

# Woher kommt der Strom?





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

**Charlotte Rossat** Legal Counsel



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

**Hans-Christian Widmer** Grid Maintenance Manager



«Innovative Technologien wie die Blockchain erlauben es uns, den Betrieb des Übertragungsnetzes effizienter zu machen.»

**Etienne Auger** Research & Digitalisation Manager



«Swissgrid ist mit ihren vielseitigen Verantwortungsbereichen eine moderne und abwechslungsreiche Arbeitgeberin.»

**Mirjam Keller** HR Business Partner

**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.

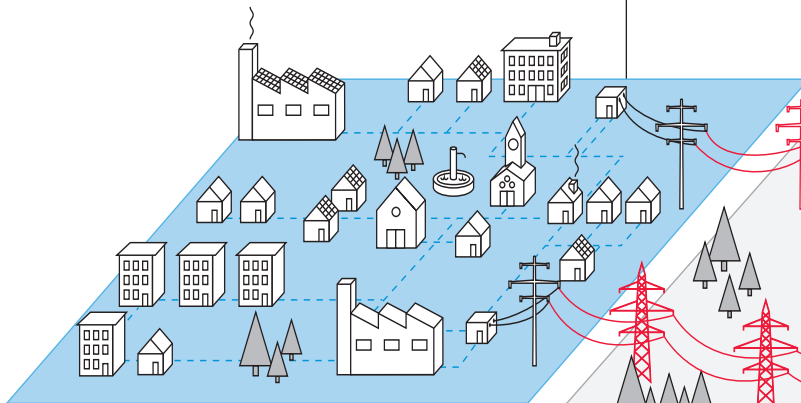


# Der Weg des Stroms

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

## 6 1 – Wie wird Strom genutzt?

8 **BILDREPORTAGE** Stromverbrauch im täglichen Leben

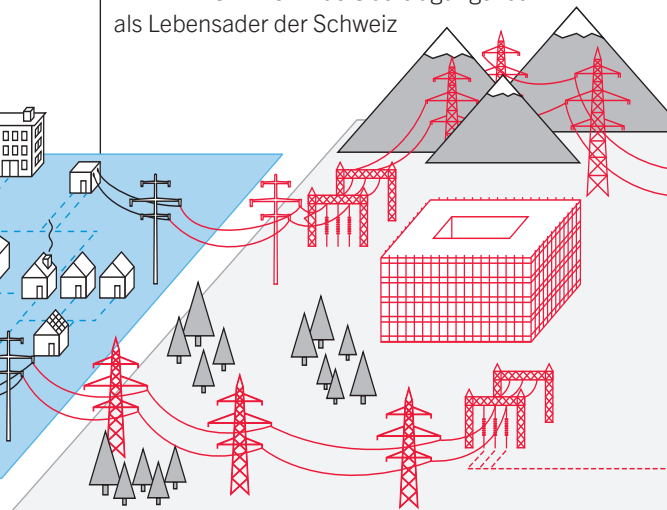


12 **DIALOG** Energiezukunft der Schweiz – ein Gespräch mit Dr. Christian Schaffner

16 **1x1 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

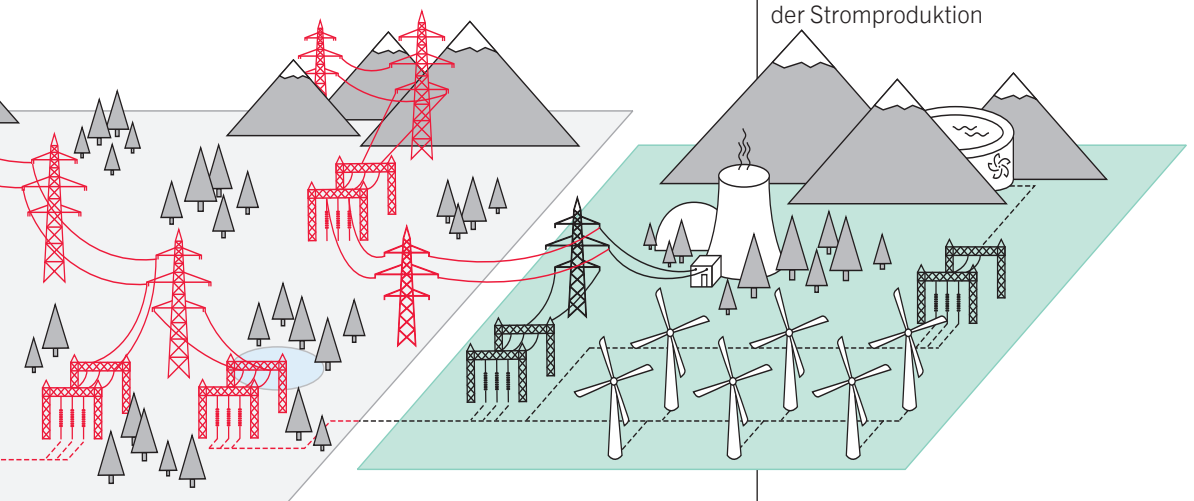
30 **NETZLEITSTELLE** Hier laufen die Fäden zusammen

33 **BLACKOUT** Wenn der Strom ausfällt

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

36 **NETZPROJEKTE** Optimierung vor Ausbau

38 **UMWELTEINFLÜSSE** Strom ist nicht unsichtbar



50 **3 – Wie wird Strom produziert?**

52 **BILDREPORTAGE** Vielfältige Formen der Stromproduktion

40 **NACHHALTIGKEIT** Den Unken Raum geben

42 **STROMMARKT** Manchmal zählen Sekunden



44 **DIALOG** Im Herzen Europas – ein Gespräch mit Andrea Mäder

47 **INNOVATION** Anno 1958 und am Puls der Zeit



56 **DIALOG** Erneuerbare Energie – ein Gespräch mit Michael Frank

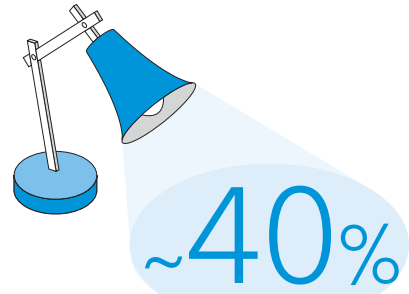
59 **1x1 DES STROMS** Stromproduktion heute und morgen

# 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.

# 58,1

**Terawattstunden Strom** wurden im Jahr 2021 in der Schweiz verbraucht. Dies entspricht in der Schweiz dem Stromverbrauch von rund 12,4 Millionen 5-Zimmer-Wohnungen mit Elektroherd und Tumbler (ohne Elektroboiler).



**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.

**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 Kupferkabel 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.



# 8–30

**Rappen** kostet eine Kilowattstunde Strom je nach Region und gewähltem Tarif (Nachtтарif, Ökostrom usw.) Eine Kilowattstunde entspricht zum Beispiel der elektrischen Energie, die 100 LED-Lampen à 10 Watt während 1 Stunde benötigen.

# 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.



**Wohlfühlfaktor inbegriffen.** Oft ist es das kleine Etwas, das den Unterschied macht. Wie die Lichterkette beim Gartenfest.





**Treuer Begleiter.** Ohne die permanente Verfügbarkeit von Strom ist die Bewältigung des Alltags kaum vorstellbar.



**Modernes Leben** Strom ermöglicht zahlreiche Anwendungen, die das Leben bequemer machen.



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


**Maximale Flexibilität.** Strom ermöglicht eine hohe Lebensqualität. Dazu gehören heute auch die Mobilität und die Freiheit, seinen Tagesablauf individuell und flexibel zu gestalten.







**Neue Arbeitswelt.** Ohne Einschränkungen an jedem Ort arbeiten zu können, auch das macht Strom möglich.



«In Zukunft werden wir weniger Energie, aber mehr Strom brauchen.»



5 Fragen an Dr. Christian Schaffner – das Kurzinterview:  
[youtube.com/swissgridag](https://youtube.com/swissgridag)



## Der Stromverbrauch in der Schweiz steigt. Für eine Trendwende sind energieeffizientere Technologien allein nicht ausreichend. Es braucht Vorbilder, Anreize und ein Umdenken.

### **Strom ist aus dem täglichen Leben nicht wegzu-denken. Wo benötigen Sie am meisten Strom?**

Ich wohne mit meiner Familie in einer Mietwohnung, insofern fällt bei uns der grösste Stromverbrauch beim Kochen und Waschen an. Da das Gebäude mit Fernwärme und nicht mit einer Wärmepumpe geheizt wird, ist der diesbezügliche Verbrauch vergleichsweise tief. Was die Mobilität betrifft, so benutze ich ab und zu ein Elektromobil, auch wenn es nicht mein eigenes ist, und oft den Zug.

### **Wo steht die Schweiz beim durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch von Elektrizität?**

Die Schweiz steht beim durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch von Elektrizität europaweit im Mittelfeld. Einerseits haben wir nicht einen so hohen Stromverbrauch wie zum Beispiel Norwegen, wo fast ausschliesslich mit elektrischem Strom geheizt wird. Andererseits haben wir aber einen höheren Stromverbrauch als südliche Länder wie zum Beispiel Italien oder Spanien. Auf die ganze Welt bezogen, sind wir, wenig überraschend, pro Kopf gesehen ein grosser Stromverbraucher.

### **Der Pro-Kopf-Wert ist ein Durchschnittswert.**

#### **Wer sind die Hauptverbraucher in der Schweiz?**

Schaut man sich die Hauptverbraucher im Detail an, sind da auf der einen Seite die Haushalte mit Waschen, Kochen, Heizen sowie Warmwasserbereitstellung. Auf der anderen Seite steht die Industrie, die mit der Prozessenergie – zum Beispiel Antriebe und Automatisierung – und zum Teil auch mit der Wärmeaufbereitung ein grosser Bezüger ist, sowie die Dienstleistungen. Weiter zu erwähnen sind die Landwirtschaft und der öffentliche Verkehr, wobei diese eher einen kleinen Anteil ausmachen.

### **Wie wird sich der Elektrizitätsverbrauch verändern?**

In Zukunft wird der Stromverbrauch aufgrund der Dekarbonisierung, also der Abkehr von fossilen Energieträgern, zunehmen. Die starken Treiber sind hier die Elektromobilität und die Elektrifizierung der Wärmebereitstellung, insbesondere die Wärmepumpen. Dadurch kann sehr viel fossile Energie ein-

gespart werden, sodass insgesamt weniger Energie gebraucht wird, dafür aber mehr Strom. Der Trend zeigt dabei klar in die Richtung, dass die Haushalte und der Verkehr stärker und schneller elektrifiziert werden als die Industrie.

### **Was sind die Gründe hierfür?**

In beiden Bereichen gibt es klare Effizienzsteigerungen, zum Beispiel bei der Beleuchtung dank LED oder bei den Kühlschränken. Auch bei den industriellen Prozessen wird sehr viel gemacht, damit weniger Strom für den gleichen Output und die gleiche Dienstleistung erforderlich ist. Dennoch ist durch die Elektromobilität und die Wärmepumpen schon jetzt eine Zunahme zu verzeichnen, sodass der Stromverbrauch – gerade auch durch die Haushalte – in der Schweiz in der Summe eher zunehmen wird.

### **Was heisst das für die Energiewende? Ist die Schweiz auf Kurs?**

Bei der Energiestrategie 2050 des Bundes sehen wir insgesamt eine signifikante Reduktion des Energieverbrauchs in der Schweiz. Diese Reduktion wird insbesondere durch effizientere Technologien erreicht. Da ist einerseits der Elektromotor, der sehr viel effizienter als der Verbrennungsmotor ist, und andererseits die Wärmepumpe im Gebäudebereich. Eine Wärmepumpe kann mit einer Einheit Strom ein Mehrfaches an Wärme produzieren als herkömmliche Heizungen. Wie bereits erwähnt, heisst das mit anderen Worten, dass wir weniger Energie brauchen werden, dafür aber mehr Strom.

