

Elektrische und magnetische Felder

Fragen und Antworten



Inhalt

3	Vorwort
4	Einleitung
	ALLGEMEINES
6	Die Felder im Detail
8	Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder in der Praxis und ihre Grenzwerte
12	Grenzwerte für elektrische und magnetische Felder niedriger Frequenz (50-Hz-Felder)
	FRAGEN UND ANTWORTEN
14	Die Technik der Erzeugung und Übertragung elektrischer Energie
17	Details zu elektrischen und magnetischen Feldern
21	Gesundheitliche Auswirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern
29	Auswirkungen auf Implantate
30	Umgang der österreichischen Netz- und Kraftwerksbetreiber mit dem Thema elektrische und magnetische Felder
31	Weiterführende Informationen und Literatur
33	Sachwortverzeichnis

Vorwort

Seit mehr als 100 Jahren ist die elektrische Energie ein unverzichtbarer Bestandteil unseres Lebens. Entsprechend den Naturgesetzen entstehen bei der Erzeugung, Übertragung und dem Verbrauch von elektrischer Energie elektrische und magnetische Felder.

Mit dieser Broschüre informieren wir über die Wirkungsweise dieser Felder auf Mensch und Umwelt. In Österreich werden elektrische Anlagen so betrieben, dass die elektrischen und magnetischen Felder unter den Grenzwerten der Richtlinien der ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – Internationale Kommission für den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung) liegen. Die Grenzwerte basieren auf der Analyse von mehreren Zehntausend teils langjährig durchgeführten wissenschaftlichen Studien der vergangenen 50 Jahre.

Die WHO (World Health Organisation – Weltgesundheitsorganisation) hat in einem über einige Jahre hinweg dauernden Projekt (WHO International EMF-Project) ebenfalls diese Forschungsergebnisse analysiert und bewertet sowie den noch bestehenden Bedarf an wissenschaftlichen Untersuchungen erhoben, um künftige Forschungsarbeiten zu koordinieren. Seit vielen Jahren empfiehlt die WHO die von ICNIRP festgelegten Grenzwerte. Trotz des umfangreichen Forschungs- und Datenmaterials – und manchmal auch gerade deshalb – wird die Diskussion über die Wirkung elektrischer und magnetischer Felder auf Mensch und Umwelt nach wie vor sehr emotional und oft einseitig geführt. Dahinter steht die Verunsicherung der Menschen, insbesondere vor unsichtbaren Einflüssen. Wir beziehen deshalb auch ausdrücklich die subjektiven Wahrnehmungen der Menschen in unsere Betrachtungen mit ein.

Die vorliegende Broschüre informiert über Ausbreitung und Wirkung elektrischer und magnetischer Felder unter besonderer Berücksichtigung der gesundheitlichen Aspekte. Sie erklärt Fachausdrücke,

macht Zusammenhänge deutlich und bietet in Form von Antworten auf eine repräsentative Sammlung häufig gestellter Fragen zusätzlich einen unmittelbaren Praxisbezug. In diesem Sinne versteht sich die Publikation als ein Beitrag zum seriösen und ehrlichen Dialog.

Sollten über diese Broschüre hinaus noch Fragen offen bleiben, setzen Sie sich bitte direkt mit uns in Verbindung:

Oesterreichs Energie
Arbeitskreis Elektromagnetische Felder
Brahmsplatz 3, 1040 Wien
Tel +43 (0)1 501 98-0
info@oesterreichsenergie.at

Einleitung

Elektrische Energie bietet gegenüber anderen Energiearten große Vorteile, wie z. B. die Umweltfreundlichkeit durch Nutzung erneuerbarer Quellen und die hohe Effizienz. Trotz aller Einsparbemühungen kommt es weiterhin zu einem Anstieg des Stromverbrauches (z. B. durch die Elektromobilität, durch Klimaanlage etc.).

