt, zu dem nicht mehr produziert werden kann, kann man auf diese Reserven zurückgreifen. Solche Speicher können bei Privatpersonen, gewerblichen Anbietern oder Energieversorgungsunternehmen stehen.

Wie viele solcher Speicher bräuchte es?

Der effektive Bedarf an Speichern bzw. Speicherkapazität hängt vom Netzausbau, von der Art und der Menge der Stromproduktion und der Nachfragesteuerung ab. In der Schweiz ist in diesem Zusammenhang bereits einiges aufgegleist. Für den Netzausbau wurden mit dem Bundesgesetz «Strategie Stromnetze» schon 2019 die Rahmenbedingungen für den Um- und Ausbau und damit die Voraussetzungen für die Optimierung und die Weiterentwicklung der Stromnetze verbessert.

Im Stromversorgungsgesetz hat man die Grundlage geschaffen, um geeignete Speicher im gesamten Stromsystem nutzen zu können. Speicherbetreiber sind per Gesetz Inhaber ihrer Flexibilität. Damit können sie diese dort anbieten, wo es dem System am meisten nützt. Insbesondere erhalten Eigenverbraucher Anreize, ihr erhebliches Flexibilitätspotenzial zu nutzen und so zusätzliche Einkünfte zu erzielen.

Ist von Stromspeicherung die Rede, denkt der Laie meist an Batterien. Welche anderen Technologien gibt es?

Nun, Batterien spielen eine grosse Rolle und werden zukünftig eine noch grössere bei der Speicherung von Strom spielen. Egal, ob es sich um mobile Batterien, wie beispielsweise in Elektrofahrzeugen, oder um stationäre Batterien handelt. Ausgehend von dem Szenario, dass die Stromproduktion zu 100 Prozent mit erneuerbaren Energien stattfinden wird, geht die finnische LUT-Universität davon aus, dass 2050 60 Prozent der gesamteuropäischen Energiespeicherung über Batterien erfolgen werden.

Grundsätzlich stehen für die Stromspeicherung verschiedene Speichertypen zur Verfügung. Es gibt mechanische Speicher wie Pump- oder Gravitationsspeicher. Batterien gehören zu den elektrochemischen Speichern. Kondensatoren sind elektrische

Speichertechnologien im Überblick

Für die Speicherung wird Energie von einer Form in eine andere umgewandelt. Die erneute Umwandlung gibt die gespeicherte Energie als Strom wieder frei.

Arten von Energiespeichern sind zum Beispiel:



Mechanische Speicher
wie Pumpspeicherkraftwerke



Chemische Speicher
wie Power-to-Hydrogen



Elektrochemische Speicher
wie Batterien

Speicher, die Ladungen und die damit verbundene elektrische Energie eher kurzfristig in Form eines elektrischen Feldes speichern. Power-to-Gas oder Power-to-Wasserstoff sind chemische Speicher, über die Energie über längere Zeiträume gespeichert werden kann. Power-to-Heat ist dagegen ein thermischer Speicher.

Haben diese Technologien unterschiedliche Rollen im Stromsystem?

Die offensichtliche Herausforderung besteht darin, dass an jedem Tag die Energienachfrage abgedeckt werden kann. Die Speichertechnologien müssen also windstille Zeiten, dunkle Wintertage oder wasserarme Perioden abdecken können.

Entsprechend macht es Sinn, auf verschiedene Technologien zu setzen. Speicherwasserkraftwerke spielen eine zentrale Rolle für den saisonalen Ausgleich. Dezentrale Batteriespeicher sind da eher im Bereich der Netzstabilisierung und des Tagesausgleichs zu sehen. Elektrolyseure, die erneuerbaren Strom zur Speicherung in Wasserstoff umwandeln, können auch eine ausgleichende Funktion im Stromsystem einnehmen.



Zur Person
Dr. Stefan Oberholzer

Der promovierte Physiker Stefan Oberholzer ist seit 2008 am Bundesamt für Energie (BFE) für die Energieforschungsbereiche Photovoltaik, Wasserstoff und Batterien zuständig und leitet die entsprechenden BFE-Programme.

«Unabhängig von den Speichertechnologien gilt, dass ein hohes Mass an Elektrifizierung der einfachste und effizienteste Weg bei der Abkehr von der Nutzung fossiler Energieträger ist.»

Welche Rolle spielen Speicher im Übertragungsnetz?