## Bringt sich die Schweiz damit nicht in eine noch stärkere Abhängigkeit vom Ausland?

Wenn man den Gesamtenergiebereich anschaut, sind wir heute sehr stark vom Ausland abhängig. Schliesslich werden alle fossilen Energieträger aus dem Ausland importiert. Was den Strom betrifft, so sind die Produktion und der Konsum über das Jahr ungefähr auf gleichem Niveau. Schon heute haben wir aber einen intensiven Austausch mit dem Ausland – im Winter importieren wir grosse Mengen Strom, während wir im Sommer exportieren. Wenn wir weniger fossile Energieträger importieren, haben wir insgesamt eine weniger grosse Abhängigkeit vom Ausland. Dennoch ist es auch bei einer verstärkten Gewichtung auf Strom zentral, dass wir gute Beziehungen mit den umliegenden Ländern pflegen.

## Was kann getan werden, um den Stromverbrauch zu senken?

Es ist sehr wichtig, dass wir überall dort, wo wir Strom verbrauchen, auf die Effizienz schauen. Im Bereich der Haushalte kann dies zum Teil mithilfe neuer Technologien erreicht werden. Bei der Industrie müssen wir sehr genau auf die Prozesse

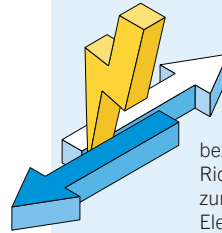


Zur Person  
**Dr. Christian Schaffner**

Seit September 2013 ist Christian Schaffner geschäftsführender Direktor des **Energy Science Center (ESC)** der ETH Zürich. Das ESC ist ein interdisziplinäres Kompetenzzentrum zur Förderung der Energieforschung und -lehre. Es hat sich zum Ziel gesetzt, die Einführung eines umweltfreundlichen, zuverlässigen, risikoarmen, wirtschaftlich tragfähigen und sozial verträglichen, nachhaltigen Energiesystems zu erleichtern.

Zuvor war Christian Schaffner beim Bundesamt für Energie als Leiter der Sektion Netze für die Entwicklung einer Netzausbaustrategie und einer Smart Grid Roadmap verantwortlich. In dieser Funktion war er auch an den bilateralen Verhandlungen zwischen der Schweiz und der Europäischen Union über einen Vertrag zur Energieversorgung beteiligt.

## Zahlen und Fakten zur Energiezukunft



### Bidirektionaler Austausch

bezeichnet den Stromfluss in beide Richtungen. Je nach Bedarf kann zum Beispiel der Batterie eines Elektroautos Energie zugeführt oder umgekehrt Strom entnommen werden.

### Über 60 Prozent

aller installierten Heizungen in der Schweiz sind Wärmepumpen. Kaum ein Neubau wird nicht mittels dieser Wärmeerzeugung ausgerüstet.

### 40–100 Mia. Franken

wird die Energiewende oder der Umbau des Schweizer Energiesystems bis 2050 Schätzungen zufolge kosten. Anders ausgedrückt, bedeutet dies jährliche Investitionskosten von 1 bis 2,5 Mia. Franken.

schauen, denn dort liegt nach wie vor ein grosses Optimierungspotenzial. Eine wichtige Unterscheidung ist zudem, dass es beim Strom nicht nur um die Menge, sondern auch um die Leistung geht, die zu einem bestimmten Zeitpunkt verfügbar ist. So sollten zum Beispiel nicht alle Elektroautos um die gleiche Zeit geladen, sondern die Ladezeiten möglichst intelligent verteilt werden. Das entspricht dem Prinzip der Smart Grids. Eine weitere wichtige Massnahme ist das bidirektionale Laden. Das heisst, dass die Batterien und die Energie der Elektromobile kurzfristig genutzt werden, damit das Stromsystem stabiler bleibt.

## Welche Anreize braucht der Mensch, um den Stromverbrauch tatsächlich zu senken?

Im Bereich der Industrie sind Vorbildfunktionen wichtig, um zu zeigen, was überhaupt möglich ist. Generell gibt es einen immer grösseren Druck in der Industrie, CO<sub>2</sub>-neutral zu werden und darauf zu achten, welche Art von Strom gebraucht wird. Im privaten Bereich sind die Anreize zum Stromsparen fast immer an gewisse Vorschriften gekoppelt wie zum Beispiel Effizienzvorschriften oder Verbote von Glühbirnen, da diese einen weitaus grösseren Effekt haben als der Preis.

# «Es ist sehr selten, dass Technologien auftauchen, die innert weniger Jahre eine Mehrheit der Probleme lösen können.»

## **Könnte die Senkung des Verbrauchs nicht ein grösserer Hebel als der Ausbau von Produktionskapazitäten sein, um die Herausforderungen der Energiewende zu meistern?**

Schlussendlich ist alles notwendig. Das heisst, wir müssen mehr erneuerbaren Strom produzieren, um den erhöhten Bedarf abzudecken. Gleichzeitig müssen wir die Effizienz steigern wo immer möglich. Ein weiterer wichtiger Faktor, über den heute noch wenig gesprochen wird, ist die Energiesuffizienz. Das heisst, dass wir uns überlegen, wie viel Mobilität wir brauchen und ob es Möglichkeiten gibt, diese zu senken. Oder inwiefern wir auch im Wärmebereich Anstrengungen hin zu einer Senkung unternehmen können. Auch bei der Raumplanung spielt die Suffizienz eine wichtige Rolle – wie organisieren wir unsere Städte, Dörfer und Landschaften? Planen wir diese so, dass wir weniger Transportwege brauchen, weniger beheizte Flächen?

## **Welche Rolle wird Technologie bei der Senkung des Stromverbrauchs spielen?**

Es gibt ganz viele Entwicklungen in diesem Bereich, aber es ist sehr selten, dass Technologien auftauchen, die innert weniger Jahre eine Mehrheit der Probleme lösen können. Es gibt aber Kippunkte, so wie dies derzeit bei der Elektromobilität der Fall ist.

Mittlerweile sind die Elektromotoren in etwa gleich teuer wie die Verbrennungsmotoren. In ein paar Jahren wird sich das Momentum noch stärker zu den Elektromotoren hin verschieben, womit ein weiterer grosser Hebel entsteht. Zentral ist, dass es auch weiterhin intelligente Regulierungen braucht, damit neue Technologien ermöglicht werden können. Dort besteht sicher noch einiger Handlungsbedarf.

## **Mehr Verbrauch bedeutet mehr Strom, der zu den Verbrauchern transportiert werden muss. Schaffen die heutigen Stromnetze dies?**

Die Stromnetze in der Schweiz sind auf einem sehr hohen Niveau und auch international sehr gut angebunden. Das Übertragungsnetz ist sehr gut ausgebaut, und im Verteilnetz sind wir insbesondere im städtischen Bereich komfortabel ausgerüstet. Wenn man aber in die Zukunft schaut, gibt es auf allen Ebenen neuralgische Punkte. Beim Übertragungsnetz gibt es einige Knotenpunkte, Transformatoren und Leitungen, die heute bereits an der Kapazitätsgrenze sind und ausgebaut werden sollten. Vergessen wir nicht, dass neben dem Transport auch die intelligente Verteilung des Stroms eine wichtige Rolle spielt und es diesbezüglich noch viele offene Fragen gibt. Sicher ist, dass der bidirektionale Austausch auch zwischen Übertragungs- und Verteilnetzen und die dazugehörige Kommunikation weiter ausgebaut und intensiviert werden müssen.

# 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?

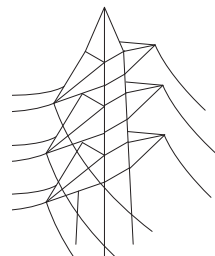
## Ohne Spannung nichts los

**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.**

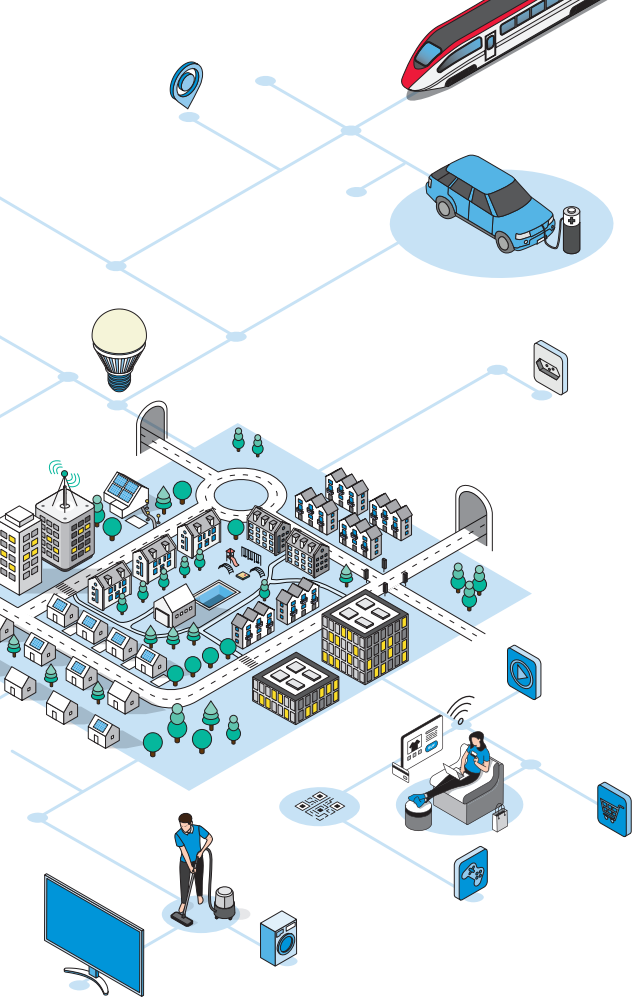
Die Funktionsweise des elektrischen Stroms basiert auf der Eigenschaft der Elektronen – den negativ geladenen Teilchen eines Atoms –, immer zu einem neutralen Zustand zu streben. Entfernt man die Elektronen von einem Atom, zum Beispiel durch eine chemische Reaktion, bleibt ein positiv geladenes Teilchen 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 ( $\Omega$ )** 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.

# Tiefkühlerbissen für die Netzstabilität

Weil der Strom im Übertragungsnetz nicht gespeichert werden kann, muss auf der einen Seite immer genauso viel Strom hineinfließen, wie auf der anderen Seite herausfließt. Das stellt sicher, dass das Netz immer stabil ist. Dazu können sogar Stromverbraucher wie Kühlhäuser einen Beitrag leisten.

Damit ein sicherer Betrieb des Netzes bei einer konstanten Frequenz von 50 Hertz gewährleistet werden kann, müssen die Netzbetreiber die Produktion und den Verbrauch von Strom stets im Gleich-

gewicht halten. Dazu überwachen sie das Stromnetz rund um die Uhr. Droht ein Ungleichgewicht, können zum Beispiel Kühlhäuser angewiesen werden, ihren Energieverbrauch zu drosseln. Umgekehrt können

Kraftwerksbetreiber ihre Produktion erhöhen, um einen steigenden Stromverbrauch zu kompensieren.

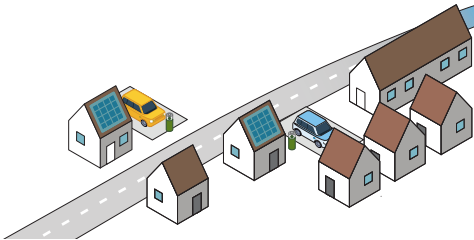
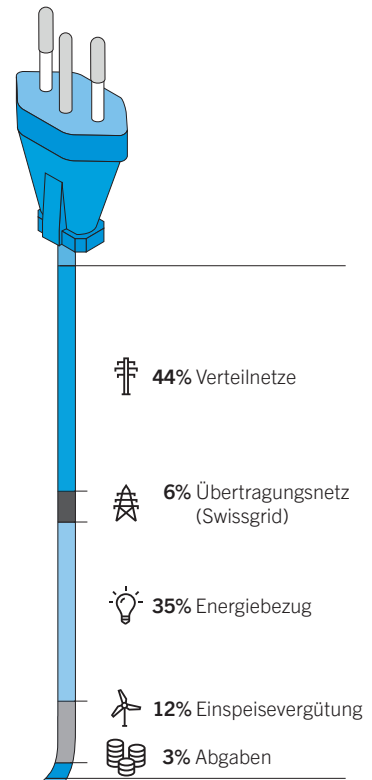


Mehr erfahren:  
[swissgrid.ch/regelleistung](https://www.swissgrid.ch/regelleistung)

# So viel kostet Strom

Der Strompreis setzt sich grob gesagt aus folgenden drei Komponenten zusammen: dem Energietarif für die gelieferte elektrische Energie, dem Netznutzungstarif für den Stromtransport vom Kraftwerk bis ins Haus sowie politischen Abgaben. Letztere sind für das Gemeinwesen, zur Förderung erneuerbarer Energien und für den Schutz der Gewässer und Fische bestimmt.