Das bedeutet, dass mehr elektrische Energie in Kraftwerken und vermehrt auch in dezentralen Anlagen erzeugt werden muss. Von Kraftwerken erfolgt die Übertragung mit Leitungen höherer elektrischer Spannung zu den Verbrauchern. Überall, wo Strom erzeugt, übertragen oder verbraucht wird, treten elektrische und magnetische Felder auf. Auch die Hausinstallation mit allen Haushaltsgeräten gehört zu den Quellen für elektrische und magnetische Felder. Öffentliche Stromversorgungsnetze werden im gesamten europäischen Raum mit einer Wechselspannung bei einer Frequenz von 50 Hz betrieben. Für niedrige Frequenzen sind die elektrischen und magnetischen Komponenten des Feldes voneinander nahezu unabhängig und werden daher auch getrennt betrachtet. Elektromagnetische Felder im eigentlichen Sinn treten erst bei höheren Frequenzen ab 100 kHz auf.

Seit einigen Jahrzehnten wird weltweit intensive Forschung zur Frage nach möglichen gesundheitlichen Auswirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder betrieben. Zum Teil werden bei der Veröffentlichung dieser komplexen Forschungsarbeiten leider unzureichende, unsachliche, falsche oder falsch gewichtete Informationen verbreitet. Oft werden aus Beobachtungen einzelner Fälle scheinbar allgemein gültige Tatsachen abgeleitet.

Im Folgenden geben wir einen Überblick über den derzeitigen Stand des Wissens auf diesem Gebiet. Zum besseren Verständnis werden zunächst die physikalischen Begriffe erläutert.

Elektrische Felder – magnetische Felder – elektromagnetische Felder:

Unterscheidung und Übersicht

Der Begriff „Feld“ bedeutet allgemein „die Verteilung einer physikalischen Größe im Raum“ und wird dazu benützt, Zustände und Wirkungen im Raum zu beschreiben.

Elektrische Felder treten überall dort auf, wo elektrische Spannungen sind, unabhängig davon, ob Strom fließt oder nicht. Sie können relativ leicht durch Bäume, Häuser, Sträucher und Autos aufgrund deren elektrischen Leitfähigkeit abgeschirmt werden.

Magnetische Felder entstehen sobald elektrischer Strom fließt. Sie können kaum oder nur sehr aufwändig abgeschirmt oder kompensiert werden. Im Inneren eines Gebäudes ist es wahrscheinlich, dass Personen zumindest geringfügig magnetischen Feldern durch Elektrogeräte und Leitungen der Elektroinstallation ausgesetzt sind.

Elektrische und magnetische Felder stehen in einem engen Zusammenhang. Das elektrische Feld bewegt Ladungsträger, bewegte Ladungsträger (= Strom) verursachen ein magnetisches Feld und das magnetische Feld induziert wiederum das elektrische Feld. Diese Verknüpfung wird mit steigender Frequenz stärker. Ab einer Frequenz von etwa 100 kHz spricht man dann von **elektromagnetischen Wechselfeldern**, die sich in Form von elektromagnetischen Wellen von der Quelle ablösen und in den Raum ausbreiten können.

Stromleitungen und Elektrogeräte sind Quellen für magnetische und elektrische Felder

Es gibt natürliche elektrische Felder (z. B. vor Gewittern besonders ausgeprägt), natürliche magnetische

Felder (Erdmagnetfeld) und natürliche elektromagnetische Felder (Wärme, Licht). Des Weiteren gibt es technische elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder.

Die öffentlichen Stromversorgungsnetze werden im europäischen Raum mit Wechselspannung und mit einer Frequenz von 50Hz betrieben. Die Versorgungsspannung und damit auch die in den Leitungen fließenden Ströme wechseln periodisch – 100 Mal in der Sekunde (zweimal je Periode) - ihre Polarität. Daher treten in der Umgebung von elektrischen Leitungen und Anlagen elektrische und magnetische Felder mit einer Frequenz von 50Hz auf. Durch den vermehrten Einsatz von Elektronik treten zusätzlich Felder mit höheren Frequenzen (Oberschwingungen, Frequenzgemische) bis zu einigen 10kHz (Kilohertz) auf. In diesem Frequenzbereich können die elektrische und die magnetische Komponente des Feldes getrennt voneinander betrachtet werden.

Technische elektromagnetische Felder treten bei Hochfrequenzanwendungen (z. B. Rundfunk, Mobilfunk) auf, nicht jedoch bei der Energieversorgung durch Stromnetze. Sie werden deshalb hier nicht betrachtet. Der Begriff „elektromagnetische Felder“

oder kurz EMF wird in der Öffentlichkeit vielfach – quasi umgangssprachlich – als Überbegriff für alle elektrischen und magnetischen Felder benützt. In der vorliegenden Broschüre wird jedoch in der Bezeichnung zwischen elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern unterschieden.

