



So funktionieren Umspannwerke

UMSPANNWERKE

Kreuzungen im Stromnetz

Ein Umspannwerk steht in Deutschland in jedem Dorf, jeder Kleinstadt und jeder Metropole beinahe an jeder Ecke: Meist unscheinbare Zweckbauten aus den verschiedensten Epochen beherbergen elektrotechnische Anlagen, die Strom auf die Spannungsebenen 230 Volt und 400 Volt für Haushalte und kleinere Betriebe bringen – oder transformieren, wie es die Fachleute nennen.

Diese Umspannwerke, die auch Ortsnetzstationen genannt werden, sind die kleinsten Kreuzungen im Stromnetz, das ähnlich aufgebaut ist wie das Straßennetz: Hier wie dort gibt es Autobahnen, Fernstraßen, regionale Straßenverbindungen und Stadt- und Gemeindestraßen. Und so wie der Autoverkehr an Autobahn-Anschlussstellen und Straßenkreuzungen von einer Straße auf die andere geleitet wird, wechselt Strom in Umspannwerken die Spannungsebene: Zwischen dem Höchstspannungsnetz und dem Hochspannungsnetz ins Mittelspannungsnetz und ins Niederspannungsnetz für private Verbraucher*innen und Kleingewerbe – und zwar in beiden Richtungen.



Mitarbeiter*innen von 50Hertz
im Umspannwerk Hamburg-Ost.



Aber warum ist dieser Aufwand nötig? Weshalb müssen technische Anlagen die Spannung des elektrischen Stroms verringern oder erhöhen? Warum erzeugen Windkraftanlagen, Solarparks und Kraftwerke Strom nicht unmittelbar mit der Spannung, die zuhause in der Steckdose anliegt? Um das zu verstehen, braucht es einen kleinen Ausflug in die Physik: Wenn Strom durch Leitungen fließt, wird aufgrund des Ohmschen Widerstandes der Leitungen ein Teil der Energie der Elektronen in Wärme umgewandelt. Dieser Effekt lässt sich auf ein akzeptables Maß verringern, indem Strom über weite Entfernungen mit einer sehr hohen Spannung transportiert wird. Außerdem ermöglicht die hohe Spannung, sehr viel Leistung zu übertragen – genug für ganze Großstädte und Industriebetriebe. Für den Hausgebrauch ist diese hohe Spannung aber ungeeignet: Ein Smartphone wäre mit Höchstspannung unmöglich zu laden. Deswegen bekommen alle Verbraucher*innen die Spannung, die für sie passen – und dafür muss die Spannungsebene in mehreren Schritten angehoben und wieder gesenkt werden.

Zu dieser Ausgabe

In dieser Broschüre erfahren Sie, wie unsere Umspannwerke aufgebaut sind, warum wir unsere Anlagen ausbauen und neue errichten, was wir für den Schutz von Anwohner*innen und Umwelt tun – und wieso wegen der Energiewende neu entwickelte Technik in unseren Umspannwerken Einzug hält.

50Hertz betreibt in diesem elektrischen System die Autobahn-Anschlussstellen:

In unseren Umspannwerken wird Strom von Transformatoren von den höchsten gebräuchlichen Spannungsebenen im deutschen Wechselstromnetz – das sind 380.000 und 220.000 Volt – auf die nächst niedrigere Spannungsebene 110.000 Volt gebracht und umgekehrt. Und unsere Umspannwerke haben noch eine zweite wichtige Funktion: Sie sind gleichzeitig Autobahnkreuze. Hier treffen Stromleitungen aus verschiedenen Richtungen aufeinander, können miteinander verbunden oder voneinander getrennt werden.

Warum 50Hertz Umspannwerke ausbaut, neu errichtet und was dabei berücksichtigt wird

Durch die Energiewende in Deutschland mit dem Ausbau der Erneuerbaren Energien ändern sich die Anforderungen an unser Stromnetz.

Strom wird nicht mehr nur wie einst in wenigen großen Kraftwerken erzeugt und fließt von dort zu den Verbrauchern*innen. Heute stehen zusätzlich Windkraft-, Photovoltaik- oder Biogasanlagen über das ganze Land verteilt und speisen Elektroenergie in das Verteilnetz oder gleich in das Übertragungsnetz (siehe Seite 8) ein. Hinzu kommt: Auch die Nachfrage ändert sich – durch neue Industriebetriebe und Wohngebiete. Übertragungsnetzbetreiber wie 50Hertz und Verteilnetzbetreiber bauen deswegen nicht nur ihre Leitungen aus, sondern auch ihre Stromkreuzungen.



Kriterien der Standortsuche

Einem Neubau geht die Suche nach einem geeigneten Standort voraus, bei der zahlreiche Kriterien berücksichtigt werden müssen. Ein Umspannwerk entsteht grundsätzlich immer dort, wo Leitungen verlaufen oder geplant sind. Der Standort muss verkehrsgünstig gelegen sein und am besten über einen Eisenbahnanschluss verfügen, um die bis zu 300 Tonnen schweren Transformatoren anliefern zu können. Umweltaspekte spielen eine besondere Rolle: Naturschutzgebiete kommen nicht als Bauland in Frage. Der Abstand zu bewohnten Gebieten sollte möglichst groß sein.





Mitarbeitende von 50Hertz bei der Überprüfung eines Leistungsschalters

Der Bau eines Umspannwerks ist ein aufwändiger Prozess, der mehrere Jahre in Anspruch nehmen kann. Vor Baubeginn ist ein detaillierter Planungs- und Genehmigungsprozess vorgeschrieben. Der künftige Betreiber muss bei den Behörden nicht nur die baurelevanten Unterlagen einreichen, sondern auch Gutachten zur Schallentwicklung und zu magnetischen und elektrischen Feldern. Schon vor dem Bau werden gemeinsam mit lokalen Partnern Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen geplant und begonnen, mit denen Eingriffe in Natur und Umwelt kompensiert werden. Das können beispielsweise Pflanzungen, Gewässernaturierungen, Schutzmaßnahmen für bedrohte Tierarten oder Rückbau- und Pflegemaßnahmen von Gebäuden sein.

50Hertz für Tiere

Vor Beginn des Baus des 50Hertz-Umspannwerks Altdöbern wurden Amphibien wie diese Eidechse gesammelt und umgesiedelt.