Für eine 5-Zimmer-Wohnung mit Elektroherd und Tumbler (ohne Elektroboiler) mit einem Jahresverbrauch von 4 500 Kilowattstunden (kWh) fallen heute ca. 20,47 Rappen pro kWh Strom an. Dabei machen der Netznutzungstarif rund 50 Prozent, der Energietarif rund 35 Prozent und die verschiedenen Abgaben zusammen rund 15 Prozent des Strompreises aus. Am gesamten Strompreis, den Endverbraucherinnen und -verbraucher bezahlen, betragen die Kosten für das Übertragungsnetz von Swissgrid knapp 6 Prozent. 2022 bezahlt ein solcher Schweizer Haushalt folglich ungefähr 50 Franken an die Kosten des von Swissgrid betriebenen Übertragungsnetzes.



## Strom wird (noch) lokal gekauft

Die meisten Endverbraucherinnen und Endverbraucher der Schweiz beziehen ihren Strom beim lokalen Stromversorgungsunternehmen. Nur grosse Stromkonsumenten mit einem Verbrauch von mehr als 100 000 kWh pro Jahr können ihren Stromlieferanten frei wählen.

In der Schweiz erfolgte die Strommarktöffnung für die Gross-

verbraucher 2009. Nach dem Willen des Bundesrats soll der Strommarkt künftig für alle Verbraucherinnen und Verbraucher liberalisiert werden. Die entsprechende Anpassung ist im Entwurf des neuen «Bundesgesetzes über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien» vorgesehen. Die Strommarktliberalisierung betrifft aber nur den Energiemarkt und nicht das Stromnetz. Im Gegensatz zum

Telekommunikationsmarkt, wo bis auf die letzte Meile parallele Infrastrukturen aufgebaut wurden, bleibt das Stromnetz unangetastet. Denn parallele Netzinfrastrukturen wären mit einem enormen finanziellen und logistischen Aufwand verbunden und deshalb volkswirtschaftlich nicht sinnvoll.

# Die Transportwege sind lang

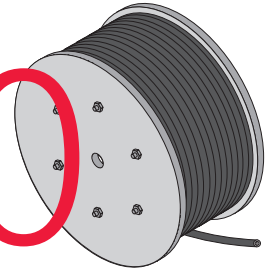
Strom wird mehrheitlich nicht dort genutzt, wo er erzeugt wird. Damit die elektrische Energie zu den Verbraucherinnen und Verbrauchern gelangt, braucht es ein Stromnetz. An erster Stelle hinter der Produktion steht das Übertragungsnetz. Mit Höchstspannung transportiert es Strom über grosse Strecken bis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



# 2,5 Mia.

**Franken** werden bis 2025 in die Modernisierung des Übertragungsnetzes investiert. Damit das Netz zukünftigen Bedürfnissen gerecht wird, plant Swissgrid bereits heute das Strategische Netz 2040.

# 2200



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



# Knapp 15 Min.

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



# 15 cm

beträgt der **Durchmesser** eines 380-Kilovolt-Erdkabels auf Höchstspannungsebene. Dies entspricht etwa dem Durchmesser eines Tischtennisschlägers.

# Über 6000



**Mitarbeitende** aus 28 Nationen setzen sich bei Swissgrid für die besten Lösungen für das Übertragungsnetz ein.

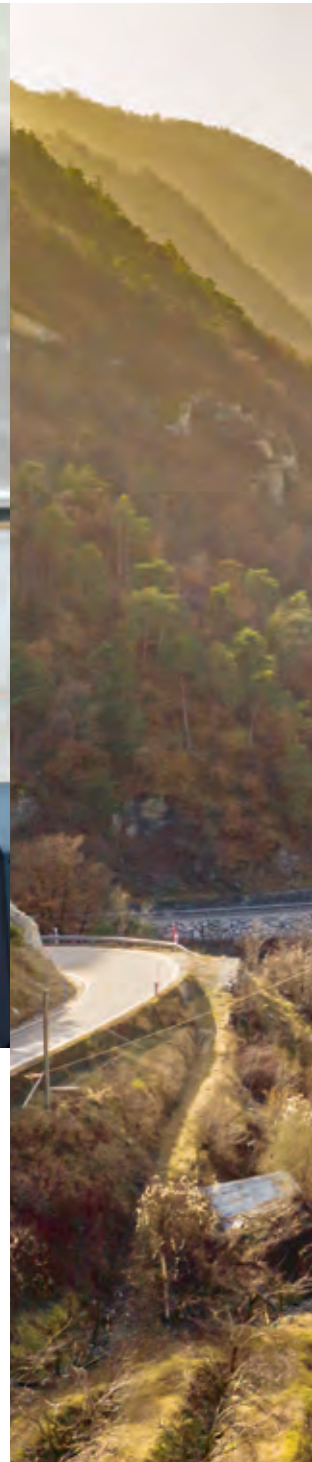
# 6700

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



**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.



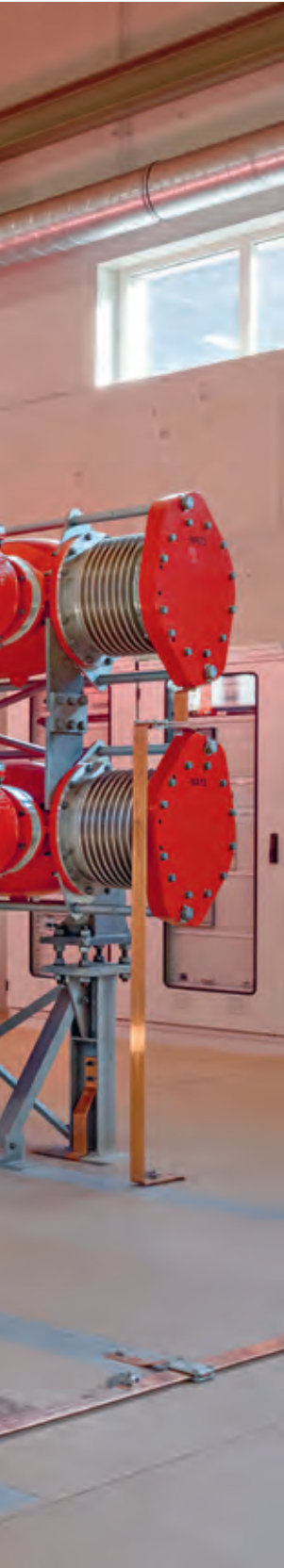


**Safety First.** Für ein langfristig zuverlässiges Netz investiert Swissgrid in dessen Instandhaltung und Modernisierung.





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



## Lebensader mit Höchstspannung.

Die über 600 Mitarbeitenden von Swissgrid setzen sich rund um die Uhr dafür ein, dass das Schweizer Übertragungsnetz auch weiterhin zu den zuverlässigsten der Welt gehört.

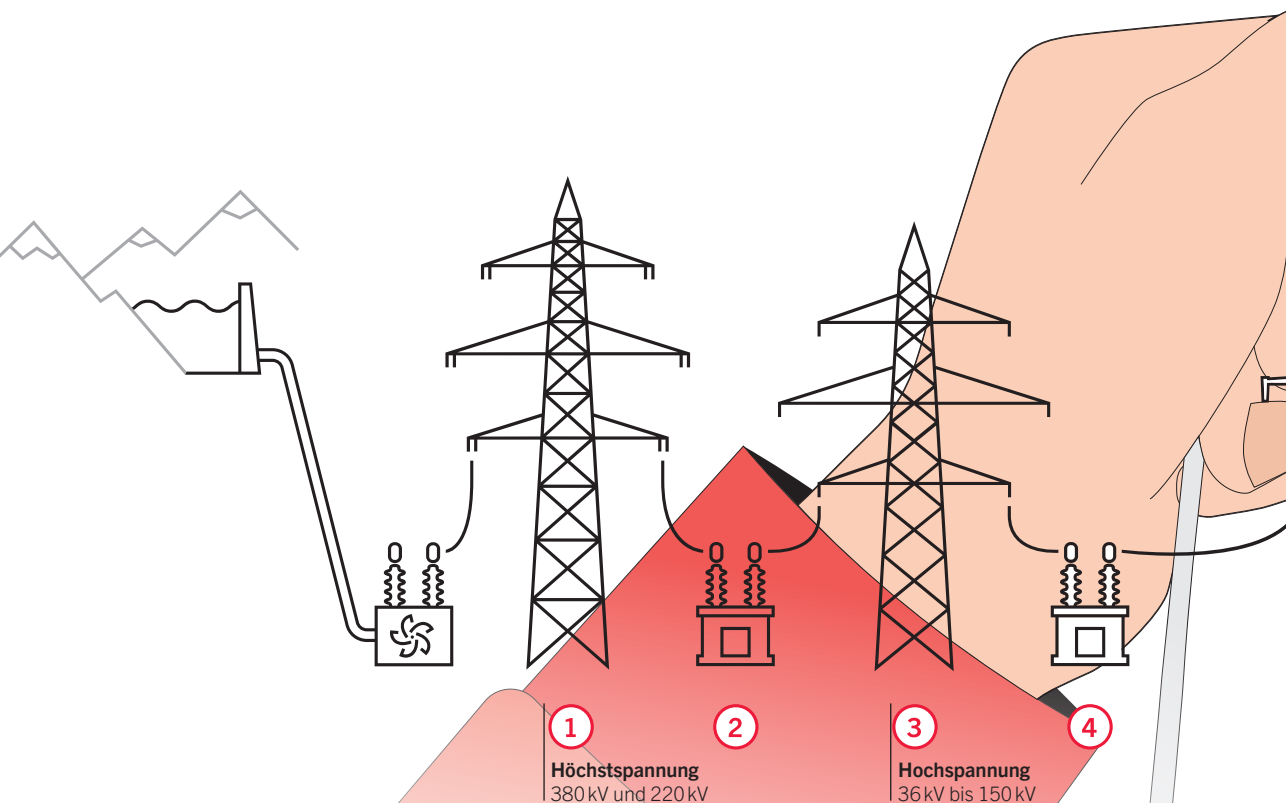


**Weiterentwicklung.** Swissgrid plant bereits heute das Übertragungsnetz von morgen.



# 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.

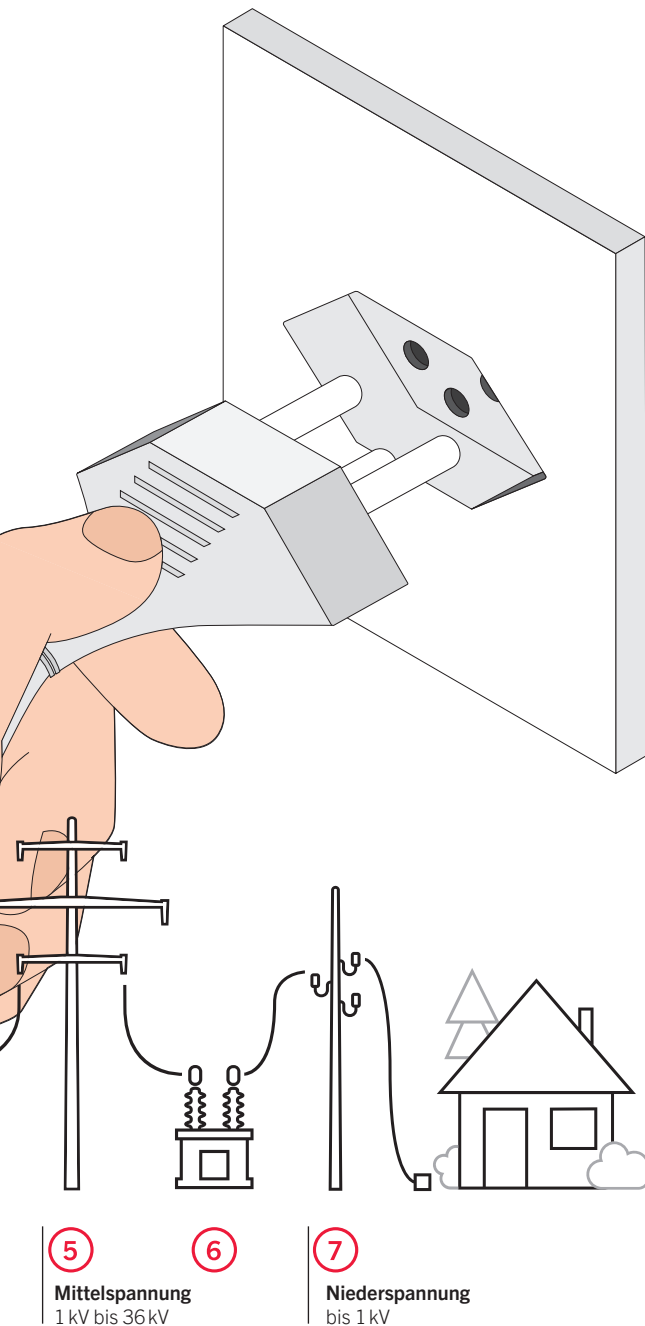
## Der Weg ist lang

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

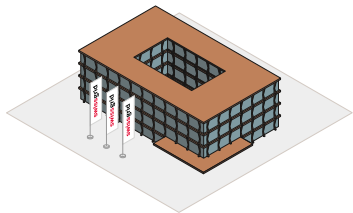
### Verbrauch

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.

