

Elektrische und magnetische Felder der Stromversorgung

Die Verfügbarkeit von elektrischer Energie in allen Lebensbereichen wird von einem weit verzweigten Stromnetz gewährleistet. Wird Elektrizität transportiert, entstehen zusätzlich zu den elektrischen auch magnetische Felder. Im Folgenden erfahren Sie mehr zu Ursachen und Wirkungen elektrischer und magnetischer Felder sowie Schutzkonzepten und Vorsorgemaßnahmen.

Was sind elektrische und magnetische Felder?

Das elektrische Feld

Ungleichnamige elektrische Ladungen, also positive und negative, ziehen sich an. Zwischen unterschiedlich geladenen Körpern baut sich ein elektrisches Kraftfeld auf.

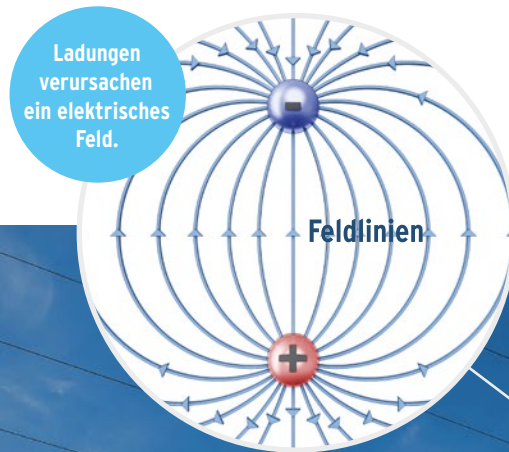
Die Stärke dieses Feldes hängt von der anliegenden Spannung ab, außerdem von den Eigenschaften des Materials zwischen den Körpern und vom Abstand. Die Feldstärke wird in Volt pro Meter (V/m) angegeben. Alle elektrischen Leitungen, an denen eine Spannung anliegt, sind von elektrischen Feldern umgeben. Ihre Feldkräfte können die Oberfläche von Materialien und auch den menschlichen Körper elektrisch aufladen.

Das magnetische Feld

Immer wenn Strom fließt, das heißt, wenn elektrische Ladungen durch die Leitungen bewegt werden, entsteht zusätzlich ein magnetisches Feld. Je größer die Stromstärke wird, desto höher ist auch die magnetische Feldstärke. Diese wird üblicherweise in der Einheit der magnetischen Flussdichte Tesla (T) angegeben.