Ein Mitarbeiter von 50Hertz arbeitet an einem Transformator im Umspannwerk Wolmirstedt bei Magdeburg.

Geräusche in Wohngebieten

Für Geräusche in Wohngebieten gelten wiederum die gesetzlich festgelegten Grenzwerte des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. 50Hertz sorgt dafür, dass diese Grenzwerte in der Umgebung von Umspannwerken deutlich unterschritten werden.

Gebiete	Tag	Nacht
Reine Wohngebiete	50 dB (A)	35 dB (A)
Allgemeine Wohngebiete	55 dB (A)	40 dB (A)
Dorfgebiete und Mischgebiete	60 dB (A)	45 dB (A)

Wie laut sind 35, wie laut 60 db (A)?

Dezibel (db) ist eine Messgröße des Schalldruckpegels. Der Zusatz (A) gibt an, dass die unterschiedlichen Tonfrequenzen abhängig vom menschlichen Empfinden unterschiedlich bewertet werden. So werden mittlere Frequenzen stärker berücksichtigt. Bei einem Menschen mit gesunden Ohren liegt die Hörschwelle bereits bei 0 dB (A). Werte über 120 dB (A) werden als unerträglich laut empfunden. Ein Geräuschpegel von 35 dB (A) entsteht beispielsweise beim Flüstern, 50 db (A) bei einem normalen Gespräch oder durch ein leises Radio.

Wie wir Umwelt, Natur und Anwohner*innen schützen

Elektrische und magnetische Felder umgeben uns jederzeit – zu Hause und in der Natur. Der Erdmantel besitzt ein eigenes Magnetfeld. Haushaltsgeräte benötigen Strom und erzeugen damit elektrische und magnetische Felder.

Auch Freileitungen und Umspannwerke erzeugen elektrische und magnetische Felder. Die Grenzwerte legt das Bundes-Immissionsschutzgesetz fest:

- Für elektrische Felder 5 Kilovolt pro Meter (kV/m)
- Für magnetische Felder 100 Mikrottesla (μT)



Zum Vergleich

Eine elektrische Bohrmaschine kann bei Gebrauch bei etwa drei Zentimeter Abstand zum Körper eine magnetische Flussdichte von bis zu 800 Mikrottesla erzeugen.

Leise Nachbarn

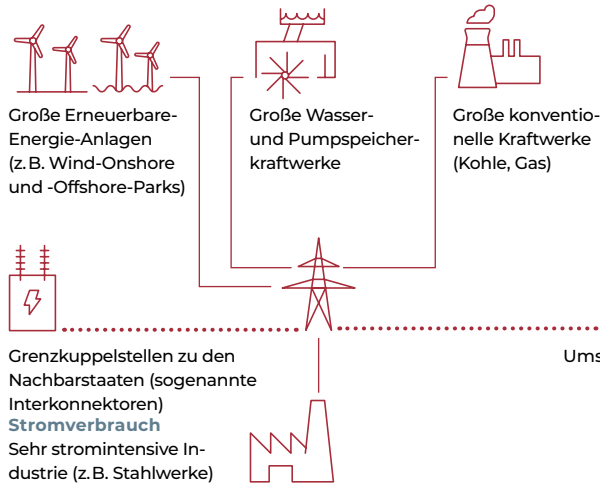
Umspannwerke erzeugen Geräusche – doch sie sind leise Nachbarn. Zu hören sind zum einen die Freileitungen, mit denen das Umspannwerk im Stromnetz eingebunden ist. Solche überirdischen Leitungen knistern durch kleine Entladungen – speziell bei feuchtem Wetter. Das markanteste Geräusch im Umspannwerk geht von den Transformatoren aus. Ihr summender Ton entsteht im Innern dieser Anlagen. Darin befindet sich ein Eisenkern, auf den eine Spule gewickelt ist. Beide Bauteile sind fest miteinander verspannt. Im Betrieb entsteht ein Magnetfeld, dessen Kräfte so groß sind, dass die Teile zum Schwingen angeregt werden. Diese Schwingungen werden als Brummen wahrgenommen.

DER WEG DER ELEKTRIZITÄT

Die vier Ebenen des deutschen Stromnetzes

Übertragungsnetz Höchstspannung, meist 220 oder 380 Kilovolt (50Hertz)

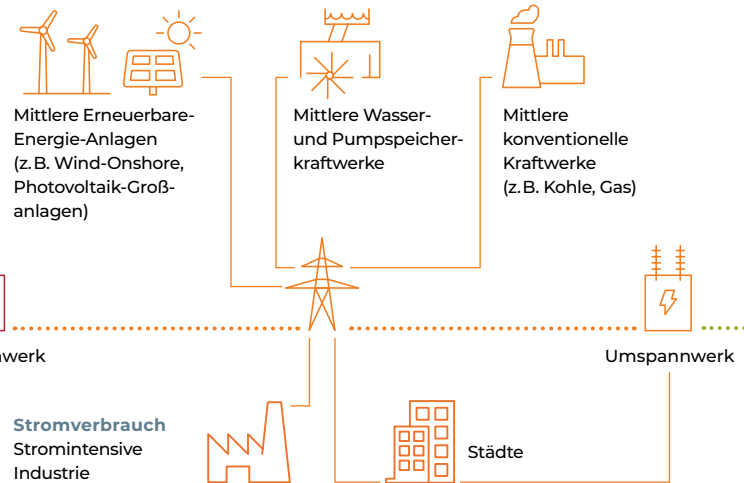
Stromerzeugung



Das **Übertragungsnetz Höchstspannung** transportiert große Strommengen von den großen regenerativen und konventionellen Erzeugern – auf der Höchstspannungsebene mit 220 oder 380 Kilovolt (kV) – verlustarm über weite Distanzen in die Regionen. Darüber hinaus verbindet es das deutsche Stromnetz mit denen der Nachbarländer und ermöglicht den länderübergreifenden Energieaustausch in Europa.