Die im Zusammenhang mit technischen Anwendungen verursachten elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder werden oft auch als „Elektrosmog“ bezeichnet. Wir verwenden diesen Begriff nicht, weil die Felder an sich nicht schädlich sind und nicht wie „Smog“ wirken. Durch die Bezeichnung „Smog“ wird aber eine Belastung suggeriert.



Abb.1: Natürliche und technische Quellen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder

Die Felder im Detail

Das Elektrische Feld

Die Ursache für elektrische Felder ist die elektrische Spannung, die zwischen unterschiedlich geladenen Körpern auftritt. Zum einfacheren Verständnis wird zunächst das durch eine Gleichspannung (Batterie) zwischen zwei Platten verursachte elektrische Feld betrachtet.

Die Linien zwischen den Platten in Abb. 2 stellen das elektrische Feld dar und werden als Feldlinien bezeichnet. Je enger diese Linien aneinander liegen, umso höher ist die elektrische Feldstärke. Die elektrische Feldstärke ist die Stärke des elektrischen Feldes in einem Punkt. Sie ergibt sich aus der Spannung und dem Abstand zwischen den Platten. Die Einheit der elektrischen Feldstärke ist V/m (Volt pro Meter), entsprechend „Spannung pro Abstand“. Für höhere elektrische Feldstärken wird die Einheit kV/m (Kilovolt pro Meter, 1 kV/m = 1000 V/m) verwendet.

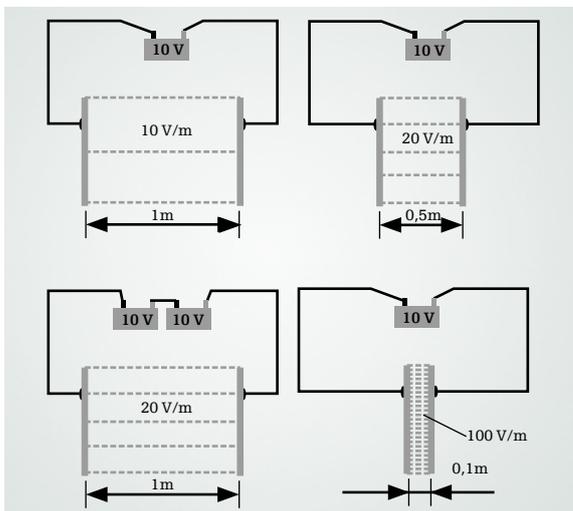


Abb. 2: Elektrische Feldstärke zwischen zwei Platten an denen Spannung anliegt

Das elektrische Feld zwischen zwei ebenen Platten ist ein homogenes Feld, d. h. die elektrische Feldstärke ist zwischen den Platten überall gleich, die Feldlinien sind parallel. Ersetzt man eine Platte

durch einen Metallstab ergibt sich das in Abb. 3 dargestellte inhomogene elektrische Feld. Die Feldlinien sind nicht mehr parallel und die Stärke des Feldes in einem Punkt ist abhängig von der Position im Raum.

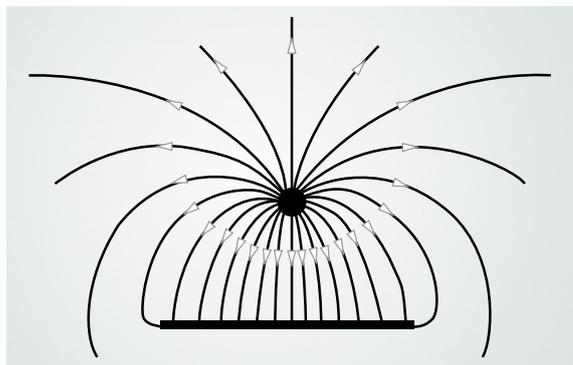


Abb. 3: Elektrisches Feld in der Umgebung eines spannungsführenden Leiters über Erde

Der Stab über der Platte entspricht dem Modell eines Leiterseils über der Erde. Bei mit Wechselspannung betriebenen Leitungen wechselt die Polarität der

Ströme verursachen magnetische Felder, Spannungen elektrische Felder.