Gleich- und Wechselstrom

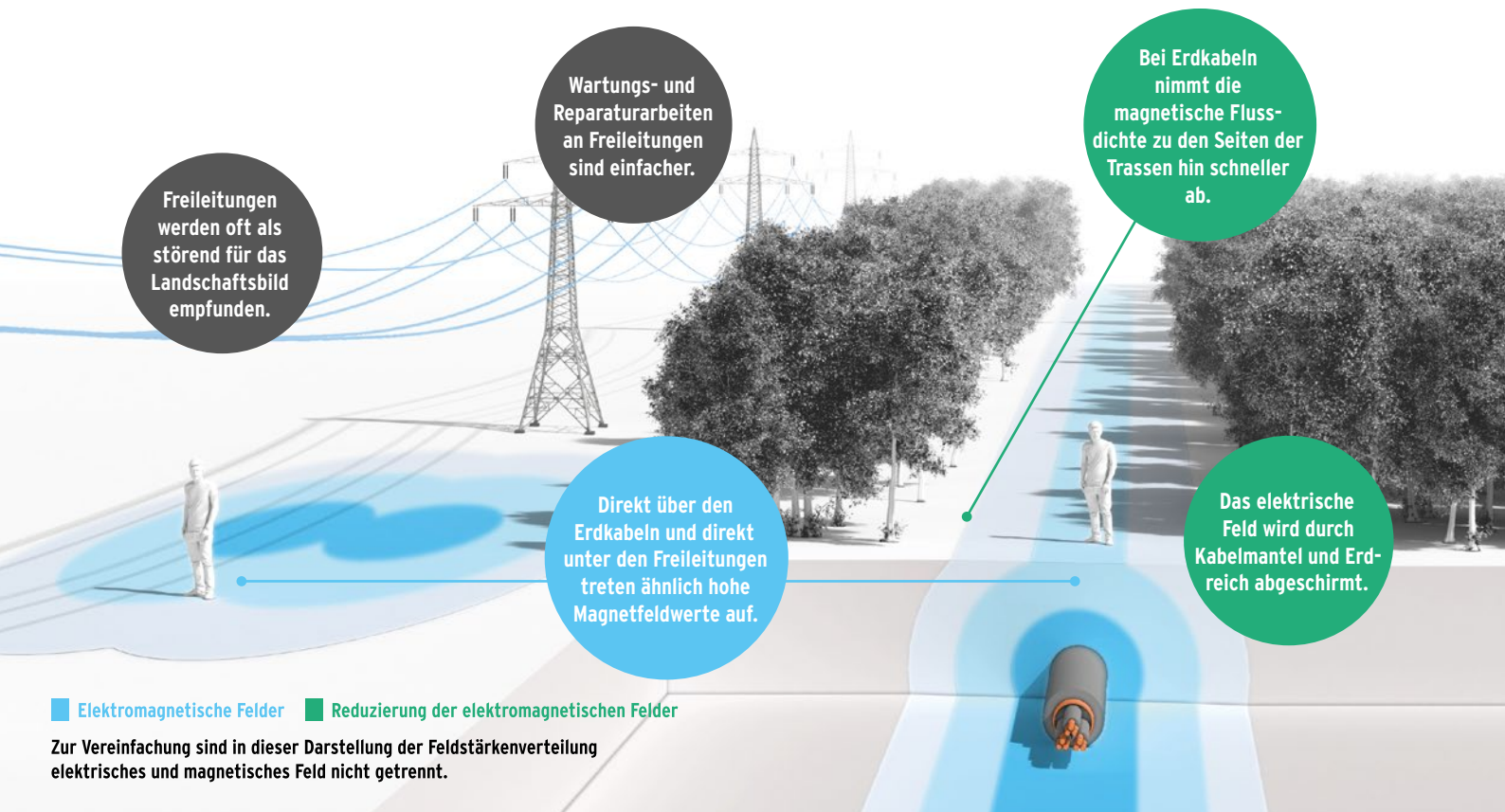
Fließt der Strom immer in die gleiche Richtung, spricht man von Gleichstrom. Es entstehen elektrische und magnetische Gleichfelder. Ändert der Strom fortlaufend seine Richtung, zum Beispiel 100-mal pro Sekunde beim 50-Hz-Wechselstrom, so werden sowohl das elektrische als auch das Magnetfeld im gleichen Rhythmus umgepolt. Es entstehen elektrische und magnetische Wechselfelder mit der gleichen Frequenz.



Die Spannung zwischen den Leiterseilen und dem Erdboden erzeugt ein elektrisches Feld.



Das Stromnetz



Mit Hochspannungsleitungen überbrückt man große Distanzen auf dem Weg zum Verbraucher. Die Leitungen transportieren derzeit fast ausschließlich Wechselstrom, in Zukunft soll aber auch Gleichstrom fließen (Hochspannungsgleichstrom-Übertragung, HGÜ), da hier die Transportverluste niedriger sind als bei Wechselspannung. Transformatoren verbinden die mit unterschiedlichen Spannungen arbeitenden Transport- und Verteilnetze miteinander. Über Letztere gelangt der Strom schließlich zum Abnehmer. In der Steckdose zu Hause kommt der Strom mit einer Spannung von 230 Volt (230 V) an. Für den Transport dorthin werden jedoch weit höhere Spannungen verwendet. Bis zu 400.000 Volt (400 kV) beträgt die Spannung auf Überlandleitungen in Drehstromtechnik für den Stromtransport von den Kraftwerken zu den Städten und Ballungsgebieten. Hohe Spannungen sind für die Übertragung elektrischer Energie günstiger als niedrige, weil bei hohen Spannungen weniger Verluste durch Leiterwiderstände entstehen.

Freileitungen oder Erdkabel?