**sg** Mehr erfahren:  
[swissgrid.ch/netzebenen](http://swissgrid.ch/netzebenen)

# Diese Hardware braucht das Netz

Das Schweizer Übertragungsnetz transportiert den Strom von den Kraftwerken zu den Verbrauchsregionen und ermöglicht zudem den Export und den Import aus dem Ausland. Dazu braucht es eine ausgeklügelte und perfekt abgestimmte Infrastruktur, die aus verschiedenen zentralen Komponenten besteht.



## Netzleitstellen

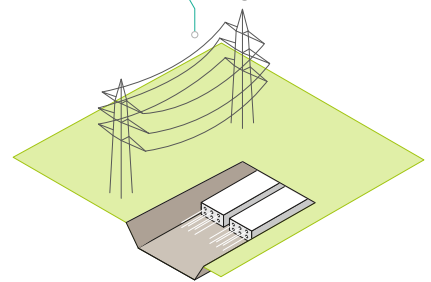
Leitstellen Aarau und Prilly

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.

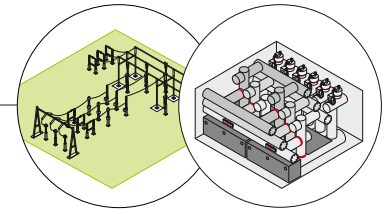
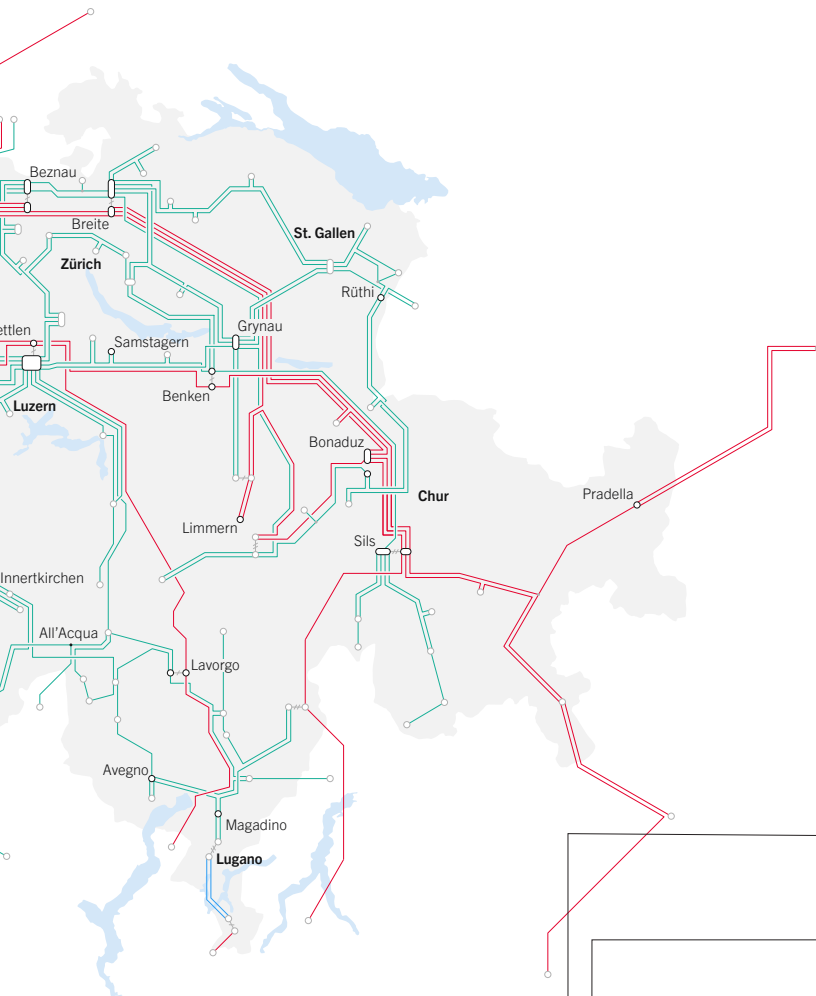
## Höchstspannungsleitungen

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

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



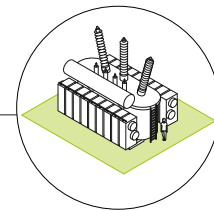
Import und den Export von Strom genutzt, während grosse Schweizer Kraftwerke ihre Energie in das 220-kV-Netz einspeisen. Auf der Höchstspannungsebene wird der Strom weitgehend über Freileitungen transportiert. Bei jedem Netzbauprojekt prüft Swissgrid den Einsatz von Erdkabeln.



## 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.



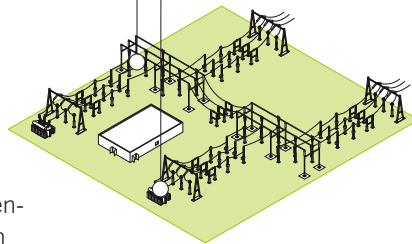
## Transformatoren

○ Transformatoren

Die 21 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.







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 Schalthanlungen Einfluss auf die Lastflüsse im Übertragungsnetz. Dafür werden in Schaltanlagen Leitungen getrennt oder der Stromfluss durch die



## Der persönliche Austausch bleibt trotz aller Technik wichtig.

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.

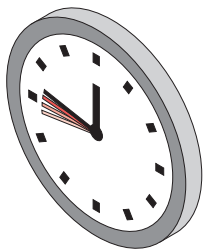
### Im Verbund mit Europa

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.

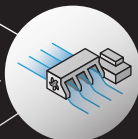
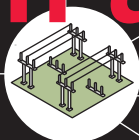
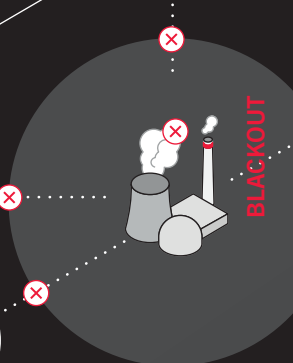
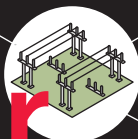
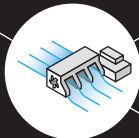
## Gut zu wissen

### Darum geht die Backofenuhr falsch

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 in Elektrogeräten nach.



# Wenn der Strom ausfällt



Kommt es zu einem überregionalen Stromausfall, spricht man von einem Blackout. Es ist eine der Kernaufgaben von Swissgrid, in einem solchen Fall so rasch wie möglich die Vollversorgung wiederherzustellen.

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, die sich dann automatisch abschalten. Daraufhin kann eine Kettenreaktion, auch Kaskade genannt, ausgelöst werden, die eine immer schnellere Dynamik entfaltet. In einem solchen Fall versuchen die Netzbetreiber, das von einer Störung betroffene Netz mit Schalthandlungen zu isolieren und die Kettenreaktion zu stoppen.

Kommt es zum Ausfall eines sehr grossen Kraftwerks, droht

ein Frequenzzusammenbruch. In einem solchen Fall ist das Gleichgewicht zwischen Produktion und Verbrauch nicht mehr gewährleistet, und die Netzfrequenz sinkt, was zur Abschaltung weiterer Kraftwerke führen kann. Schlimmstenfalls droht ein kompletter Netzzusammenbruch, weshalb die Netzbetreiber frühzeitig versuchen, mittels Einsatz von Regelenergie die Frequenz zu stabilisieren.

## Wichtigkeit von präventiven Massnahmen

Um Blackouts zu verhindern, hat Swissgrid verschiedene präventive Massnahmen zur Hand, wie zum Beispiel die permanente Überwachung und Analyse des Stromnetzes, ein Krisenmanage-

mentkonzept oder Störfallpläne. Kommt es dennoch zu einem Blackout, gibt es zwei Verfahren, um das Netz wieder aufzubauen: den Aufbau mit Fremdspannung oder mit Eigenspannung.

## Fremdspannung

Beim Aufbau mit Fremdspannung muss ein funktionsfähiges Nachbarnetz vorhanden sein, damit einzelne Netzelemente wie Leitungen oder Unterwerke schrittweise an dieses Netz angeschlossen werden können. Dieser Vorgang erfolgt in enger Abstimmung mit den Verteilnetzbetreibern und den Kraftwerken.

## Eigenspannung

Falls nicht absehbar ist, dass das Netz mit Fremdspannung aufgebaut werden kann, müssen Inseln geschaffen werden. Das Stromnetz jeder Insel wird mit sogenannten schwarzstartfähigen Kraftwerken aufgebaut: Pumpspeicher- oder Flusskraftwerke, die eigenständig hochfahren können. Sobald die Inseln eine stabile Frequenz vorweisen, werden sie schrittweise zusammengeschlossen. Dieser Vorgang heisst Resynchronisierung.





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

# 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.

### 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

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



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.

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

## Gut zu wissen

Für die Planung und die Umsetzung von Netzprojekten braucht es einen langen Atem. Das **Bewilligungs- und Genehmigungsverfahren** für neue Projekte erstreckt sich über sechs Phasen und bedingt den Einbezug verschiedenster Anspruchsgruppen. Den Entscheid, wo und mit welcher Technologie gebaut wird, treffen die Behörden.





# Optimierung vor Ausbau

Bei der Planung von Netzprojekten folgt Swissgrid dem Grundsatz Netzoptimierung vor Ausbau. Wenn die Infrastruktur ausgebaut wird, dann ganz gezielt und aus gutem Grund, wie der Einsatz der Tunnelbohrmaschine Giorgia zeigt.



Mehr erfahren:  
[youtube.com/swissgridag](https://youtube.com/swissgridag)



## Premiere für Giorgia

Damit das Pumpspeicherkraftwerk Nant de Drance im Unterwallis an das Höchstspannungsnetz angeschlossen werden kann, war für einen Teil der Leitung ein spezielles Netzprojekt notwendig. Zwischen dem Unterwerk La Bâtiaz und Le Verney in Martigny wurde eine unterirdische Kabelverbindung von 1,2 Kilometern Länge in einer Tiefe von 10 bis 20 Metern gebaut. Eine ingenieurtechnische Herausforderung, für die schweres Geschütz gefragt war.

Die Antwort darauf wurde in Form der Mini-Tunnelbohrmaschine Giorgia gefunden, die zum ersten Mal für ein Netzprojekt von Swissgrid zum Einsatz kam. Mithilfe von Giorgia, immerhin 80 Tonnen schwer, wurde während rund neun Monaten ein Tunnel mit einem Durchmesser von 3 Metern gegraben und befestigt. Ab Dezember 2021 erfolgte das Verlegen der zwölf Erdkabel im Tunnel, die mit einem Gewicht von über 19 Kilo pro Meter eine zusätzliche logistische Herausforderung mit sich bringen. Läuft alles nach Plan, wird die unterirdische Höchstspannungsleitung im Frühling 2022 in Betrieb genommen und mit der 380-kV-Freileitung in Le Verney in Martigny verbunden.