Spannung des Leiterseils periodisch und damit auch die Richtung der Feldstärke. Das elektrische Feld wird z. B. durch Bäume, Sträucher, Gebäude, Fahrzeuge usw. abgeschirmt. Auch die Leitfähigkeit

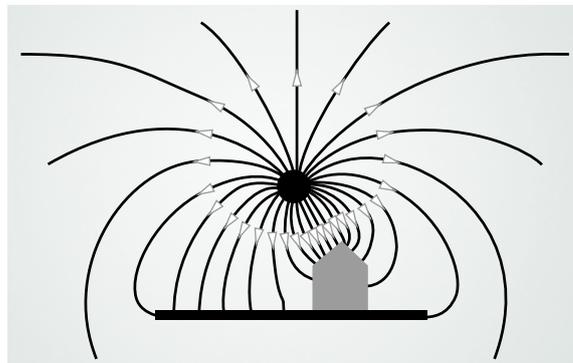


Abb. 4: Verzerrung des elektrischen Feldes durch Gebäude, Gelände und Pflanzen

von Baustoffen ist im Allgemeinen ausreichend, um das Gebäudeinnere gegenüber einem von außen wirkenden elektrischen Feld weitgehend abzuschirmen (siehe Abb. 4).

Die Wirkung eines elektrischen Feldes besteht darin, dass es auf elektrische Ladungen eine Kraft ausübt. In elektrisch leitenden Materialien bewirkt ein elektrisches Wechselfeld einen elektrischen Stromfluss wechselnder Polarität. Im menschlichen Körper treten auf Grund geringer Leitfähigkeit nur sehr schwache Ströme auf.

Ein elektrisches Feld kann z. B. auch durch Reiben eines Luftballons auf Textilien erzeugt werden. Die elektrische Feldstärke erreicht dabei mehrere zehn kV/m.

Elektrische Felder werden durch Häuser, Sträucher, Autos usw. abgeschirmt.

Das magnetische Feld

Fließt durch einen elektrischen Leiter ein Strom, so entsteht in seiner Umgebung ein magnetisches Feld. Die magnetischen Feldlinien bilden sich kreisförmig um den stromdurchflossenen Leiter aus. Sie beschreiben die physikalische Vorstellung eines magnetischen Flusses. Die Dichte der Linien repräsentiert die „Stärke des Flusses“ und wird als Flussdichte bezeichnet. In Abb. 5 wird der Metallstab von einem Gleichstrom durchflossen. Der dadurch verursachte magnetische Fluss fließt kreisförmig in eingezeichneter Richtung. Die Flussdichte ist vor allem von der Stromstärke sowie vom Abstand zum Leiter abhängig. Mit zunehmendem Abstand von der Quelle nimmt die magnetische Flussdichte rasch ab. Bei mit Wechselspannung betriebenen Leitungen wechselt die Polarität des Stromes im Leitungseil periodisch und damit auch die Richtung des magnetischen Flusses. Die Einheit für die magnetische Flussdichte ist das Tesla (benannt nach dem Physiker Nikola Tesla). Da das Tesla eine sehr große

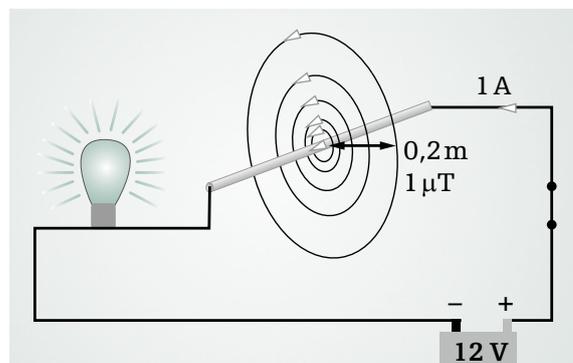


Abb. 5: Magnetisches Feld in der Umgebung eines stromdurchflossenen Leiters

Einheit ist, verwendet man in der Praxis die kleinere Einheit Mikrottesla. Ein Mikrottesla ist ein Millionstel Tesla ($1 \mu T = 1/(1\,000\,000) T$).