Bei den Diskussionen um den Ausbau der Stromnetze und um neue Übertragungsleitungen spielt häufig die Frage „Freileitungen oder Erdkabel“ eine wichtige Rolle. Bei Freileitungen werden sogenannte Seile als elektrische Leiter verwendet. Da Seile – anders als Kabel – nicht von einer isolierenden Schicht umgeben sind, hängen sie über Isolatorketten befestigt einzeln an hohen Masten. Hoch- und Höchstspannungsleitungen sind in Deutschland überwiegend als Freileitungen ausgeführt. Erdkabel können einen oder mehrere Leiter enthalten, die jeweils einzeln durch eine Isolierung vor gegenseitiger Berührung geschützt sind. Deshalb, und weil sie zum Beispiel bei Wind nicht wie Freileitungsseile seitlich ausschlagen, können die Leiter in einem geringen Abstand verlegt werden.



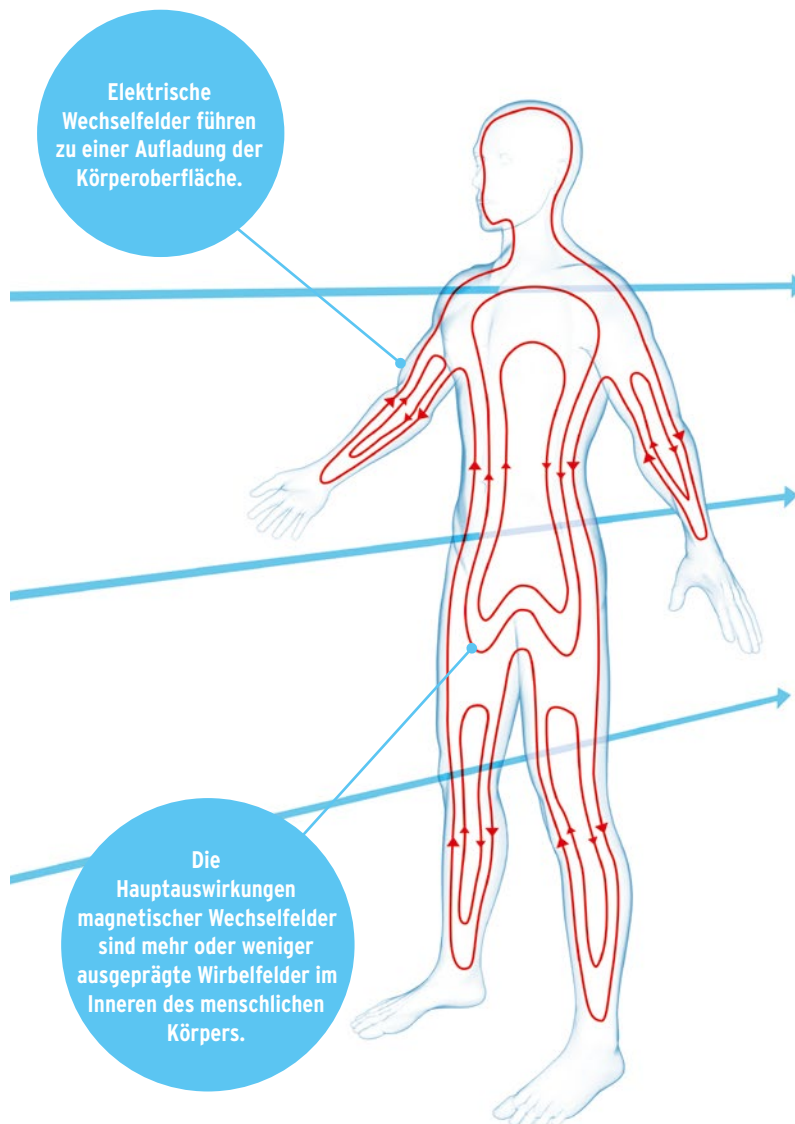
Wirkungen elektrischer und magnetischer Felder auf den Menschen

In allen Lebewesen, also auch im Menschen, kommen natürliche elektrische Felder und Ströme vor. Bei vielen Stoffwechselfvorgängen werden elektrisch geladene Teilchen bewegt. Nerven leiten ihre Signale in Form von elektrischen Impulsen weiter und auch das Herz ist elektrisch aktiv. Die natürlichen elektrischen Feldstärken im Körper liegen zwischen 5 und 50 mV/m (Millivolt pro Meter). Von außen einwirkende elektrische wie auch magnetische Felder können im menschlichen Körper zusätzliche elektrische Felder erzeugen. Bleiben die zusätzlichen Felder schwach, das heißt im Bereich der natürlichen körpereigenen Felder, haben sie nach dem heutigen Stand der Wissenschaft keine nachteilige Wirkung.