Verteilnetz Hochspannung, meist 110 Kilovolt

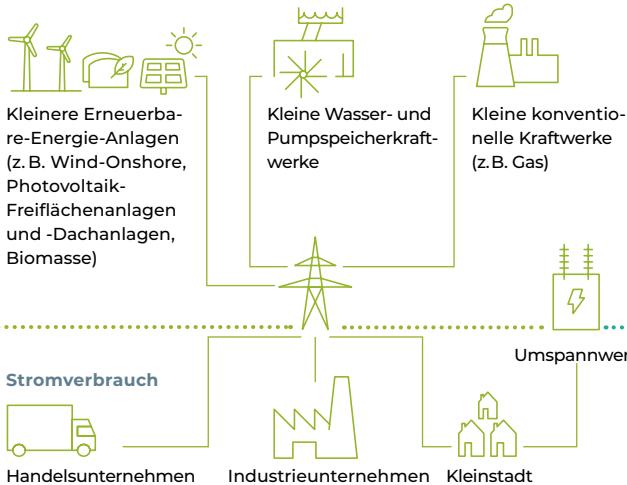
Stromerzeugung



Das **Verteilnetz Hochspannung** der regionalen Netzbetreiber bringt den Strom mit einer Spannung von 110 Kilovolt (Hochspannung) in Ballungszentren und versorgt den Großteil der Industrie.

Verteilnetz Mittelspannung, 3 bis 30 Kilovolt

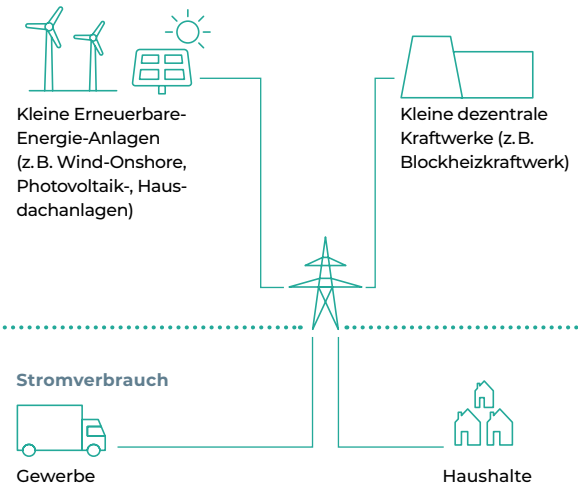
Stromerzeugung



Das **Verteilnetz Mittelspannung** (meist 3, 6, 10, 15, 20, 30 Kilovolt) versorgt Industrie und Gewerbe. Der Strom wird an regionale Transformatorenstationen oder direkt an größere Einrichtungen wie beispielsweise Krankenhäuser oder Fabriken verteilt.

Verteilnetz Niederspannung, meist 230 oder 400 Volt

Stromerzeugung



Das **Verteilnetz Niederspannung** (weniger als 1 Kilovolt, meist 230 oder 400 Volt) dient der Feinverteilung. An das Niederspannungsnetz sind private Haushalte, kleinere Industriebetriebe, Gewerbe und Verwaltung angeschlossen.

Verknüpft sind die verschiedenen Spannungsebenen durch Umspannwerke. Hier wird die Spannung erhöht oder vermindert.

Ein bisschen Physik

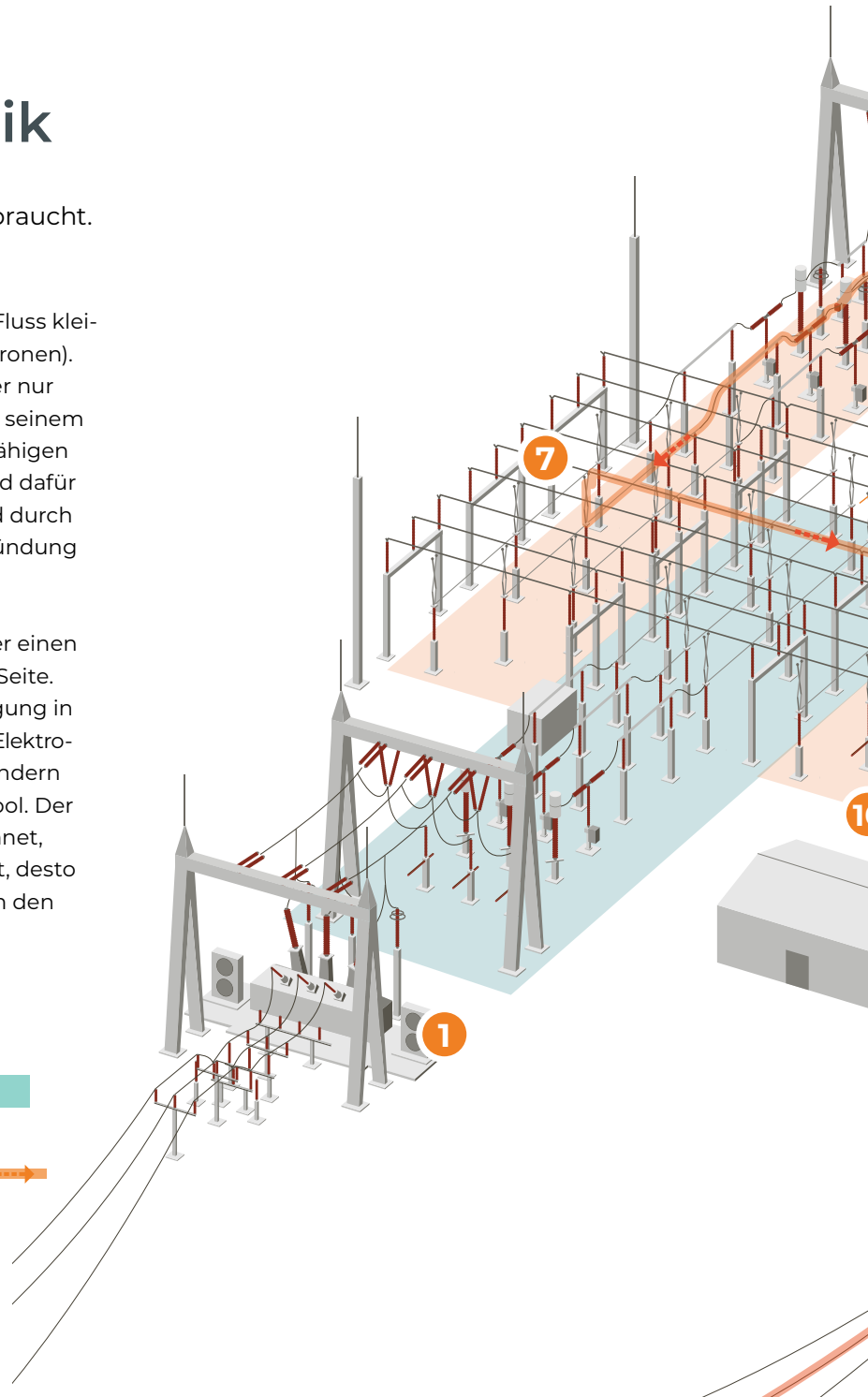
Was Strom ist und warum er Spannung braucht.