In elektrisch leitenden Materialien induziert ein magnetisches Wechselfeld eine elektrische Wechselspannung, welche in der Folge einen elektrischen Wechselstrom verursacht. Im menschlichen Körper treten auf Grund geringer Leitfähigkeit nur schwache Ströme auf. Das magnetische Wechselfeld wird durch Gegenstände hoher elektrischer oder magnetischer Leitfähigkeit beeinflusst (z. B. Fahrzeuge, Metalldächer).

Elektrische und magnetische Felder treten auch in der Natur auf – z. B. bei Gewittern und Wolken



Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder in der Praxis und ihre Grenzwerte

Natürliche elektrische Felder

Die elektrischen Felder in der Natur entstehen durch die elektrische Spannung zwischen der Erde und der Atmosphäre in großer Höhe (Ionosphäre), aber auch durch elektrisch geladene Wolkenformationen. Es handelt sich dabei um elektrische Gleichfelder mit Feldstärken von einigen Hundert V/m. Diese können aber vor und während eines Gewitters bis auf 20.000 V/m und mehr ansteigen. Bei einer Blitzentladung fließen kurzzeitig sehr hohe Ströme, die entsprechend starke magnetische Felder verursachen. Von diesen vom Blitzstrom verursachten Magnetfeldern (auch ohne dass ein Blitz direkt in eine Leitung einschlägt) können Überspannungen in elektrischen Anlagen (Versorgungsnetz, Hausinstallation, Telekommunikationsanlagen und -netze) hervorgerufen werden.

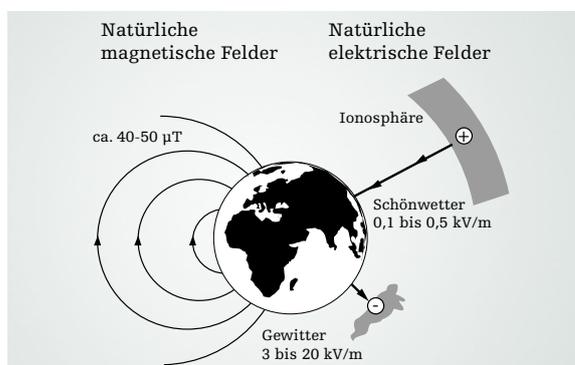


Abb. 6: Die natürlichen elektrischen und magnetischen Feldverhältnisse auf der Erde

Natürliche magnetische Felder

Bei den natürlichen magnetischen Feldern ist in erster Linie das magnetische Gleichfeld der Erde zu nennen (siehe Abb. 6). Dieses auf die magnetischen Pole der Erde ausgerichtete Feld ist nicht überall gleich stark und kann auch geringfügig schwanken. In unseren Breiten weist es eine mit technischen Feldern durchaus vergleichbare Flussdichte von etwa 50 µT (= 50.000 nT) auf. Die bei atmosphärischen Entladungen (z. B. bei Blitz) auftretenden magnetischen Felder mit hochfrequenten Anteilen können sehr hohe Flussdichten erreichen, dauern allerdings

nur millionstel Sekunden. Durch Entladungsvorgänge in der Erdatmosphäre entstehen extrem kurze elektromagnetische Impulse, sogenannte „Sferics“, die sich über große Distanzen ausbreiten und z. B. den Funkverkehr stören können.

Technische elektrische 50-Hz-Felder

Elektrische Felder mit der Frequenz von 50 Hz werden durch alle technischen Einrichtungen verursacht, die „unter Spannung“ stehen. Die Größe dieser Felder hängt von der Höhe der Spannung und vom Abstand zum Objekt, das unter Spannung steht (die Quelle) sowie der Oberflächenform der Quelle ab. Technische elektrische Felder sind im Allgemeinen inhomogen, also ungleichmäßig verlaufend (besonders bei kleinen Objekten).