Überschreiten die Feldstärken, die durch die von außen einwirkenden Felder im Körper erzeugt werden, Schwellenwerte, können gesundheitliche Wirkungen auftreten. Je weiter die Schwellen überschritten werden, umso größer sind die gesundheitlichen Risiken.

Wahrnehmungsschwelle

Empfindliche Personen können elektrische Felder, die von außen auf den Körper wirken, ab 1 Kilovolt pro Meter wahrnehmen. Die Felder werden durch Hautkribbeln oder Vibrationen von Körperhaaren spürbar. Berührt man unter Hochspannungsfreileitungen große metallische Gegenstände, können aufgrund von Ableitströmen Elektrisierungen auftreten. Meist wird dies als unangenehm und belästigend empfunden. Hierdurch verursachte Gesundheitsschäden sind jedoch nicht bekannt.



Ab dem Hundertfachen des Basiswertes sind Gesundheitsschäden nachgewiesen.

International festgelegter Basiswert (Obergrenze) für zusätzlich erzeugte Felder im Körper.

Elektrisches Feld im Körper	Wirkung
12 V/m	akute Schädigung: zusätzlich Herzkontraktionen, Herzkammerflimmern
2 V/m	nachgewiesene Gesundheitsgefahr: erhöhte Erregbarkeit von Nerven- und Körperzellen
50 mV/m	nachgewiesene Wirkungen: optische Sinneseindrücke, Einfluss auf zentrales Nervensystem
20 mV/m	keine nachgewiesenen Wirkungen; Bereich natürlich vorhandener elektrischer Feldstärken im Körper

Weitere, wissenschaftlich diskutierte Wirkungen niederfrequenter Felder

Neurodegenerative Erkrankungen

Vor allem im Zusammenhang mit beruflicher Exposition mit niederfrequenten Feldern wurden epidemiologische Studien veröffentlicht, die auf ein erhöhtes Auftreten neurodegenerativer Erkrankungen wie Alzheimer Erkrankung und Amyotrophe Lateralsklerose (ALS, eine Art von Muskelschwäche) hindeuten. Allerdings finden andere epidemiologische Studien diesen Zusammenhang nicht. Zudem werden die Ergebnisse durch Laboruntersuchungen bisher nicht gestützt. Weitere Forschung muss klären, ob es sich tatsächlich um einen ursächlichen Zusammenhang zwischen niederfrequenten Feldern und den Erkrankungen handelt.

Krebserkrankungen bei Erwachsenen

Seit den 1970er Jahren werden mögliche Zusammenhänge zwischen niederfrequenten Magnetfeldern geringer Intensität und Krebserkrankungen untersucht. Bei Erwachsenen ergibt sich auch bei langandauernder Einwirkung in den meisten Studien kein erkennbarer Zusammenhang zwischen niederfrequenten Feldern und dem Risiko, an Krebs zu erkranken.

Leukämie im Kindesalter

Anders stellt sich die Situation in Bezug auf eine bestimmte, glücklicherweise seltene Leukämieerkrankung bei Kindern dar. Hier gibt es mehrere epidemiologische Studien, die darauf hinweisen, dass magnetische Flussdichten deutlich unterhalb der für Hochspannungsleitungen und Trafostationen festgelegten Grenzwerte das Erkrankungsrisiko bei Kindern erhöhen könnten. In den Studien wird eine Risikoerhöhung bei zeitlich gemittelten Flussdichten von ca. 0,3 – 0,4 Mikrottesla (μT) genannt. In Wohnungen durchgeführte Messungen sprechen dafür, dass nur wenige Kinder in Deutschland einer zeitlich gemittelten Magnetfeldbelastung über 0,2 μT ausgesetzt sind. Die Ergebnisse aus den epidemiologischen Studien werden von experimentellen Studien wie zum Beispiel Tierversuchen nicht gestützt. Auch ist kein biologischer Wirkmechanismus bekannt, der solche Effekte erklären könnte. Insgesamt ist die Frage, ob ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Magnetfeldexposition und Leukämie im Kindesalter besteht, nicht abschließend geklärt und Gegenstand weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen. Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) hat niederfrequente Magnetfelder als „möglicherweise krebserregend“ eingestuft. Die Internationale

Kommission zum Schutz vor Nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) bewertet die epidemiologischen Befunde als nicht ausreichend gesichert, um sie zur Basis von Grenzwertempfehlungen zu machen.