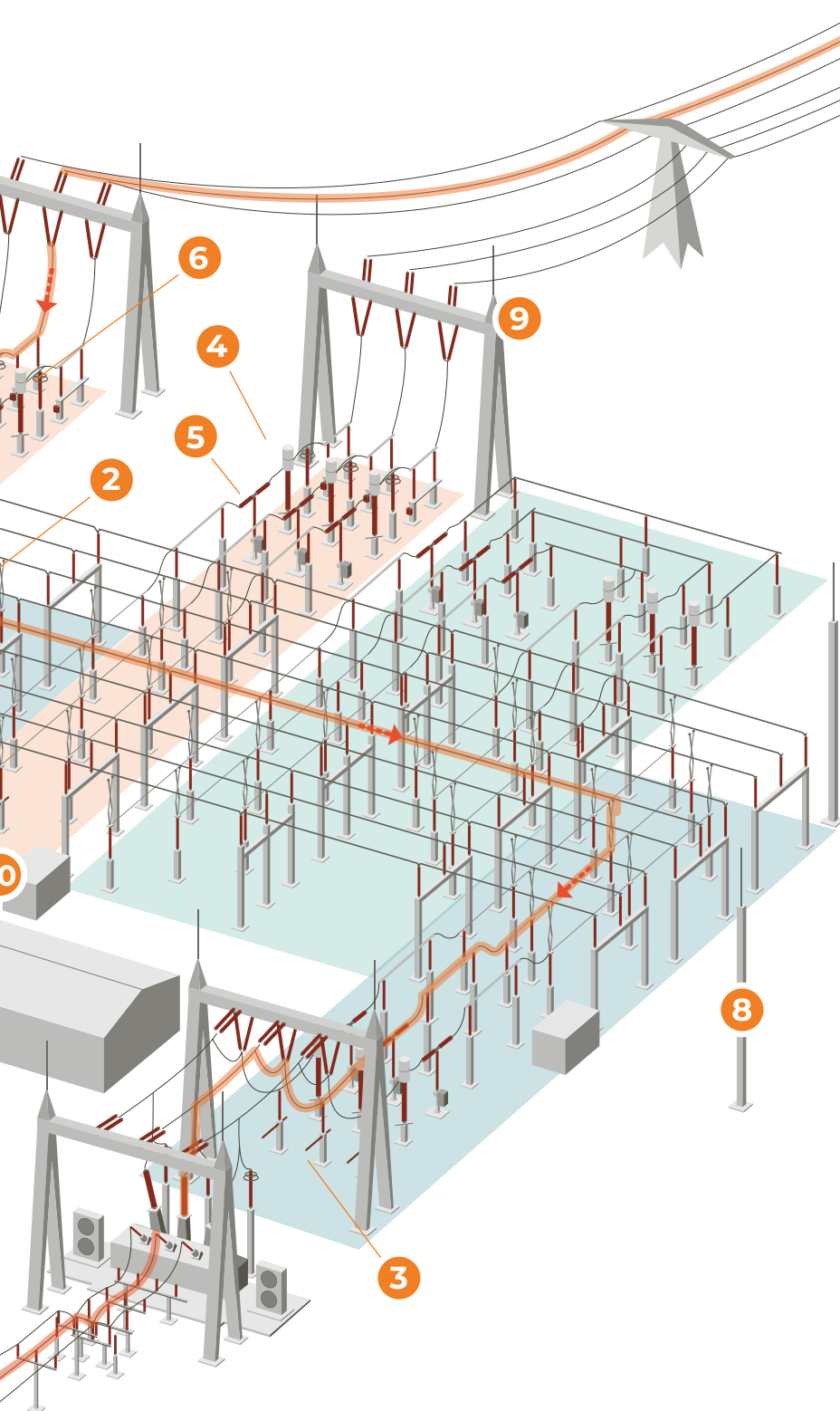
Elektrischer Strom ist die Bezeichnung für den Fluss kleiner, negativ geladener Elementarteilchen (Elektronen). Strom ist unsichtbar – ähnlich wie der Wind ist er nur an seiner Wirkung zu erkennen. Wie ein Fluss in seinem Bett fließt Strom in einem Leiter aus einem leitfähigen Material. Metalle wie Aluminium oder Kupfer sind dafür besonders geeignet. Wasser in einem Fluss wird durch den Höhenunterschied zwischen Quelle und Mündung in Bewegung versetzt.

Im Leiter ist es der Elektronenüberschuss auf der einen und der Mangel an Elektronen auf der anderen Seite. Die Elektronen „entstehen“ bei der Stromerzeugung in einer Windkraftanlage oder einem Kraftwerk. Da Elektronen nach einem neutralen Zustand streben, wandern sie „auf die andere Seite“, vom Minus- zum Pluspol. Der Ladungsunterschied wird als Spannung bezeichnet, die Einheit ist Volt (V). Je höher die Spannung ist, desto größer ist die Kraft, mit der die Elektronen durch den Leiter fließen.