### **Pumpspeicherkraftwerk am Puls der Zeit**

Das Pumpspeicherkraftwerk Nant de Drance ist mit einer Speicherkapazität von 20 Millionen kWh eines der leistungsstärksten in Europa. Kommt dazu, dass es spezifisch für die Stromproduktion zu den Verbrauchsspitzen und zum Ausgleich der unregelmässigen Stromproduktionen aus erneuerbaren Energiequellen konzipiert ist.



# 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.

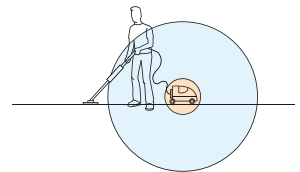
**Elektrische Felder** sind eher kleinräumig und werden durch Kleider und Haut weitgehend am Eindringen in den Körper gehindert. Durch Wechselstrom erzeugte magnetische Felder, wie sie bei der Stromübertragung entstehen, können hingegen im Körperinnern eine elektrische Spannung erzeugen und dadurch

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

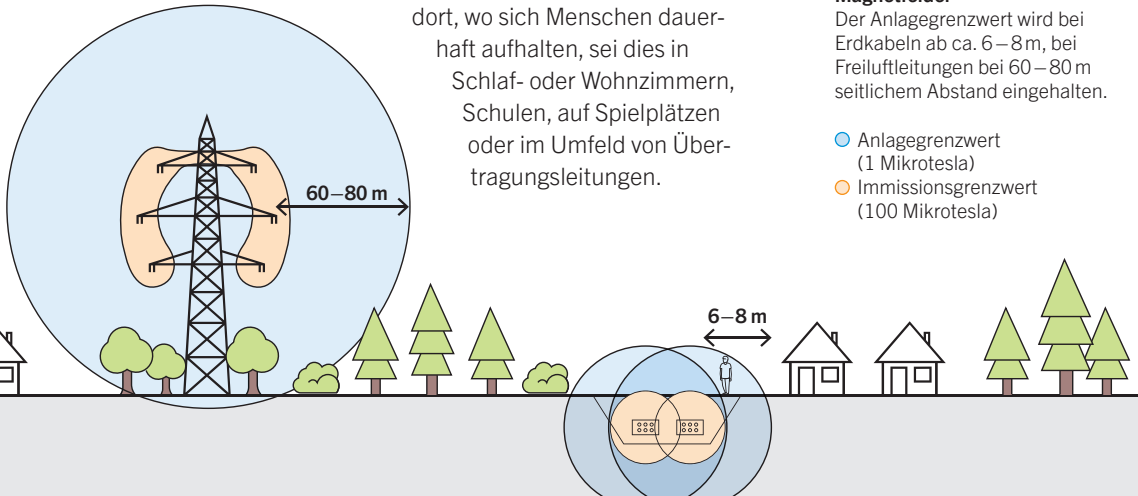


Sobald ein Gerät an die Steckdose angeschlossen wird, steht es unter Spannung. Ein elektrisches Feld entsteht selbst dann, wenn das Gerät ausgeschaltet bleibt und kein Strom fliesst.

### 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.

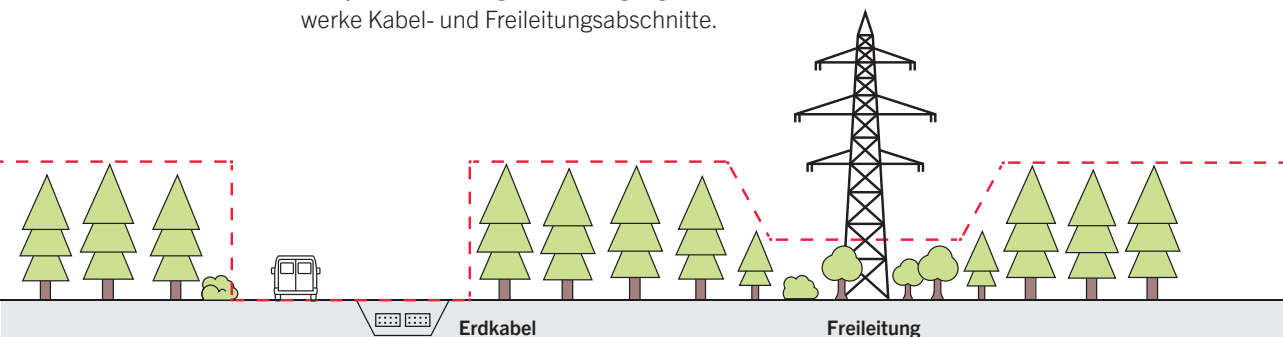
**Grenzwerte bei Tag und bei Nacht** in Dezibel (dB)

<b>I</b> Erholungszonen	 55
	 45
<b>II</b> Wohnzonen	 60
	 50
<b>III</b> Mischzonen Wohnen und Gewerbe, Landwirtschaftszonen	 65
	 55
<b>IV</b> 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.



A black and orange frog with dark spots is perched on a rock in a stream. The frog is the central focus of the image, with its body and limbs clearly visible. The background is a blurred stream with green foliage and rocks.

# Den Unken Raum geben

Die Flächen unterhalb von Strommasten können aus Sicherheitsgründen nur eingeschränkt genutzt werden. Tierschutzprojekte finden hier aber Raum.



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



**Barbara Krummenacher**  
Umweltingenieurin Swissgrid

Schön liest sich die Beschreibung der Gelbbauchunke nicht gerade: Die lehmgraue bis olivgrüne Körperoberseite des Froschlurchs ist mit zahlreichen Warzen versehen. Der Bauch dagegen ist gelb-schwarz gemustert; die Färbung signalisiert, dass die Unke giftig ist. Da blickt man ihr doch lieber in die Augen. Wie alle Unken hat sie herzförmige Pupillen, die sie eindeutig von Fröschen und Kröten unterscheiden.

### **Alles hat seinen Zweck**

Wie alles in der Natur haben diese charakteristischen Merkmale eine Funktion. Die unscheinbare Oberseite der Gelbbauchunke dient der Tarnung. Bei Gefahr dreht sie sich blitzschnell in die «Kahnstellung» um. So nennt man die Haltung, bei der sie sich in eine Rückbeuge krümmt. Ihr Bauch und damit der Hinweis auf ihre Giftigkeit sind so deutlich zu sehen. Das leicht toxische Sekret, das die Unke über die Haut absondert, dient dem Schutz vor Bakterien, aber auch vor Fressfeinden. Es kann in solchen Mengen produziert werden, dass die Körperoberfläche mit weissem Schaum bedeckt ist. Trotz dieser Abwehrmöglichkeit steht die Gelbbauchunke bei einigen Tierarten auf dem Speiseplan. Schlangen, Störche, Krähen, aber auch Igel und Spitzmäuse verzehren die erwachsenen, 3 bis 5 cm langen Unken. Molche, Wasserfrösche, Wasserschildkröten oder Libellenlarven laben sich am Nachwuchs.

«Lebensraum zu schaffen, ist wertvoll. Swissgrid macht dies bei Renaturierungsprojekten, wo zum Beispiel durch den Rückbau von Infrastrukturbauten neue Nutzungsmöglichkeiten entstehen.»

### **Ungenutzte Fläche wird belebt**

Stark gefährdet ist der Bestand der Gelbbauchunken jedoch hauptsächlich durch den Menschen. Grund dafür ist der Verlust der Lebensräume unter anderem durch Trockenlegung von Feuchtgebieten und die Verbauung von Flüssen. Will man dem Aussterben entgegenwirken, braucht es neue Lebensräume.

Erfreulicherweise bieten die Zonen unterhalb der Masten des Höchstspannungsnetzes ideale Voraussetzungen als Heimat für die Gelbbauchunken. Einerseits sind diese Flächen aufgrund der Sicherheitsauflagen kaum für die Landbesitzer nutzbar. Dies gewährleistet, dass Unken langfristig angesiedelt werden können. Andererseits ist das Gelände gut für das Anlegen von kleinen Tümpeln geeignet.

Solche Stillgewässer trocknen immer wieder aus und sind daher für die Konkurrenten der Unke nicht geeignet. Stehen die Masten im Wald oder in Waldnähe, finden die erwachsenen Amphibien neben Wasser auch Holzhauten und dichte Vegetation als Lebensraum.



Bau eines Tümpels direkt unter einem Mast

### **Gemeinsam mit dem Naturschutz**

Die Initiative, brache Flächen entlang des Übertragungsnetzes zu nutzen, kam von Pro Natura und vom Beratungsunternehmen Naturschutzlösungen. Sie evaluierten Standorte, die ideale Voraussetzungen mitbringen. Swissgrid begutachtete diese gemeinsam mit den Projektverantwortlichen und lieferte die benötigten Geodaten. Nach einem Pilotprojekt in Mühleberg sind weitere Lebensräume für Gelbbauchunken in acht weiteren Regionen geplant.



# Manchmal zählen Sekunden

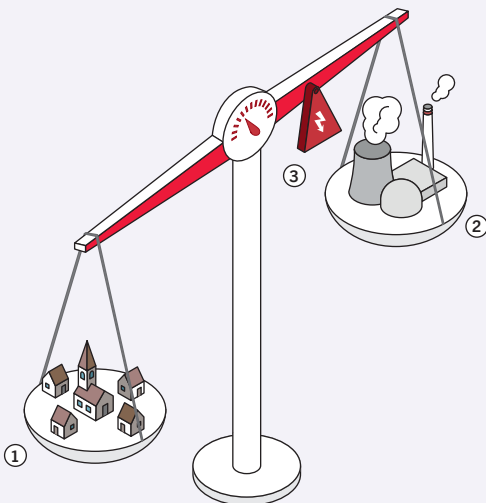
Herrscht ein Ungleichgewicht im Übertragungsnetz, braucht es ausgleichende Massnahmen. Da Swissgrid nicht selbst Strom produziert, wird dieser auf verschiedenen Märkten beschafft.

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 Regenergie zum Einsatz. Sie stellt eine Reserve dar, die von in- und ausländischen Kraftwerken für den kurzfristigen Gebrauch bereitgehalten und bei Bedarf aktiviert wird.

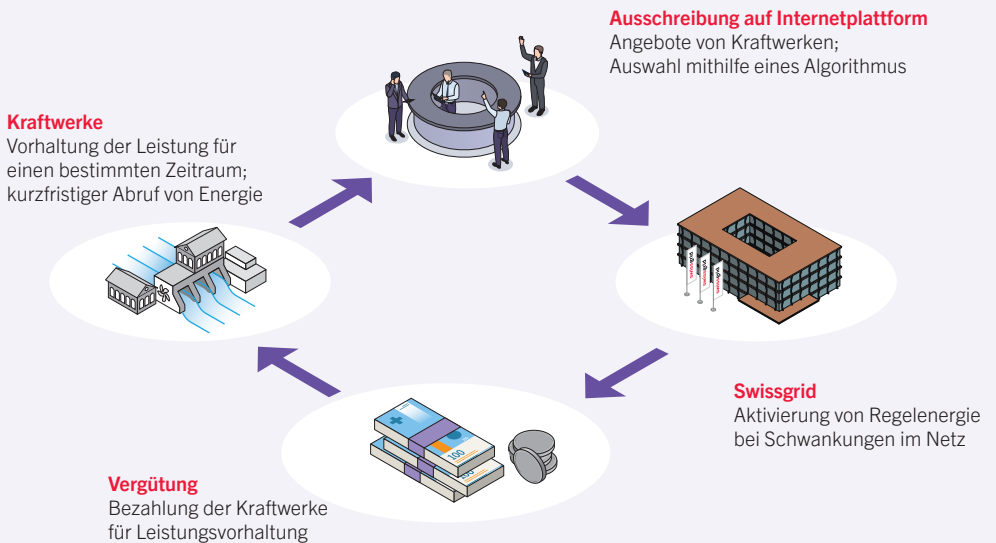
## Gleichgewicht herstellen



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

Beim Einsatz von Regenergie 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 wenigen

## Beschaffung und Vergütung von Regelreserven



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 Regelenergie 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)



«Ein technisches Stromabkommen wäre eine Übergangslösung.»



9 Fragen an Andrea Mäder – das Interview:  
[swissgrid.ch/blog](https://www.swissgrid.ch/blog)

# Das Schweizer Übertragungsnetz kann nicht isoliert betrachtet werden, es ist fest in das europäische Verbundnetz integriert. Doch die eingespielte Zusammenarbeit ist gefährdet.