Elektrosensibilität

Studien des BfS haben gezeigt, dass sich knapp zwei Prozent der deutschen Bevölkerung als elektrosensibel bezeichnen. Sie führen unterschiedliche Beschwerden, wie zum Beispiel Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Müdigkeit und Konzentrationsstörungen, auf das Vorhandensein elektrischer und magnetischer Felder in ihrer Umwelt zurück. Die Wissenschaft versucht seit langem, dem Phänomen „Elektrosensibilität“ auf die Spur zu kommen. Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen elektrischen und magnetischen Feldern und den Beschwerden konnte wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden.

Epidemiologie:

Die Epidemiologie untersucht Zusammenhänge zwischen verursachenden Faktoren, wie zum Beispiel Umwelteinflüssen, und der Verteilung von Krankheiten in der Bevölkerung.



© FOTOLIA / MATZE

Einwirkungen elektrischer und magnetischer Felder auf Umwelt, Tiere und Pflanzen

Nach derzeitigem wissenschaftlichen Kenntnisstand werden Tiere und Pflanzen durch elektrische und magnetische Felder von Hochspannungsleitungen nicht geschädigt. Allerdings sind direkte Wirkungen der Elektrizität wie beispielsweise Stromschläge möglich.

Kabel im Meeresboden

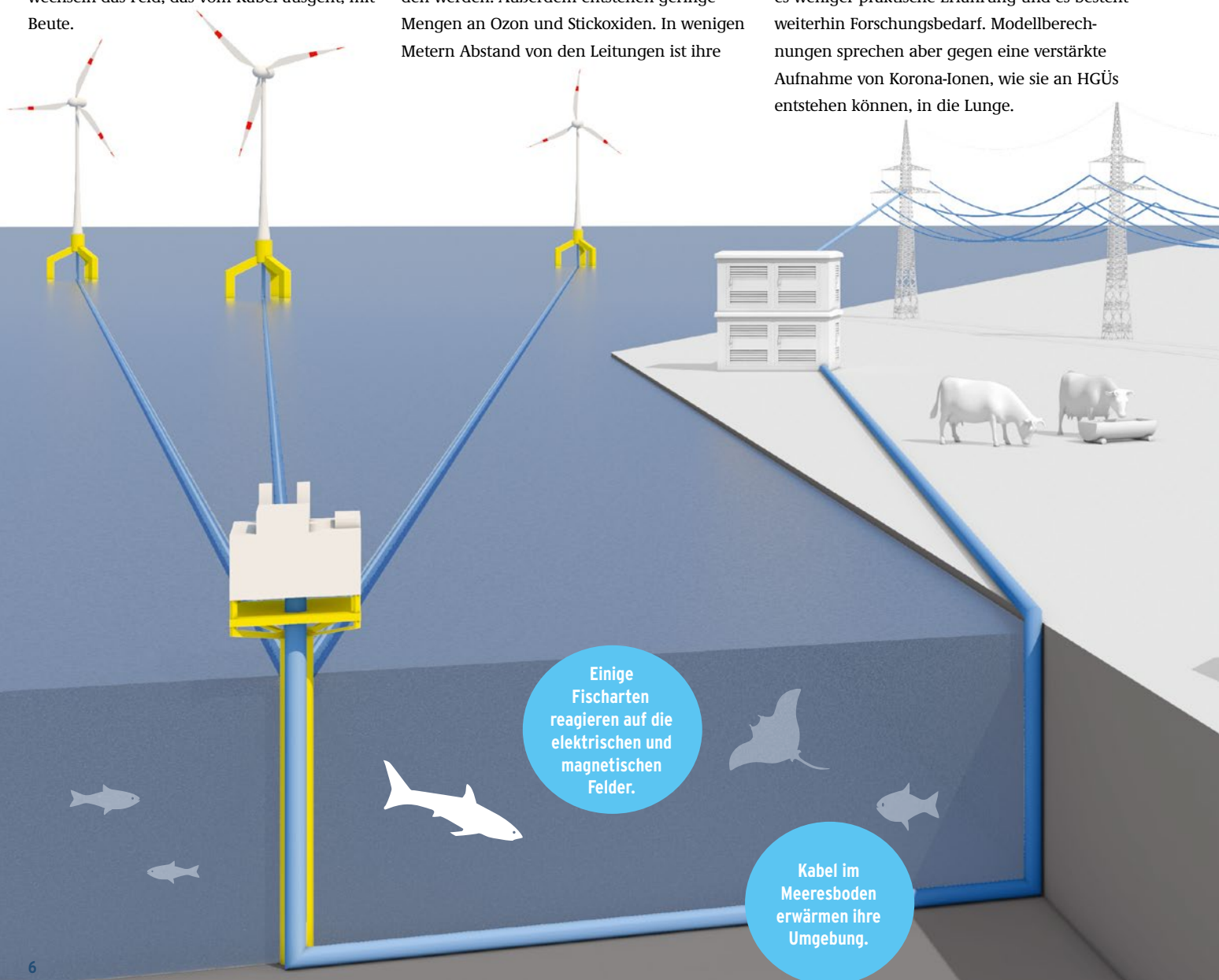
Die elektrischen und magnetischen Felder von Seekabeln haben nach dem derzeitigen Kenntnisstand zwar keinen direkten gesundheitsschädlichen Einfluss auf Meereslebewesen, sie können aber das Verhalten bestimmter Tierarten beeinflussen. Einige Fische können die von Stromkabeln ausgehenden Felder wahrnehmen und ihr Verhalten entsprechend verändern. Bestimmte Arten von Haien und Rochen zeigen zum Beispiel ein verstärktes Suchverhalten im Bereich der Kabel. Sie wechseln das Feld, das vom Kabel ausgeht, mit Beute.