Legende

Leitungsschaltfeld		Kupplungsschaltfeld	
Transformatorschaltfeld		Beispiel-Stromfluss	





1
Transformator
S. 13

2
Trennschalter
S. 15

3
Erdungsschalter
S. 15

4
Strom- und
Spannungswandler
S. 16

5
Leistungsschalter
S. 16

10
Relais- und
Betriebsgebäude
S. 19

9
Portal
S. 19

8
Blitzschutzmast
S. 18

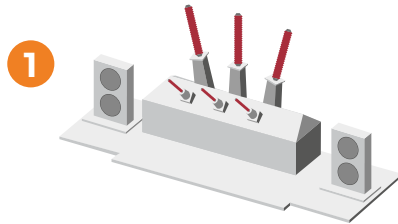
7
Sammelschiene
S. 17

6
Überspannungs-
ableiter
S. 17



Herzstück eines Umspannwerks

Der Transformator



Im europäischen Übertragungsnetz wird der elektrische Strom bei einer Spannung von bis zu 380.000 Volt – 380 kV – transportiert, um die Verluste beim Energietransport möglichst gering zu halten.

Wie wird aus 380.000 Volt nun die im Haushalt übliche Spannung? Die Veränderung der Spannung erfolgt in Transformatoren. Der große Sprung von Höchstspannung (380.000 Volt) zu Haushaltsspannung (220 Volt) passiert jedoch nicht auf einmal, sondern in mehreren Schritten auf verschiedenen Spannungsebenen. Die Netze der unterschiedlichen Spannungsebenen sind dabei jeweils durch Umspannwerke verbunden.

Je näher diese Umspannwerke am Endverbraucher stehen, desto niedriger werden die Spannungen und desto kleiner die Ausmaße. Das Umspannen auf die übliche Anschlussspannung von Wohngebäuden erfolgt erst in unmittelbarer Nachbarschaft.

Transformatoren, die von 380 kV auf 110 kV transformieren – von der Spannungsebene des Übertragungsnetzes auf die des Verteilnetzes – sind ungefähr so groß wie PKW-Garagen. Sie bestehen außen und innen zu großen Teilen aus Metall. Bei einem Transformator wird zwischen Primär- und Sekundärseite unterschieden. Der Strom auf der Höchstspannungsseite fließt auf der Primärseite durch eine große Spule. Diese Spule ist auf einen großen Eisenkern gewickelt. Das im Inneren des Transformators entstehende Magnetfeld erzeugt in der Wicklung auf der Sekundärseite einen Stromfluss. Auf Grund des Verhältnisses der Wicklungen ist die entstehende Spannung dabei niedriger – etwa 110 kV.

Im Inneren des Transformators wird Öl zur Isolation und zum Wärmeabtransport eingesetzt. Um den Transformator in jedem Betriebszustand ausreichend kühlen zu können, wird die Temperatur des Öls in großen Wärmetauschern neben dem Transformator gesenkt.

Schergewichte der Energieversorgung

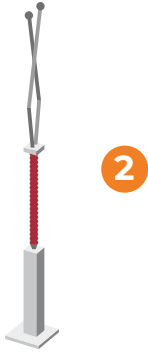
Auszubildende werden in Kontrollarbeiten an einem Transformator eingewiesen. Die Großgeräte wiegen mehrere hundert Tonnen.

Bestandteile eines Umspannwerks

Jedes Betriebsmittel innerhalb eines Umspannwerks erfüllt eine wichtige Funktion. Je nach Einsatzort und Aufgabe unterscheiden sich ihre Form und Größe. Sie sorgen dafür, dass die gesamte Anlage sicher und zuverlässig betrieben werden kann.

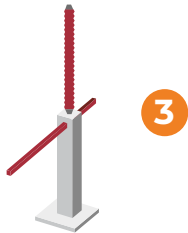
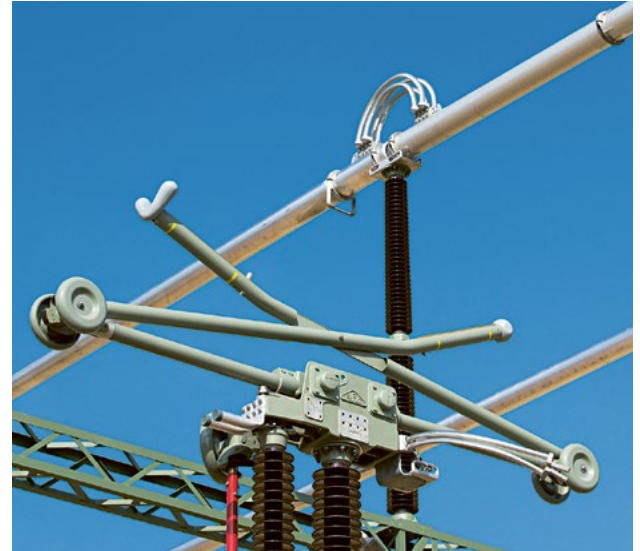
Die Ansammlung von Geräten rund um einen Leistungsschalter wird Schaltfeld genannt. Im Zentrum eines Schaltfeldes steht immer der Leistungsschalter, der den Stromfluss unter normalen Betriebsbedingungen sowie im Fehlerfall sicher unterbrechen kann. Das Schaltfeld wird über Trennschalter mit integriertem Erdungsschalter mit den weiteren Betriebsmitteln verbunden. Der Kombiwandler gibt Informationen zu Stromfluss und Spannung an die Schutz- und Leittechnik sowie Zählung weiter. Je nach Funktion unterscheidet man zwischen:

- **Leitungsschaltfeld** ... verbindet die Hochspannungsleitung mit den Sammelschienen.
- **Transformatorschaltfeld** ... dieses Schaltfeld verbindet den Transformator mit der Sammelschiene. Als Besonderheit wird der Transformator direkt und nicht über einen Trennschalter angeschlossen.
- **Kupplungsschaltfeld** ... dieses Schaltfeld dient der flexiblen Verschaltung der Sammelschienen.



Trennschalter

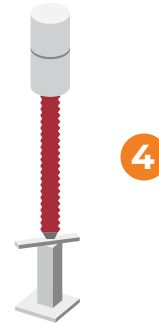
Trennschalter sind an vielen Stellen innerhalb eines Umspannwerks zu finden. Je nach Einsatzort handelt es sich um Leitungs- oder Sammelschientrennschalter. Ihre Aufgabe ist es, den Stromkreis zu öffnen, um bestimmte Anlagenteile von der restlichen Anlage zu trennen. Sie schalten unmittelbar keinen Strom und stellen eine sichtbare Trennstelle dar. Das Öffnen eines Trennschalters kann man mit dem Ziehen des Steckers eines ausgeschalteten Gerätes aus der Steckdose vergleichen.