Auf der höchsten Netzebene sind und bleiben die Wasserspeicher von grosser Bedeutung. Gemäss dem etwas älteren Bericht «Energiespeicher der Schweiz» wird sich bis ins Jahr 2050 die ausgespeicherte Energie von Pumpspeichern, sprich die mit diesen Speichern zurückgewonnene Energie, mehr als verdoppeln. Aber auch andere Speicher in Kombination mit Sektorenkopplung können im Übertragungsnetz eine Rolle spielen. Unter Sektorenkopplung versteht man ganz allgemein die Verbindung der «Energiesektoren» Strom, Gas, Wärme und Verkehr. Die technischen Anlagen, Infrastrukturen und Märkte der verschiedenen Sektoren sollen stärker aufeinander abgestimmt werden, um so ein flächendeckendes, intelligentes Energiesystem zu etablieren. Die Speichermöglichkeiten in den Sektoren können auch im Übertragungsnetz eine Rolle spielen, zum Beispiel bei der Erbringung von Systemdienstleistungen.

Bei der Sektorenkopplung denkt man in grossen Dimensionen. Wie sieht es mit Speichern bei den Haushalten aus?

Etwa jedes dritte Einfamilienhaus mit Photovoltaikanlage war 2022 mit einem Batteriespeicher ausge-

rüstet. Es braucht künftig aber nicht in jedem Haushalt Speicher, um genügend Flexibilität bereitzustellen.

Für die Netzbetreiber geht es zudem darum, dass dezentrale Speicher möglichst «netzfreundlich» betrieben werden können. Der Einsatz von bidirektionalem Laden mit Elektrofahrzeugen oder lokale Elektrizitätsgemeinschaften, die ans Verteilnetz angeschlossen sind, bieten sicher einen grösseren Spielraum für den Einsatz von Speichermöglichkeiten.

Welche Speichertechnologien gewinnen zukünftig an Bedeutung?

Ich denke, dass Batterien von zentraler Bedeutung sein werden. Das soll aber nicht heissen, dass andere Speicherformen, wie etwa saisonale thermische Speicher in Verbindung mit netzgebundener Wärmeversorgung, nicht auch wichtig wären. Unabhängig von den Speichertechnologien gilt, dass ein hohes Mass an Elektrifizierung der einfachste und effizienteste Weg bei der Abkehr von der Nutzung fossiler Energieträger ist.

Energiequellen der Gegenwart

Elektrische Energie entsteht nicht von selbst, sondern wird von einer Energieform in eine andere umgewandelt. Die Möglichkeiten hierfür sind vielfältig.

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.

Kinetische Energie

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

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.

Strahlungsenergie

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

Chemische Energie

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



Potenzielle Energie

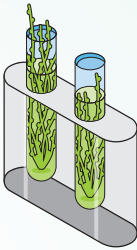
Lageenergie wie gestautes Wasser oder ein hoch liegender Gegenstand. Die Umwandlung erfolgt zum Beispiel durch Pumpspeicherkraftwerke.

Kernenergie

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

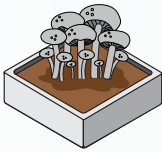
Vier mögliche Energiequellen der Zukunft

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.



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 als Zutat für Lebensmittel und Medikamente genutzt werden.



Pilze – die Verwandlungskünstler

Pilze oder Myzelien 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 der Landwirtschaft in Bioethanol umwandeln.



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 in 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, dem Lignin. Das Biopolymer kann als Energieträger oder auch für die Herstellung von Medikamenten oder Materialien wie Kunstleder genutzt werden.



«Als Übertragungsnetzbetreiberin leisten wir einen essenziellen Beitrag für eine ökologisch und sozial nachhaltige, zuverlässige und effiziente Stromversorgung in der Schweiz.»

Kathrin Hofer Head of Sustainability



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

Valentin Bürgler Senior Specialist Operational Planning

Swissgrid bietet spannende und sinnvolle Aufgaben.

swissgrid.ch/jobs

Quellen

- Borderstep Institut (7)
- Bundesamt für Energie (7, 48, 51, 53)
- Bundesamt für Statistik (51, 53)
- energieexperten.ch (53)
- energieschweiz.ch (7)
- Meteomatics.com (51)
- Pro Natura (42, 43)
- Stiftung Habitat (14, 15)
- strompreis.elcom.admin.ch (18, 19)
- Swissgrid (7, 21)
- Touring Club Schweiz (7)
- Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (53, 60)

Impressum

Herausgeberin

Swissgrid AG, www.swissgrid.ch

Konzept und Gestaltung

SOURCE Associates AG, Zürich

Inhaltskonzept und Redaktion

open up AG, Zürich

Fotografie und Bildnachweise

Luxwerk, Stefan Walter, Swissgrid, Getty Images, Keystone, EKZ, Axpo, Daisuke Hirabayashi (für Buchner Bründler Architekten), Stocksy, Alamy, Foto Werk

Produktion

Kromer Print AG, Wettingen



©2024 | 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 ist nie fertig und wird kontinuierlich erneuert. Anhand von Daten analysieren wir, wo Erneuerungsbedarf besteht.»

Martina Rohrer Head of Technical Asset Management



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

Gianluca Bergami Data Engineer

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, marktbasierte Lösungen zur Weiterentwicklung des Energiesystems.

Sicherheit hat höchste Priorität bei allem, was wir tun.