Andere Fischarten werden durch die Felder irritiert und zögern beim Überschwimmen des Kabels. Eine Barrierewirkung haben die Kabel aber nicht. Ob und welche Auswirkungen diese Verhaltensänderungen auf das Ökosystem haben, wird derzeit noch erforscht. Ebenfalls noch nicht geklärt ist die Frage, welche Wirkung die von den Kabeln abgegebene Wärme auf die Lebewesen im Meeresboden in der unmittelbaren Nähe der Kabel hat.

Entladungen („Korona-Effekte“)

Als Korona (lat. corona = Kranz, Krone) bezeichnet man den Wirkbereich in unmittelbarer Nähe der Leiterseile an einem Hochspannungsmast. Durch elektrische Entladungen können dort Geräusche entstehen. Meist ist ein Knistern, oft mit einem gleich bleibenden, brummenden Ton zu hören. Dies kann als störend empfunden werden. Außerdem entstehen geringe Mengen an Ozon und Stickoxiden. In wenigen Metern Abstand von den Leitungen ist ihre

Menge jedoch kaum noch nachweisbar. Des Weiteren können sich Partikel aus der Luft in der Korona positiv oder negativ aufladen. Beim Wechselstrom wechselt das Feld ständig die Richtung, die entstandenen positiv und negativ aufgeladenen Luft- und Schadstoffmoleküle können durch ihre räumliche Nähe schneller neutralisiert werden als bei Gleichstromleitungen. Als Folge davon können sich die Ladungswolken an HGÜ-Leitungen weiter ausdehnen bzw. länger erhalten bleiben, als bei den Wechselstromleitungen. Einige Wissenschaftler vermuten, dass dadurch vermehrt Atemwegserkrankungen und Lungenkrebs auftreten. Einen wissenschaftlichen Nachweis für diese Vermutung gibt es nicht. Bezogen auf Wechselstrom wird ein zusätzliches Gesundheitsrisiko durch diese Vorgänge als unwahrscheinlich beziehungsweise sehr gering eingeschätzt. Mit Gleichstrom gibt es weniger praktische Erfahrung und es besteht weiterhin Forschungsbedarf. Modellberechnungen sprechen aber gegen eine verstärkte Aufnahme von Korona-Ionen, wie sie an HGÜs entstehen können, in die Lunge.