Erdungsschalter

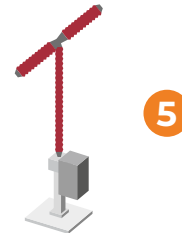
Ein Erdungsschalter erdet einen abgeschalteten und damit spannungsfreien Anlagenteil. Er verhindert, dass es durch Aufladung der ausgeschalteten Teile zu Gefährdungen kommen kann. In Kombination mit Trennschaltern lässt sich dadurch eine sichere Arbeitsumgebung im Umspannwerk schaffen.





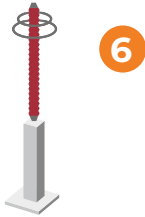
Strom- und Spannungswandler

Zum sicheren Betrieb eines Umspannwerks ist es notwendig, jederzeit den Betriebszustand zu kennen. Die Daten hierzu liefern Strom- und Spannungswandler. Diese Daten werden mittels Daten durch die Schutz- und Leittechnik verarbeitet, um im Fehlerfall automatisch zu reagieren. Zusätzlich werden diese elektrischen Größen in der Zählungstechnik genutzt, um die Energieflüsse gegenüber Kunden abzurechnen.



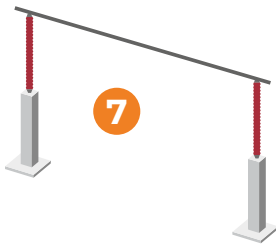
Leistungsschalter

Der Leistungsschalter stellt die Kombination von Lichtschalter und Sicherungsautomat in der Hochspannungstechnik dar. Er schaltet Leitungen und Anlagenteile ein und aus. Er ist neben dem Transformator das wichtigste Hochspannungsgerät eines Umspannwerks.



Überspannungsableiter

Überspannungsableiter sind häufig am Ende einer Freileitung oder eines Kabels zu finden. Sie begrenzen Überspannungen. Das sind kurzzeitige Spannungen (z. B. bei einem Blitzschlag), die deutlich höher sind als die normale Spannung. Durch die Begrenzung auf das normale Spannungsniveau können die Geräte im Umspannwerk geschützt werden, ohne die Versorgung zu unterbrechen.



Sammelschiene

Die Sammelschiene ist das Rückgrat eines Umspannwerks. Sie verbindet die unterschiedlichen Schaltfelder und sorgt für den Stromtransport innerhalb des Umspannwerks. Zur Steigerung der Ausfallsicherheit und um den Stromtransport flexibler steuern zu können, existieren häufig mehrere Sammelschienen. Diese können in verschiedenster Weise zusammengeschaltet werden.



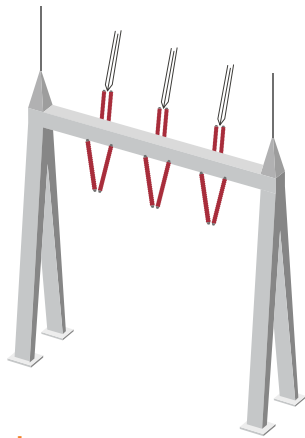


Blitzschutzmast

Der Blitzschutzmast gehört nicht zu den Betriebsmitteln eines Umspannwerks. Trotzdem ist er von grundlegender Bedeutung. Aufgrund der häufig exponierten Lage und der vielen hohen Geräte aus Metall ist ein Blitzschlag in einem Umspannwerk nicht unwahrscheinlich. Um die Geräte zu schützen und die Stromversorgung zu sichern, sind Umspannwerke mit mehreren hohen Blitzschutzmasten ausgestattet. Wie bei einem Blitzableiter am Haus soll hierdurch der Blitzschlag kontrolliert und ohne Gefährdung von Personen und Betriebsmitteln in den Boden abgeleitet werden.

• Schutz vor Blitzeinschlägen

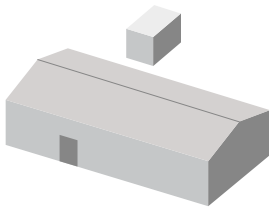
Die Spannung bei einem Blitzeinschlag kann bis zu 100 Millionen Volt hoch sein, der Blitz muss sicher abgeleitet werden, um keine Schäden im Umspannwerk anzurichten.



9

Portal

Neben Betriebsmitteln und Blitzschutzmasten existiert in einem Umspannwerk eine weitere auffällige Konstruktion – das Portal. Freileitungen, Sammelschienen und Transformatoranbindungen dürfen nicht in der Luft hängen, sondern müssen mechanisch stabil abgefangen werden. Hierzu dienen die Portale, welche im Fall eines Leitungs- bzw. Transformatorportals wie ein großer Rahmen aussehen, in dem die Leitungen isoliert hängen. Im Gegensatz hierzu dienen Sammelschienenportale als Stütze, auf der die Rohrsammelschienen isoliert montiert sind.



10

Relais- und Betriebsgebäude

Im Umspannwerk befinden sich auch Relais- und Betriebsgebäude. Relaisgebäude beinhalten hauptsächlich Komponenten der Schutztechnik sowie Bestandteile der Leittechnik. Um die Entfernung zu den überwachten Geräten nicht zu groß werden zu lassen, können verteilt mehrere Relaisgebäude existieren. Das Betriebsgebäude umfasst die restlichen Komponenten der Leittechnik, Kommunikationstechnik sowie Lager-, Aufenthalts- und Sanitärräume.





Blick in eine 380-Kilovolt-Schaltanlage
in einem 50Hertz-Umspannwerk.

SCHUTZ- UND LEITTECHNIK

Überwachung und Schutz der Umspannwerke

Die Schutz- und Leittechnik umfasst alle Einrichtungen, die indirekt am Prozess der Energieübertragung beteiligt sind.

In Umspannwerken stellen Spannungs- und Stromwandler sowie Schaltgeräte die Informationen über den Zustand des Netzes zur Verfügung. Die Leittechnik dient der Überwachung und der Steuerung des Netzes sowie der Darstellung der Netzsituation. Sie erfasst alle notwendigen Daten und leitet die Informationen über Kommunikationsnetze an zentrale Stellen. Die Informationen über den Zustand des gesamten Höchstspannungsnetzes von 50Hertz werden rund um die Uhr im Control Center (CC) in Neuenhagen bei Berlin gesammelt und von Expert*innen in Echtzeit analysiert.