Die Intensität nimmt mit zunehmender Entfernung von der Quelle rasch ab. In der Umgebung von Freileitungen wird daher die elektrische Feldstärke vor allem durch

- die Höhe der elektrischen Spannung
- die seitliche Entfernung zur Leitung
- den Abstand der Leiterseile über dem Boden und
- die Anordnung der Leiterseile bestimmt

Die Abnahme des Feldes erfolgt etwa mit dem Quadrat der Entfernung zur Leitung, d. h. bei Verdoppelung des Abstandes reduziert sich die Feldstärke auf etwa ein Viertel. Unter der Freileitung ist daher das Feld dort am stärksten, wo die Leiterseile den geringsten Abstand zum Boden haben, also meistens in der Mitte zwischen zwei Masten. Zu den Masten hin wird das Feld, wegen des geringeren Durchhangs der Leiterseile, schwächer. Die Spannung und damit auch das elektrische Feld sind unabhängig von der Auslastung der Leitung und daher nahezu konstant.

Abb. 7 zeigt die für eine Fläche unter der Leitung charakteristische Verteilung der elektrischen Feldstärke. Ein Querprofil ist an der Stelle des geringsten Abstandes der Leiterseile zum Boden dargestellt.

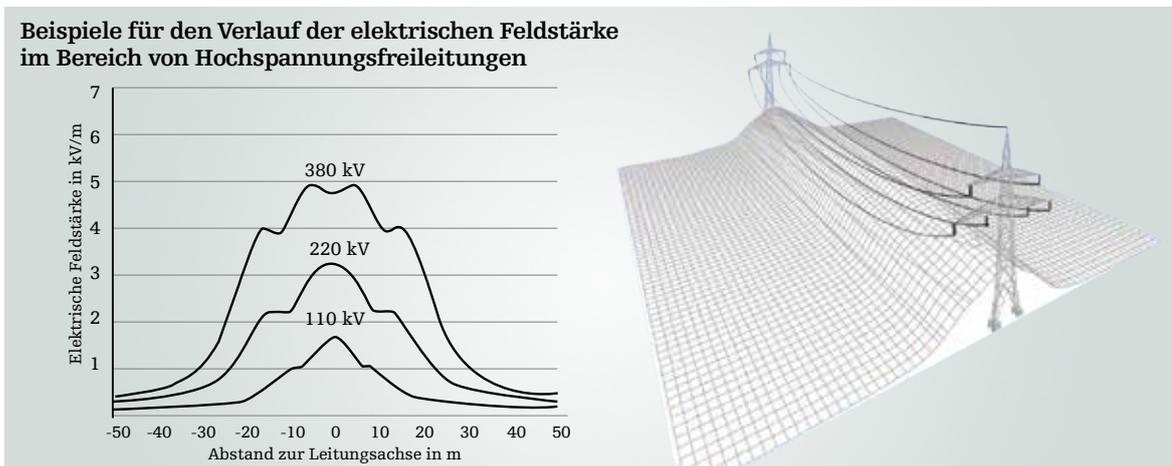


Abb. 7: Beispiele für den Verlauf der elektrischen Feldstärke in einem Meter über dem Boden unter Hochspannungsfreileitungen

Hochspannungsleitungen werden so ausgelegt, dass direkt unter der Leitung die in Bodennähe maximal auftretende elektrische Feldstärke den Grenzwert jedenfalls nicht überschreitet (Details zum Thema Grenzwerte finden Sie auf Seite 13). Die elektrischen Felder von Freileitungen werden durch Objekte aller Art, z. B. durch Gebäude oder Bäume, abgeschirmt. Im Inneren von Gebäuden ist, je nach Art der Bausubstanz, eine Schirmwirkung von 90% bis 99% gegeben. Von unterirdisch verlegten Kabelanlagen und von gekapselten

Transformatorstationen gehen praktisch keine elektrischen Felder aus.

Vergleicht man die elektrischen Felder in der Umgebung von Freileitungen mit jenen in der Umgebung von Haushaltsgeräten oder von Elektroinstallatio- nen (s. Abb. 8), so zeigt sich, dass letztere sich anders verhalten: Bei sehr geringen Abständen zu Geräten und Leitungen im Haushalt können Feldstärken bis über 1 kV/m auftreten, die jedoch bereits in 30 cm Abstand auf 0,05 kV/m absinken.