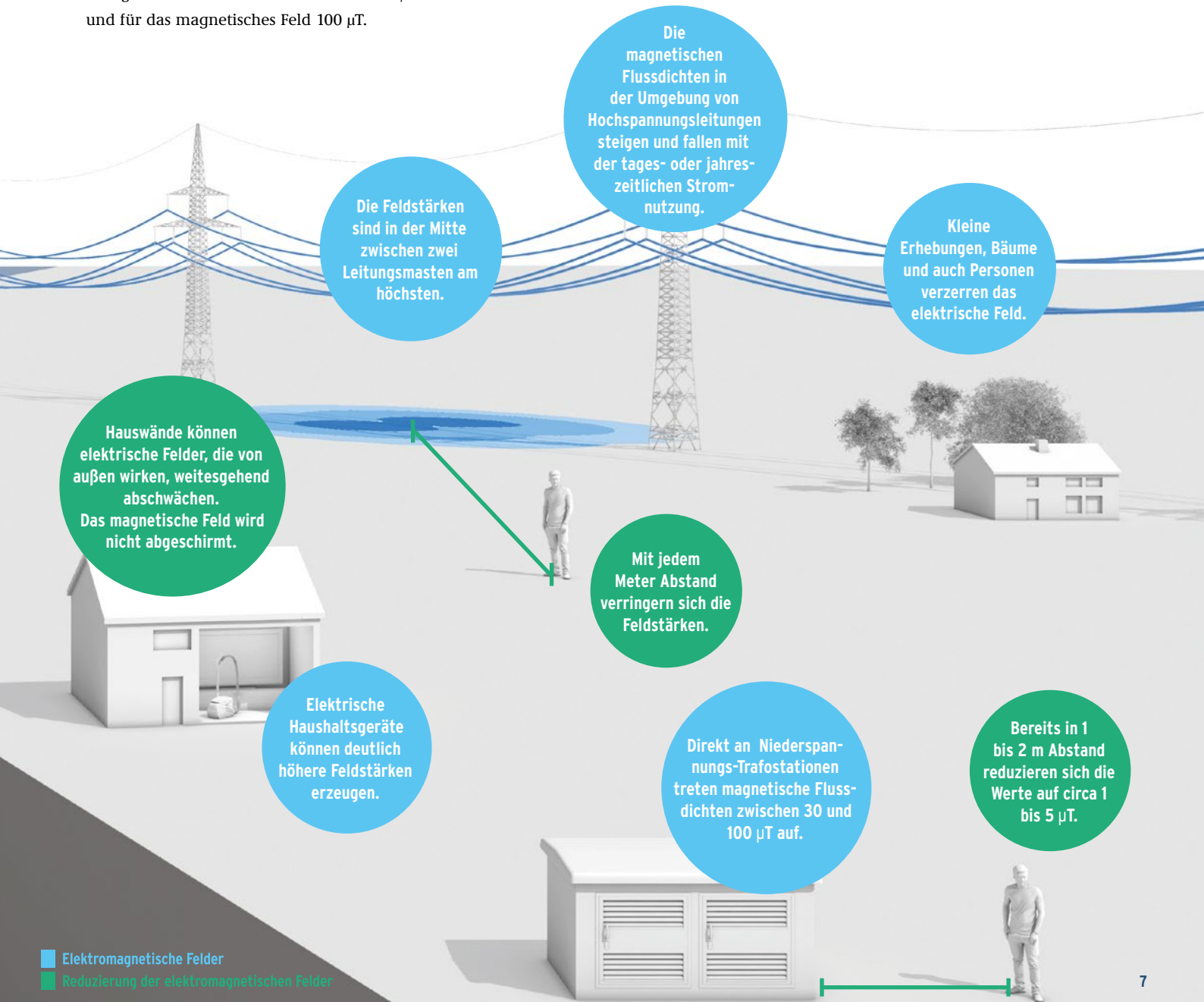
Schutz durch Grenzwerte

Grenzwerte werden festgelegt, um die Menschen vor gesundheitsschädlichen Wirkungen zu schützen. Sie orientieren sich an den körpereigenen elektrischen Feldstärken von maximal 50 mV/m. Nach der Empfehlung der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) gelten 20 mV/m als Basiswert für zusätzliche im Körper erzeugte elektrische Felder, der nicht überschritten werden soll. Um diesen Basiswert einzuhalten, wurden frequenzabhängige Immissionsgrenzwerte für Anlagen der Stromversorgung gesetzlich festgelegt. Dazu zählen unter anderem Bahnstromanlagen, Hochspannungsleitungen und Trafostationen. Für das äußere elektrische Feld gilt bei 50 Hz ein Grenzwert von 5 kV/m und für das magnetische Feld 100 µT.