Die Schutztechnik sorgt für die Sicherheit von Personen und Betriebsmitteln. Im Fehlerfall, wie zum Beispiel bei einem Kurzschluss, fließen sehr hohe Ströme. Diese gefährden Leitungen, Transformatoren und andere Betriebsmittel. Um Schäden zu vermeiden, müssen diese Ströme in kürzester Zeit unterbrochen werden. Wird ein Fehler über die Schutztechnik gemeldet, kann so zum Beispiel die betroffene Leitung sehr schnell abgeschaltet werden. Das passiert automatisch und der Endverbraucher registriert diese Unterbrechung im Normalfall nicht, da der Strom in diesem Fall über eine andere Leitung fließt.

Netzsicherheit 24/7

Die Mitarbeiter*innen des Control Center sorgen rund um die Uhr für einen sicheren Netzbetrieb. Von hier schalten sie Anlagen im gesamten Netz.



Freiluft- und gasisolierte Schaltanlagen

Strom braucht Spannung, um zu fließen. Die unter Spannung stehenden Leitungen treffen sich in den Umspannwerken. Viele Teile im Umspannwerk müssen jedoch spannungsfrei sein, um zu funktionieren. Deswegen müssen diese Elemente von den spannungsführenden Teilen der Anlage isoliert werden. Die normale Luft ist das wirtschaftlichste Isoliermedium. Sie wird am häufigsten innerhalb von Umspannwerken und Schaltanlagen genutzt.

Die Schaltanlagen, in denen Luft als Isoliermedium benutzt wird, nennen sich freiluftisolierte Schaltanlagen. Sie benötigen ausreichend Platz, um genug Abstand und somit genug Isolierung zwischen den zahlreichen Elementen zu gewährleisten. Dies spiegelt sich in der Baugröße von freiluftisolierten Schaltanlagen wider. Sie sind mehrere tausend Quadratmeter groß und meistens außerhalb von Orten zu finden.

Innerhalb von Städten und in deren Umkreis benötigen Haushalte und Industrieanlagen Strom. Da die Höchstspannung für den Stromtransport auf Grund der geringen Verluste optimal ist, wird der Strom so nah wie möglich auf höherer Spannungsebene zum Verbraucher transportiert und muss vor der Stromversorgung der Verbraucher schrittweise in Niederspannung (meist 230 Volt oder 400 Volt) gewandelt werden. Das bedeutet, dass auch innerhalb der Städte ein Bedarf an Schaltanlagen und Umspannwerken besteht. Für Umspannwerke in Städten werden gasisolierte Schaltanlagen bevorzugt. In diesen Anlagen dient das Gas Schwefelhexafluorid (SF_6) als Isoliermedium.

Im Vergleich zur Luft besitzt das Gas bessere Isoliereigenschaften. Dies ermöglicht, den Abstand zwischen einzelnen Elementen zu verkleinern. Die Anlage kann somit kompakter als eine freiluftisolierte Schaltanlage angefertigt werden. In einer gasisolierten Schaltanlage steht nur der Leiter innerhalb des Gehäuses unter Spannung. Zwischen dem Leiter und den Wänden eines Gehäuses befindet sich das isolierende Gas. Das Gehäuse selbst ist geerdet und kann sogar problemlos berührt werden. Aufgrund der Vollisolierung ist der Raum außerhalb der Schaltanlage frei von elektrischen und magnetischen Feldern. Mit dem Treibhausgas SF_6 und den gasisolierten Schaltanlagen ist ein besonders sorgfältiger und verantwortungsvoller Umgang sicherzustellen. Hierfür gelten besondere Sicherheitsbestimmungen. Häufige Wartungen werden durchgeführt, um Auswirkungen auf die Umwelt zu vermeiden. 50Hertz ist seit 2005 der „Freiwilligen Selbstverpflichtung der SF_6 -Hersteller und -Nutzer“ beigetreten und überwacht jährlich seinen SF_6 -Verbrauch in Betrieb und Wartung der gasisolierten Anlagen.





Kontrollarbeiten in der Schaltanlage auf der Plattform des Offshore-Windparks Baltic 1.

Was sind Isolierstoffe?

Elektrische Isolierstoffe haben eine geringe elektrische Leitfähigkeit. Sie verfügen über einen hohen elektrischen Widerstand, sind robust und zeichnen sich außerdem durch ein geringeres Wasseraufnahmevermögen aus. Zu den Isolierstoffen zählen unter anderem Porzellan, Glas und verschiedene Kunststoffe.



Umspannwerke auf See

Große Offshore-Windparks erzeugen große Mengen an Strom, der zum Land transportiert werden muss, um von dort seinen Weg zu den Endverbrauchern fortzusetzen. Auch auf hoher See benötigt man Umspannwerke, diese befinden sich auf Umspannplattformen. Hier werden die Kabel von allen Windkraftanlagen eines Windparks zusammengeführt. Die Spannung wird zum effizienten Weitertransport von 33 kV auf 150 kV oder 220 kV transformiert.

Eine Umspannplattform auf See zu betreiben ist sehr aufwendig. Da die Meeresluft sehr feucht ist, muss die Halle der Umspannplattform besonders gut klimatisiert und entfeuchtet werden. Dies schafft fast dieselben klimatischen Bedingungen wie an Land. Offshore-Umspannplattformen sind ähnlich wie gasisolierte Schaltanlagen an Land aufgebaut. Auch hier kommt das Gas SF₆ als Isoliermedium zum Einsatz. Die Umspannplattform wird zusätzlich verstärkt, damit sie gut für die rauen Witterungsbedingungen auf dem Meer gewappnet ist.

..... Umspannplattform auf der Ostsee

50Hertz-Mitarbeitende auf einem Schiff vor der Offshore-Plattform Arkona. Die Stromkabel von allen Turbinen des Windparks werden auf dieser Plattform zusammengeführt. Von hier verläuft die Verbindung bis an die Küste.

Konverterstationen für Gleichstromverbindungen

Wechselstrom hat sich historisch gegen Gleichstrom durchgesetzt. Er lässt sich einfacher über vernetzte Leitungen verteilen, ist einfacher zu schalten und lässt sich leicht auf andere Spannungsebenen umwandeln. Die Vorteile von Gleichstrom bringen diesen wieder ins Spiel.