## Woher kommt der Strom, den wir benötigen?

Der Strom, den wir in der Schweiz verbrauchen, wird mehrheitlich in einheimischen Kraftwerken produziert. Den anderen Teil importieren wir aus dem Ausland. Letzteres ist besonders in den Wintermonaten der Fall. In diesem Zeitraum werden bis zu 40% des Schweizer Strombedarfs mit Energie aus dem Ausland, vor allem aus Deutschland und Frankreich, gedeckt. Im Sommer ist es umgekehrt, dann wird häufig Strom exportiert.

Damit die elektrische Energie zu den Verbrauchern gelangt, braucht es das Stromnetz. Swissgrid stellt mit dem Übertragungsnetz gewissermassen die Autobahn zur Verfügung. Über dieses Netz können grosse Mengen Strom über weite Strecken transportiert werden. Selbst produziert Swissgrid aber keinen Strom.

## Ohne Vernetzung läuft im Übertragungsnetz nichts. Was bedeutet dies für Swissgrid?

Vernetzung ist für Swissgrid ein Erfolgsfaktor, für die Schweiz ist sie ein Garant für die Versorgungssicherheit. Innerhalb der Schweiz arbeiten wir eng mit den einheimischen Kraftwerks- und Verteilnetzbetreibern zusammen. Ausserhalb der Schweiz ist die Integration in das kontinentaleuropäische Verbundnetz unabdingbar. Unsere engen Beziehungen haben gewichtige Vorteile. Ohne diese Vernetzung funktionieren Import, Export und Transit von Strom nicht. Die Einbindung in Europa trägt ausserdem wesentlich zur Stabilität des Schweizer Stromnetzes bei. Vereinfacht gesagt: Je grösser der Verbund, umso stabiler ist das Gesamtsystem. Kraftwerksausfälle oder Schwankungen können in einer grossen Gemeinschaft leichter bewältigt werden.

## Ist ein funktionierender europäischer Verbund eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Energiewende?

Ja, das gilt für ganz Europa inklusive der Schweiz. Wir sind auf die Partizipation im Gesamtsystem und bei dessen Weiterentwicklung angewiesen. Auf europäischer Ebene braucht es unter anderem eine Erleichterung des Stromhandels. Gibt es beispielsweise nicht genügend Windenergie aus Deutschland, muss der Handel mit überschüssiger Sonnenenergie aus Portugal effizient abgewickelt werden können. Die Harmonisierung innerhalb der EU hat darum auch zum Ziel, Stromflüsse innerhalb von Europa schnell und unkompliziert zu ermöglichen.

## Wie beurteilen Sie die Zusammenarbeit in Europa derzeit?

Für Swissgrid ist die Zusammenarbeit mit den europäischen Partnern unerlässlich für die Gewährleistung der Netzsicherheit. Für die Stabilität des Verbundnetzes ist es essenziell, dass sich alle an die gleichen Regeln halten.

Auf technischer Ebene braucht es ein hohes Mass an Koordination; die Zusammenarbeit mit den europäischen Übertragungsnetzbetreibern ist seit Jahren sehr konstruktiv und lösungsorientiert. Den anderen Betreibern ist die Bedeutung der Schweiz für das kontinentaleuropäische Verbundnetz bewusst. In der letzten Zeit wird diese Zusammenarbeit aber von politischen Fragen beeinträchtigt. Die aktuelle politische Situation zwischen der Schweiz und der EU erschwert auf der für uns wichtigen technischen Ebene die gut eingespielte Zusammenarbeit.

## Was bedeutet die abnehmende Kooperation für die Schweiz?

Wir stehen als Land zunehmend isoliert da. Der fortschreitende Ausschluss der Schweiz aus dem europäischen Strombinnenmarkt hat auch für die einheimischen Stromproduzenten Nachteile. Unsere Wasserkraftwerke sind sehr flexibel, wenn es beispielsweise um den Ausgleich von Schwankungen im Stromnetz durch Regelenergie geht. Der technologische Wettbewerbsvorteil kann aber aufgrund des Ausschlusses nicht genutzt werden, und den Produzenten entgehen Einnahmen.



«Momentan verfügt die Schweiz über ein sicher betriebenes Netz und eine angemessene Versorgungssicherheit. Doch nur den Status quo zu erhalten, reicht für die Zukunft nicht aus.»

### Und für Swissgrid?

Ist Swissgrid von den europäischen Prozessen ausgeschlossen, steigt der Systemstress im Übertragungsnetz. Die Schweiz ist ohne Stromabkommen vom kurzfristigen europäischen Stromhandel ausgeschlossen. Die Transportkapazitäten für den Stromhandel werden in sogenannten Kapazitätsberechnungsregionen ermittelt und vergeben. Dabei werden die Schweizer Netzelemente ohne Abkommen nicht ausreichend berücksichtigt. Dies erhöht das Risiko von ungeplanten Stromflüssen. Diese ungeplanten Flüsse gefährden die Netzstabilität in unserem Land zunehmend. Swissgrid muss in solchen Fällen eingreifen und Strom für die Stabilisierung des Netzes einsetzen. Dieser fehlt dann für die Versorgung der Endkonsumentinnen und -konsumenten. Zudem sind die Massnahmen aufwändig und mit Kosten verbunden.

### Was braucht es, um die Situation zu verbessern?

Momentan verfügt die Schweiz über eines der stabilsten Netze der Welt und eine angemessene Versorgungssicherheit. Doch nur den Status quo zu erhalten, reicht für die Zukunft nicht aus. Um die Versorgungssicherheit nachhaltig zu gewährleisten, braucht es verschiedene Komponenten: ein stabiles

Netz, genügend in der Schweiz produzierte Energie und die Kooperation mit den europäischen Partnern. Ohne Letztere geht es nicht, ein Alleingang der Schweiz ist technisch kaum umsetzbar und volkswirtschaftlich auch nicht sinnvoll.

### Welche Handlungsoptionen hat Swissgrid?

Swissgrid engagiert sich auf europäischer Ebene, um die Systemsicherheit aus technischer Sicht aufrechtzuerhalten. Das heisst, wir schliessen Verträge mit europäischen Übertragungsnetzbetreibern ab. Diese Verträge lösen aber nicht alle Probleme, die sich aufgrund des fehlenden Stromabkommens ergeben. Unsere Vertragspartner unterliegen nationalen und europäischen Regulierungen. Sie brauchen für die Zusammenarbeit mit uns häufig Genehmigungen der entsprechenden Regulierungsbehörden. Für die Zukunft sind wir auf eine zwischenstaatliche Lösung angewiesen. Nur eine solche Lösung kann einen stabilen Rahmen für die Zusammenarbeit mit der EU und damit für eine hohe Versorgungssicherheit in der Schweiz schaffen. Ein Stromabkommen mit der EU bleibt für uns das ultimative Ziel. Als Übergangslösung könnten wir uns ein rein technisches, zwischenstaatliches Abkommen vorstellen.

### Was sollte ein solches Abkommen beinhalten?

Ein solches Abkommen würde die Frage des Zugangs zum europäischen Strommarkt aussen vor lassen. Dafür würde sichergestellt, dass wir zum Beispiel in alle technischen Instrumente und Prozesse zur Gewährleistung der Netzsicherheit einbezogen werden. Die gesetzliche Grundlage hierfür besteht bereits. Der Bundesrat hat die Kompetenz, ein entsprechendes internationales Abkommen abzuschliessen.



Zur Person  
**Andrea Mäder**

Andrea Mäder vertritt als Public Affairs Manager die Interessen und politischen Positionen von Swissgrid im schweizerischen und europäischen Umfeld. Sie analysiert dafür die relevanten Entwicklungen und arbeitet Handlungsempfehlungen für das Unternehmen aus. Ausserdem pflegt sie Beziehungen zu Schlüsselstellen und -personen im In- und Ausland.

# Der Stern von Laufenburg



1958 wurde im aargauischen Laufenburg Geschichte geschrieben. Mit der Zusammenschaltung der 220-Kilovolt-Stromnetze Deutschlands, Frankreichs und der Schweiz war das europäische Verbundnetz geboren.



## Schweiz als Stromdrehscheibe Europas

Der «Stern von Laufenburg» war der Ursprung des weltweit grössten Stromverbundnetzes. Heute garantiert das europäische Verbundnetz die Stromversorgung für mehr als 30 Länder mit über 530 Millionen Konsumentinnen und Konsumenten. Als zentraler Teil verbindet das Schweizer Übertragungsnetz den

Norden mit dem Süden Europas. Die Schweizer Stauseen agieren als wichtiger Energiespeicher, von dem alle Verbundländer profitieren.

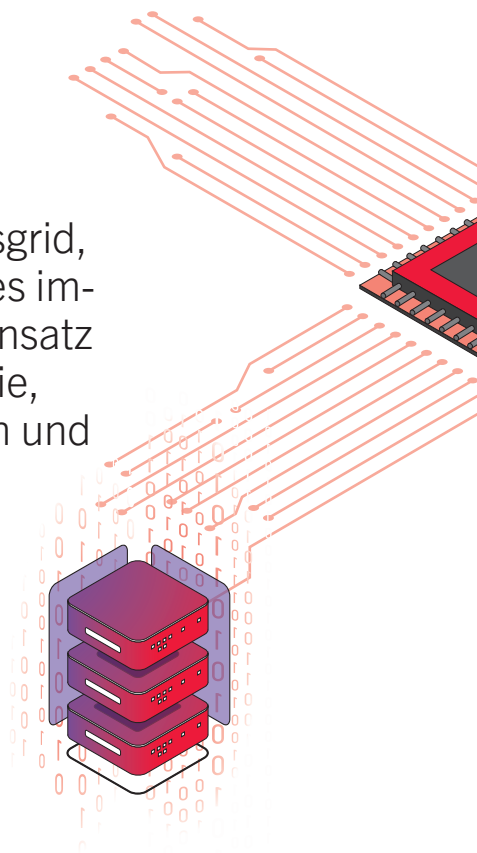
## Sichere Stromversorgung für Europa

Mit dem explosionsartigen Anstieg des Stromkonsums nach dem Zweiten Weltkrieg zeichnete sich rasch die Notwendigkeit für eine europäische Koordination der Stromflüsse ab. Deutschland, Frankreich und die Schweiz machten den ersten Schritt und schalteten ihre Stromnetze im «Stern von Laufenburg» zusammen. Die Schaltanlage trug zu einer nie dagewesenen Netzstabilität und Versorgungssicherheit bei. Mit einem Schlag entstand ein grenzüberschreitender Strommarkt.

Mit über 41 Leitungen ist die Schweiz eng mit ihren Nachbarländern vernetzt. Im Auftrag des ENTSO-E, des Verbands Europäischer Übertragungsnetzbetreiber, übernimmt Swissgrid derzeit als Koordinationszentrum für Südeuropa eine zentrale Rolle, um das europäische Netz im Gleichgewicht zu halten. Damit diese Aufgabe auch künftig reibungslos erfüllt wird, ist die Fortführung der engen Zusammenarbeit mit Europa wichtig.

# Am Puls der Zeit

Die Digitalisierung ermöglicht Swissgrid, den Betrieb des Übertragungsnetzes immer effizienter zu gestalten. Zum Einsatz kommen die Blockchain-Technologie, innovative Visualisierungsmethoden und Augmented Reality.



## Der Netzbetrieb der Zukunft

Damit den zunehmenden Schwankungen in der Produktion und im Verbrauch von Strom entgegengewirkt werden kann, sind innovative Lösungen gefragt. Hier kommt die Crowd-Balancing-Plattform Equigy ins Spiel. Mittels Blockchain-Technologie greift sie auf unterschiedlichste Energieressourcen zurück und schafft so mehr Stabilität und Versorgungssicherheit.

Equigy schafft die technischen Voraussetzungen, damit kleine, dezentrale und flexible Energieressourcen zur Stabilisierung des Netzes eingebunden werden können. Beispiele für solche

Ressourcen sind Photovoltaikanlagen, Batteriespeicher, Wärmepumpen oder Elektroautos. Die Blockchain-Technologie erlaubt dabei die Aggregation unzähliger solcher Anlagen und die automatische Verarbeitung grosser Datenflüsse. In diesem dezentralen System werden alle Daten direkt bei den einzelnen Einheiten erfasst und verarbeitet, was zu maximaler Transparenz und hoher Sicherheit führt.