Die Grenzwerte beziehen sich auf Immissionen in Bereichen, in denen sich Menschen häufiger oder länger aufhalten. Sie erlauben unter bestimmten Bedingungen für das magnetische Feld kurzzeitige beziehungsweise für das elektrische Feld kurzzeitige und kleinräumige Immissionen, die doppelt so hoch sind wie die Werte für dauerhafte Immissionen. Unmittelbar eintretende Gesundheitsschäden aufgrund elektrischer und magnetischer Felder sind auszuschließen, wenn Grenzwerte eingehalten werden. Nicht ausgeschlossen werden können mittelbare Wirkungen, zum Beispiel auf elektronische Implantate wie Herzschrittmacher und damit verbundene Gefahren.

Abstand und Abschirmung

Wie für jede Art von Strahlung gilt auch für elektrische und magnetische Felder: Grundsätzlich verringern sich die Feldstärken mit der Entfernung von den Feldquellen. Elektrische Felder werden darüber hinaus durch übliche Baustoffe für Gebäude und durch das Erdreich gut abgeschirmt. Elektrische Felder von Freileitungen sind deshalb nur im Freien und nur in der Umgebung von Freileitungen relevant. Magnetfelder werden hingegen kaum abgeschwächt und können in Gebäude eindringen. Anders als elektrische Felder sind sie nur mit großem Aufwand abzuschirmen.





Weitere Forschung:

Zur Vorsorge gehört die Verringerung wissenschaftlicher Unsicherheiten. Besonders im Falle der Leukämie im Kindesalter ist nach Einschätzung internationaler Wissenschaftler weitere Ursachenforschung dringend notwendig.



Herzschrittmacher:

Personen, denen ein Herzschrittmacher implantiert wurde, sollten ihren Arzt nach möglichen Störbeeinflussungen durch elektrische und magnetische Felder befragen. Über das Gesundheitsrisiko im beruflichen Umfeld können auch Berufsgenossenschaften Auskunft geben.



Information:

Das BfS setzt sich dafür ein, die Bürgerinnen und Bürger frühzeitig, transparent und nachvollziehbar über Aspekte des Strahlenschutzes beim Ausbau der Stromnetze zu informieren und sie stärker in Entscheidungsprozesse einzubeziehen.

Zu den gesundheitlichen Auswirkungen elektrischer und magnetischer Felder gibt es noch offene wissenschaftliche Fragen. Deswegen empfiehlt das BfS Vorsorgemaßnahmen.

Information über die tatsächliche Exposition:

Das BfS hat in der Vergangenheit die Exposition der Bevölkerung mehrfach überprüft. Zuletzt wurde im Herbst 2016 eine repräsentative Studie konzipiert, um unter anderem die Exposition der vom Netzausbau betroffenen Bevölkerung zu bestimmen.



Abstand:

Durch Abstände zu Wohngebäuden können die Beiträge von Stromversorgungsanlagen zur Exposition der Bevölkerung gering gehalten werden.



Mehr Informationen zum Stromnetzausbau finden Sie unter:
www.bfs.de/stromnetzausbau

Impressum



Bundesamt für Strahlenschutz
Öffentlichkeitsarbeit
Postfach 10 01 49
D-38201 Salzgitter
Telefon: +49 (0)3018 333-0
Telefax: +49 (0)3018 333-1885
E-Mail: ePost@bfs.de
De-Mail: epost@bfs.de-mail.de
Internet: www.bfs.de

Redaktion: Melanie Bartholomäus
Gestaltung: Quermedia GmbH, Kassel
Druck: Volkhardt Caruna Medien GmbH & Co. KG, Amorbach
Fotos: BfS und genannte Quellen
Stand: Januar 2017