Gleichstrom erlebt in den letzten Jahren einen Aufschwung, auch in Deutschland. Die Bedeutung der Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ) wächst, da sich damit noch größere Energiemengen verlustärmer über weite Strecken transportieren lassen und man damit Stromflüsse gezielter beeinflussen kann. Mehrere neue Gleichstromverbindungen werden in Zukunft in Deutschland gebraucht, um die großen Windenergiegebiete im Norden mit den Verbrauchszentren im Süden zu verbinden.

Wechselstrom wird zu Gleichstrom

So sieht es im Inneren der 50Hertz-Konverterstation in Bentwisch aus. Diese auffällige Konstruktion nennt sich Konverterturm und ist für die Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom und umgekehrt notwendig.

: HGÜ-Stromübertragung bei 50Hertz

Gemeinsam mit dem dänischen Netzbetreiber Energinet.dk betreibt 50Hertz seit mehr als zehn Jahren eine 170 Kilometer lange HGÜ-Verbindung. Das „Kontek“-Kabel in der Ostsee verbindet die Netze von Deutschland und Dänemark. Das Kabel landet in Bentwisch an.

Zur Einbindung in die bestehenden Wechselstromnetze werden für den Gleichstromtransport komplexe Konverterstationen benötigt. Diese sind die „Ein- und Ausstiegstellen der Hochgeschwindigkeitsverbindungen“ für den weiträumigen Stromtransport. Sie wandeln den Strom zwischen Wechsel- und Gleichstrom um und steuern die Übertragung des Stroms durch die Gleichstromleitungen. Die Investition in Gleichstromübertragung ist besonders dann sinnvoll, wenn große Mengen Strom über weite Strecken (mehrere hundert Kilometer) transportiert werden sollen. Zudem ermöglicht eine Gleichstromverbindung eine gezielte Steuerung der Stromflüsse. Das ist gut für die Stabilität des elektrischen Systems.





Anlagen zur Blindleistungssteuerung

In Wechselstromnetzen fließt Energie in Form von Wirkleistung und Blindleistung. Unter Wirkleistung versteht man den Anteil der Energie, der Arbeit und am Ende tatsächlich beim Verbraucher ankommt. Wirkleistung lässt also beispielsweise Lampen leuchten. Blindleistung hingegen verrichtet keine nutzbare Arbeit, wird aber für den Aufbau der Spannung benötigt.



Die Blindleistungskompensationsanlage im Umspannwerk Altenfeld in Thüringen.

Durch die Energiewende steigt der Blindleistungsbedarf:

Wenn beispielsweise Erneuerbare-Energien-Anlagen regional sehr viel Strom einspeisen, wird das Übertragungsnetz in dieser Region stärker ausgelastet, um den Strom abzutransportieren. Dadurch sinkt die Spannung — es steigt der Blindleistungsbedarf.

Eine effiziente Lösung, um die nötige Blindleistung zu erzeugen, ist der Einsatz mechanisch geschalteter Kondensatoranlagen oder MSCDN-Anlagen (Mechanically Switched Capacitor with Damping Network). Sie erhöhen die Spannung und sorgen damit für einen ungehinderten Stromfluss.

Statcom-Anlagen

Ein zweiter Anlagentyp in Umspannwerken zur Regelung der Blindleistung sind Statcom-Anlagen. Statcom steht für Static Synchronous Compensator und ist gewissermaßen für die Feinregulierung zuständig: Mit der Statcom-Anlage kann die Spannung zur Erhaltung der Blindleistung nicht nur erhöht, sondern auch verringert werden. Vereinfacht gesagt, sorgen MSCDN-Anlagen für ausreichend Druck und Statcoms für das richtige Maß. Außerdem werden Statcom-Anlagen gebraucht, um den Betrieb der künftigen Gleichstrom-Leitungen von 50Hertz abzusichern: Wenn ein Kabel der Gleichstrom-Leitung ausfallen würde, stellen Statcom-Anlagen sicher, dass die elektrische Leistung dennoch sicher über das normale Wechselstromnetz transportiert werden und die Sicherheit des elektrischen Systems jederzeit gewährleistet werden kann.

Teile der Statcom-Anlage im Umspannwerk Lubmin.





Phasenschieber-Transformatoren

Zur besseren Regelung von Stromflüssen sind und werden an verschiedenen Stellen des 50Hertz-Netzes Phasenschieber-Transformatoren (PST) installiert – konkret an Schnittstellen von Leitungen ins benachbarte Ausland und zu anderen Übertragungsnetzbetreibern.

Indem die drei Phasen des Drehstroms durch Phasenschieber-Transformatoren zueinander verschoben werden, kann der Widerstand einer Leitung erhöht werden. Damit sucht sich der Strom, der immer den Weg des geringsten Widerstands nimmt, andere Wege.

Ähnlich wie Ventile von Wasserleitungen ermöglichen Phasenschieber eine gezieltere Steuerung des Lastflusses innerhalb des Drehstromnetzes. Damit werden Überlastungen von einzelnen Netzelementen vermieden bzw. Transportmöglichkeiten einzelner Leitungen in stark belasteten Regionen planbarer und somit für den Stromhandel nutzbar. Und das ist gut für den sicheren Netzbetrieb und für Stromverbraucher, denn mehr Handel bedeutet mehr Wettbewerb auf dem europäischen Strommarkt und damit tendenziell niedrigere Preise.



Impressum

50Hertz Transmission GmbH
Heidestraße 2
10557 Berlin
T +49 30 5150 0
F +49 30 5150 4477
info@50hertz.com

Konzept

50Hertz Kommunikation & Politik

Gestaltung

Heimrich & Hannot GmbH

Bildnachweis

Jan Pauls, Christian Brehm, Jens Regiment, Siegfried Wagner,
visavis Filmproduktion GmbH, ewg3D – iStockphoto.com

Druck

Das Druckteam Berlin

Interessante Links

50hertz.com
netzausbau.de
netzentwicklungsplan.de
bestgrid.eu
renewables-grid.eu
bfs.de
netztransparenz.de
entsoe.eu

Stand

Juli 2022