### Förderung erneuerbarer Energien

Je grösser die Verknüpfung möglichst vieler unterschiedlicher Energieressourcen, desto um-

fangreicher der Pool an flexibler und erneuerbarer Elektrizität, die sicher ins Netz eingespeist und gesteuert werden kann. Somit kann auch die Fluktuation bei Angebot und Nachfrage besser kontrolliert werden. Swissgrid leistet mit dem Projekt Equigy folglich einen wichtigen Beitrag zur Förderung erneuerbarer Energien und darüber hinaus zur Kopplung der Sektoren Energie, Wärme und Verkehr.



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


# Schnelle Entscheidungsfindung dank 3D

Die Planung von Übertragungsleitungen ist komplex, viele verschiedene Interessen müssen berücksichtigt werden. Mithilfe von Algorithmen ist es Swissgrid möglich, den Entscheidungsfindungsprozess zu beschleunigen.

In Zusammenarbeit mit Swissgrid hat die ETH Zürich das 3D Decision Support System entwickelt, das alle für den Leitungsverlauf relevanten Faktoren aus den Bereichen Umwelt, Technik, Wirtschaftlichkeit und Raumplanung analysiert.

## Der Weg des geringsten Widerstands

Im Bereich Raumplanung werden beispielsweise Gebietstypen wie Wohnzonen oder Naherholungsgebiete in die Software eingelesen und einem «Widerstand» zugewiesen. Dieser drückt aus, wie geeignet ein Gebiet für eine Leitung ist. Mithilfe eines Algorithmus wird der Weg des geringsten Widerstands unter Berücksichtigung aller Faktoren ermittelt. Die Erkenntnisse werden in einer 3D-Visualisierung dargestellt. Dies unterstützt die Verantwortlichen im Entscheidungsprozess, führt zu mehr Transparenz und einer einfacheren Kommunikation mit den Betroffenen.

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

# Inspektion mit erweiterter Realität

Die Inspektion des Übertragungsnetzes ist aufwändig, es gilt unzählige Checklistenpunkte abzarbeiten. Hilfe leistet dabei Augmented Reality (AR).

Swissgrid macht sich die erweiterte Realität zunutze und hat gemeinsam mit dem ETH-Spin-off Rimon Technologies GmbH ein Pilotprojekt für die Inspektion von Unterwerken mit AR-Brillen lanciert.

## 300 digitale Checkpunkte

Dazu wurde das Unterwerk in Mettlen in 3D modelliert und mit Informationen des Inspektionsablaufs in eine AR-Brille integriert. Die AR-Anwendung führt die Nutzerin oder den Nutzer durch 300 digitale Checkpunkte, die im Abbild des Unterwerks angezeigt werden. Zusätzlich stehen Bilder, Videos und Filmsequenzen unterstützend zur Verfügung. Dank der AR-Anwendung wissen die

Dienstleister ganz genau, welche Kontrolle sie an welchem Ort durchführen müssen. Dies trägt dazu bei, die Inspektionen weiter zu standardisieren und gleichzeitig effizienter zu machen.

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

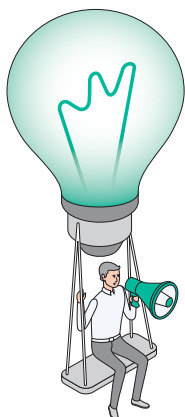


# Mehr als eine Möglichkeit

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.

# Über 80%

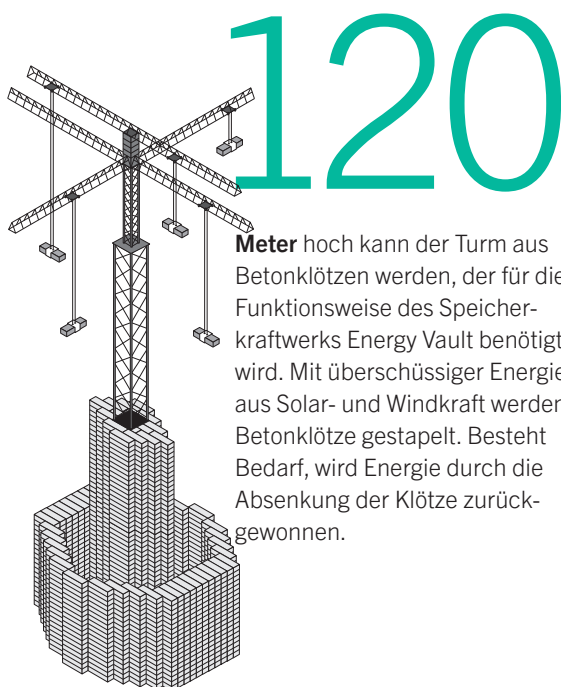
der Elektrizitätsunternehmen befinden sich im Eigentum der **öffentlichen Hand**. Über die politischen Mitbestimmungsrechte kann die Stimmbevölkerung daher Einfluss nehmen.



**Ideen** für alternative Wege, Strom zu produzieren, gibt es einige. Lassen sich die laufenden Forschungsprojekte massentauglich umsetzen, könnten zukünftig Regentropfen, Luftfeuchtigkeit oder Algen für elektrische Energie sorgen.

# Bis 2050

hat die Schweiz ihre Energieversorgung klimaneutral umgebaut. Dies ist das erklärte Ziel der **Energiestrategie 2050**. Dafür wird fast vollständig auf erneuerbare Energien gesetzt und mit Effizienzmassnahmen der Energieverbrauch gesenkt.



**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 zweimal der Länge eines Fussballplatzes.

# 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.



**Wichtige Energiespeicher.** Die Schweizer Stauseen speichern grosse Mengen an Energie für die Schweiz und für Europa.



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



**Prosumer.** Der Verbrauch erfolgt vermehrt aus lokaler und eigener Produktion.





**Die Kraft des Windes.** Auch die Windenergie aus der Nordsee trägt zur sicheren Stromversorgung bei.

**Lokal und dezentral.** Die heutige Stromproduktion diversifiziert sich zusehends und findet lokal und gleichzeitig sehr weit weg statt.





**Mitten unter uns.** Noch dient der Fluss dem Vergnügen, wenig später treibt er ein Flusskraftwerk an.





«Jede  
Kilowattstunde  
erneuerbare  
Energie zählt.»



5 Fragen an Michael Frank – das Kurzinterview:  
[youtube.com/swissgridag](https://youtube.com/swissgridag)

## Die Stromproduktion unterliegt einem fundamentalen Wandel. Die Schweiz steht bezüglich erneuerbarer Energien gut da. Es braucht jedoch einen schnelleren Ausbau der Produktions- und Speicherkapazitäten.

### **Wir konsumieren Strom, ohne uns Gedanken zu machen, woher er kommt. Wie sieht der Produktionsmix derzeit aus?**

In der Schweiz haben wir den grossen Vorteil, dass unsere Stromproduktion praktisch CO<sub>2</sub>-frei ist. Der Produktionsmix setzt sich zu ca. 60% aus erneuerbaren Energien zusammen. Dabei macht die Wasserkraft den weitaus grössten Anteil aus, während die anderen erneuerbaren Energiequellen immer noch einen geringen Teil ausmachen. Der Rest des Produktionsmix basiert auf der Kernkraft und auf wenig fossiler Energie.

### **In der letzten Zeit wurde viel über Stromknappheit berichtet. Wie steht es um unsere Versorgungssicherheit?**

Das Licht wird uns heute und morgen nicht ausgehen. Es gibt vielfältige Gründe, weshalb Stromengpässe zukünftig realistischer werden. Zum einen ist da das fehlende Stromabkommen mit der EU, das einen negativen Einfluss auf die Importfähigkeit der Schweiz hat. Zum anderen kommen wir mit dem Ausbau der Erneuerbaren immer noch viel zu schleppend voran. Dies alles geschieht vor dem Hintergrund einer zunehmenden Elektrifizierung der Mobilität und der Wärmeaufbereitung in der Schweiz. Das heisst, wir werden aller Effizienzmassnahmen zum Trotz in Zukunft mehr und nicht weniger Strom brauchen.

### **Ist eine autarke Stromversorgung für die Schweiz denkbar?**

Wenn man die Stromversorgung über das ganze Jahr betrachtet, wären wir schon jetzt fähig, uns selbst zu versorgen. Nur sind Stromproduktion und -verbrauch nicht gleichmässig verteilt: Im Sommer exportieren wir, im Winter sind wir abhängig vom Import – dann ist keine Autarkie möglich. Wichtig ist, die Massnahmen zur Stärkung der Versorgungssicherheit auf den Winter zu fokussieren. Wir müssen unsere Abhängigkeit vom Importstrom verringern und eine Stromreserve von zwei bis drei Wochen in unseren Speichern haben.

### **Die Versorgungszukunft könnte in einer Mischung aus Eigenversorgung und intelligenter Vernetzung mit Europa liegen. Wie muss man sich diesen Spagat vorstellen?**

Im Sinne von: Jede Kilowattstunde erneuerbarer Energie zählt. Das heisst, dass es zentral ist, dass wir einen möglichst hohen Anteil erneuerbarer Energie aus inländischer Produktion erreichen. Aber auch dann sind wir auf den Austausch mit Europa angewiesen. Dieser sollte möglichst effizient und barrierefrei sein, sodass wir, und insbesondere Swissgrid, auf Augenhöhe mit den europäischen Partnern verkehren können. Ziel muss ein aktiver Modus in Form eines bilateralen Stromabkommens sein und nicht ein blinder und reaktiver Modus, wie er momentan vorherrscht.

### **Was denken Sie, woher wird der Strom künftig kommen?**

Die vordergründige Antwort lautet: aus der Steckdose. Doch es gilt nun endlich, genauer hinter die Steckdose zu schauen. Dort verändert sich die Stromwelt substanziell. Wir wissen, dass wir in absehbarer Zeit die inländischen Kernkraftwerke abstellen werden und mit zusätzlicher erneuerbarer Energie möglichst rasch kompensieren müssen. Die Energieeffizienz – im Sinne von Nichtproduktion und -konsumation – wird ebenfalls eine wichtige Rolle spielen, um den erhöhten Bedarf zu dämpfen. Um die Netze stabil zu halten, werden flexible Energiespeicher, von der Batterie bis zu den Stauseen, weiter an Bedeutung gewinnen.



### Braucht es eine Anpassung der Stromnetze?

Die Stromnetze, ob Verteil- oder Übertragungsnetze, sind nicht für die dezentrale Produktion konzipiert. Diese bringt mehr Belastung und Volatilität mit sich und muss in verschiedene Richtungen funktionieren. Deshalb braucht es Investitionen in den Umbau und, wo nötig, auch Ausbau. Das Netz muss intelligenter werden, da die Dezentralisierung rasch zunimmt mit einer Vielzahl an volatilen Kleinanlagen, an Akteuren auf der Produzenten- und auf der Konsumentenseite.

### Sie erwähnen intelligente Netze. Wie verändert die Digitalisierung die Strombranche?

Ohne die Digitalisierung wäre es nicht möglich, Netze effizient zu betreiben und intelligent zu steuern, sodass zum Beispiel umgehend signalisiert wird, wenn Knappheit oder Überfluss herrscht. Darüber hinaus ermöglicht die Digitalisierung auch neue Geschäftsbereiche für die Strombranche, wie im Gebäudebereich, wohin sich die Produktion, der Konsum und das Netz zusehends verlagern. Die Digitalisierung bewirkt eine Demokratisierung der Stromproduktion. Diese ist nicht mehr ausschliesslich den grossen Playern vorbehalten.

### Heisst das, dass jeder zum Produzenten werden kann?

Ja, dem ist so – vom Consumer zum Prosumer. Und dies hätte Vorteile. Die damit verbundene Dezentralisierung der Stromproduktion führt zu einem wachsenden Strommarkt. Dies ist eine komfortable Ausgangslage, denn der Kuchen wird zusehends grösser. Gleichzeitig sind wir aber klar auf die dezentrale Stromproduktion angewiesen, weil so in der Menge mehr Strom produziert wird und das System



Zur Person  
**Michael Frank**

Seit März 2011 ist Michael Frank Direktor des **Verbands Schweizer Elektrizitätsunternehmen (VSE)**. Der VSE ist der Branchendachverband der Stromwirtschaft und setzt sich für eine sichere, nachhaltige sowie markt- und wettbewerbsfähige Stromversorgung ein.

Michael Frank verfügt über breite berufliche Erfahrung in der Elektrizitätswirtschaft. Zuletzt war er als Leiter Regulatory Management bei der Axpo AG tätig. Davor engagierte sich Michael Frank als Leiter Regulatory Affairs bei der Swisscom Fixnet AG und als wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Bundesamt für Kommunikation.

# «Wichtig ist, die Massnahmen zur Stärkung der Versorgungssicherheit auf den Winter zu fokussieren.»

stabilisiert werden kann. Im Endeffekt profitieren wir alle von der Dezentralisierung, ob Klein- oder Grossproduzent.

### Mit Blick auf die «Energiezukunft»: Wo liegen die grössten Herausforderungen für die Stromproduzenten?

Die Branche setzt alles daran, die Versorgungssicherheit zu erfüllen. Sie investiert in alle realisierbaren Projekte, um den Ausbau der Erneuerbaren im Inland voranzutreiben. Doch eine gleichberechtigte Güterabwägung, wie sie das Energiegesetz vorschreiben würde, findet in der Realität nicht statt: Fast jedes Vorhaben wird aus Partikularinteressen blockiert und scheitert an Verfahren und Einsprüchen. Unattraktive Rahmenbedingungen und tiefe Strompreise waren in der Vergangenheit eine toxische Kombination. Niemand investiert in ein Projekt, das 20 Jahre Bewilligungsverfahren durchlaufen muss und nicht rentabel ist. Es braucht mehr Planungssicherheit und schnellere Verfahren. Sonst wird es nicht reichen, den zukünftigen zusätzlichen Strombedarf zu decken.

### Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien wird die Stromspeicherung zentral. Wo steht die Schweiz diesbezüglich?

Die Stromspeicherung ist eines der zentralsten Themen in der ganzen Diskussion: nicht nur für die Stabilität der Netze, sondern auch für die Versorgungssicherheit. Wie bringt man den Stromüberfluss vom Sommer in den Winter, die Zeit der Stromknappheit? Ist dieses Problem gelöst, können wir auch alle anderen Probleme lösen. Je besser die Speichermöglichkeiten, desto einfacher können wir unsere Energiestrategie und die Dekarbonisierung voranbringen.

# 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.



## Potenzielle Energie

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



## 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.



## 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.



## Strahlungsenergie

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



## 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.

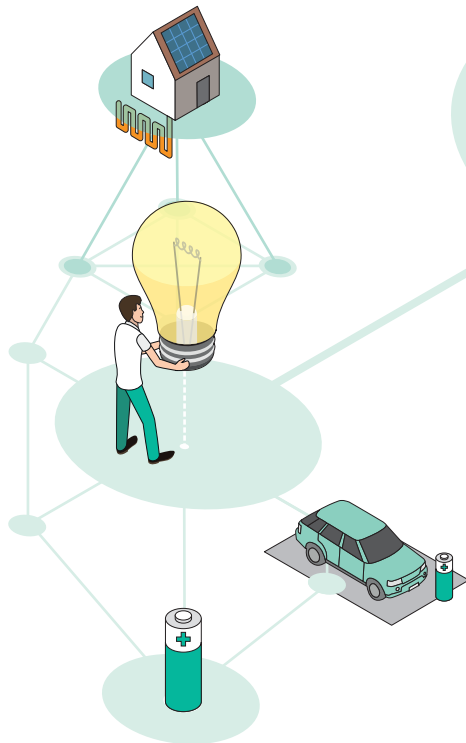
# Die Zukunft ist dezentral

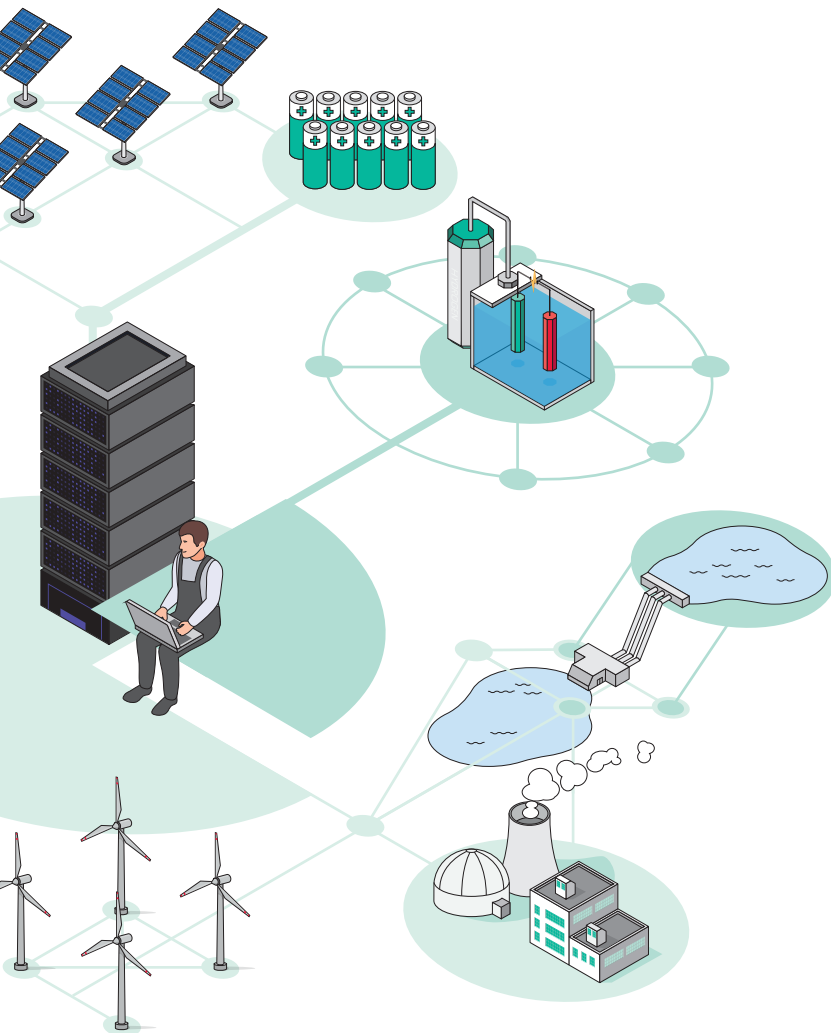
Ein Leben ohne Strom ist nicht mehr denkbar. Da ist es gut zu wissen, dass Verbraucherinnen und Verbraucher zukünftig vermehrt selbst Strom produzieren werden. Sie nehmen dann eine wichtige Rolle im Energiesystem wahr.

## Verbraucher und Produzent zugleich

Im Energiemarkt wurden private Haushalte lange lediglich als Nachfrager von Energie angesehen. Mittlerweile sind sie nicht mehr nur Konsumenten, sondern produzieren dezentral vermehrt selbst Energie. Besteht zum Zeitpunkt der Stromproduktion Bedarf, verbrauchen die Haushalte den Strom gleich selbst. Speichermöglichkeiten im eigenen Haus ermöglichen die Nutzung zu einem späteren Zeitpunkt.

Als Prosumer, also als Produzenten und Konsumenten zugleich, gewinnen solche Haushalte an Bedeutung im Energiesystem der Zukunft. Durch eine intelligente Steuerung von Energieverbrauch und -erzeugung können diese Prosumer einen Beitrag zur Entlastung der Netze und für die Netzstabilität leisten. Solche Dienstleistungen unterstützen zum Beispiel den für die Netzstabilität wichtigen Ausgleich von Verbrauch und Produktion.





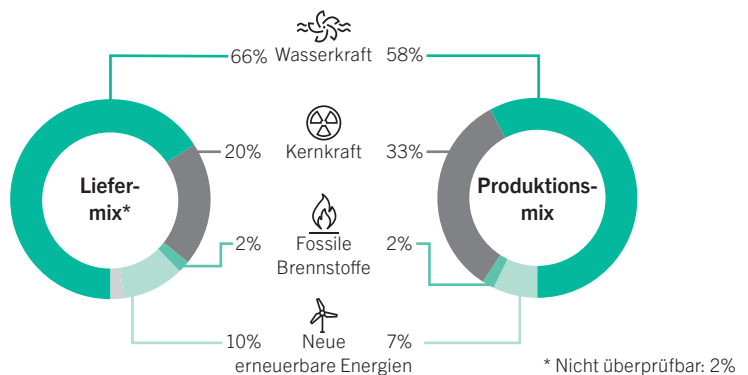
# Speicher entlasten das Stromnetz

Das Stromnetz ist heute für einen gleichmässigen Energiefluss ausgelegt. Mit den neuen erneuerbaren Energien wird sich das Energiesystem vermehrt an eine schwankende Stromerzeugung anpassen müssen. Für die Pufferung der Schwankungen kommen Stromspeicher zum Einsatz.

Da sich Strom nicht direkt speichern lässt, braucht es Speichermöglichkeiten für alternative Energieformen. Solche Speicher nehmen «überschüssigen» Strom über einen längeren Zeitraum auf und geben die Energie bei Bedarf in Form von Strom wieder ab. Zum Beispiel, wenn Regelenergie für die Netzstabilisierung benötigt wird.

# Produktions- ist nicht gleich Liefermix

Der Strom, der an die Schweizer Steckdosen geliefert wird, stammt nicht nur aus einheimischer Produktion. Es herrscht ein reger Handel, bei dem Strom exportiert und importiert wird. Als Konsequenz unterscheidet sich die durchschnittliche Zusammensetzung des gelieferten Stroms (Liefermix) vom Schweizer Produktionsmix.







«Die Überwachung des Übertragungsnetzes erfolgt in Echtzeit. Im Schichtbetrieb ist die Netzleitstelle rund um die Uhr besetzt.»

**Thuy Trang Bach** Specialist System Operations



«Für Swisseg haben die Sicherheit der Menschen und der Betriebsanlagen sowie die Minimierung von Umwelteinflüssen höchste Priorität.»

**Thomas Schärer** HSE Manager

**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) (7)
- [swiss-emobility.ch](https://www.swiss-emobility.ch), HEV Schweiz, [swissbau.ch](https://www.swissbau.ch) (14)
- Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen, [strompreis.elcom.admin.ch](https://www.strompreis.elcom.admin.ch), Swissgrid (19)
- Swissgrid (21)
- Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen, Energy Vault, Bundesamt für Energie (51)
- Bundesamt für Energie (61)

## Impressum

### Herausgeberin

Swissgrid AG, [www.swissgrid.ch](https://www.swissgrid.ch)

### Konzept und Gestaltung

SOURCE Associates AG, Zürich

### Inhaltskonzept und Redaktion

open up AG, Zürich

### Fotografie und Bildnachweise

Roberto Ceccarelli, Getty Images, Tom Haller, IMAGO Images, KWO (David Birri), Luxwerk, Martina Meier, Sébastien Moret, Offset, Olivia Pulver, Pro Natura, Shutterstock, Stocksy, Swissgrid

### Produktion

Kromer Print AG, Wettingen





«Strom ist entscheidend für unsere Lebensqualität. Als Mitarbeitende leisten wir unseren Beitrag dazu. Das motiviert jeden Tag aufs Neue.»

**Arbnore Berisha** Financial Accountant



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

**Gianluca Bergami** Data Engineer



«Ohne komplexe Informationstechnologie im Hintergrund könnte das Übertragungsnetz nicht betrieben werden.»

**Patrick Mathis** Senior System Engineer



«Die Weiterentwicklung des Strommarkts und der Systemdienstleistungen ist wichtig für die Versorgungssicherheit.»

**Stefanie Aebi** Specialist Product Development

---

Swissgrid verantwortet als nationale Netzgesellschaft und Eigentümerin des Schweizer Höchstspannungsnetzes dessen Infrastruktur sowie den Betrieb und die Sicherheit der Anlagen. Damit leistet Swissgrid einen wichtigen Beitrag für die Versorgungssicherheit in der Schweiz.

**Mit uns fließt Strom.  
Für die Schweiz.  
Heute und morgen.**