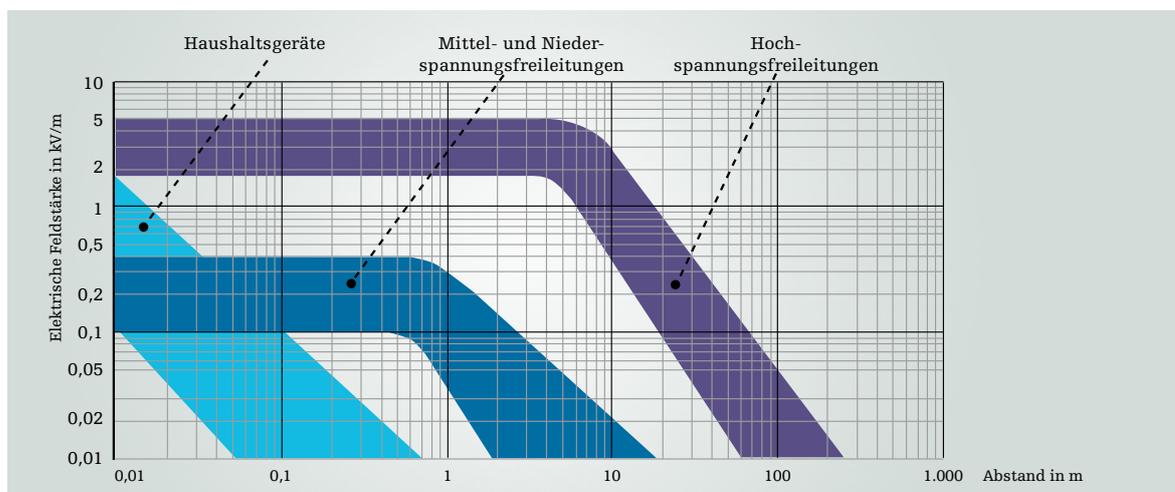


Abb. 8: Elektrische Felder verschiedener Feldquellen abhängig vom Abstand

Abstand zur Leitungsachse bzw. zum Gerät m	Haushaltsgeräte kV/m	Nieder- und Mittelspannungsfreileitung kV/m	Hochspannungsfreileitung kV/m
0,01	0,1...2	0,1...0,4	2...5
0,1	0,001...0,005	0,1...0,4	2...5
1	0,001...0,007	0,04...0,3	2...5
10	–	0,001...0,02	0,4...3
30	–	0,001...0,005	0,04...0,4
100	–	0,001	0,004...0,04

Tabelle 1: Typische elektrische Feldstärken in der Umgebung von elektrischen Leitungen und Geräten

Technische magnetische 50-Hz-Felder

Überall, wo elektrischer Strom fließt, tritt auch ein Magnetfeld auf. Für die Größe dieses Magnetfeldes sind die Größe des Stromes (elektrische Stromstärke), sowie der Abstand und die Form des stromführenden Objektes maßgebend. In der Umgebung von Freileitungen wird daher die magnetische Flussdichte (das Magnetfeld) vor allem durch

- die Stromstärke
- die seitliche Entfernung zur Leitung
- den Abstand der Leiterseile über dem Boden und
- die Anordnung der Leiterseile bestimmt.

Ebenso wie beim elektrischen Feld erfolgt die Abnahme des magnetischen Feldes etwa mit dem Quadrat der seitlichen Entfernung zur Leitung. Wiederum gilt: Unter der Freileitung ist das Feld dort am stärksten, wo die Leiterseile den geringsten Abstand zum Boden haben, also meistens in der Mitte zwischen den Masten. Zu den Masten hin wird das Feld, wegen des geringeren Durchhangs, schwächer. Im Unterschied zum elektrischen Feld ist das magnetische Feld nicht konstant, weil die Stromstärke durch den tageszeit-, wochentags- bzw. jahreszeitabhängigen Verbrauch schwankt.

Die Abb. 9 zeigt für eine Fläche unter der Leitung die charakteristische Verteilung der magnetischen Flussdichte. Das Querprofil des magnetischen Feldes ist an der Stelle des geringsten Abstands der Leiterseile zum Boden dargestellt. Das magnetische Feld wird durch Objekte in der Umgebung wesentlich weniger beeinflusst als das elektrische Feld. So ergibt sich durch schwach leitfähige Objekte, z. B. durch einen Baum, keine Veränderung des Feldes. Bei Gebäuden ist die Beeinflussung abhängig von den verwendeten Materialien.

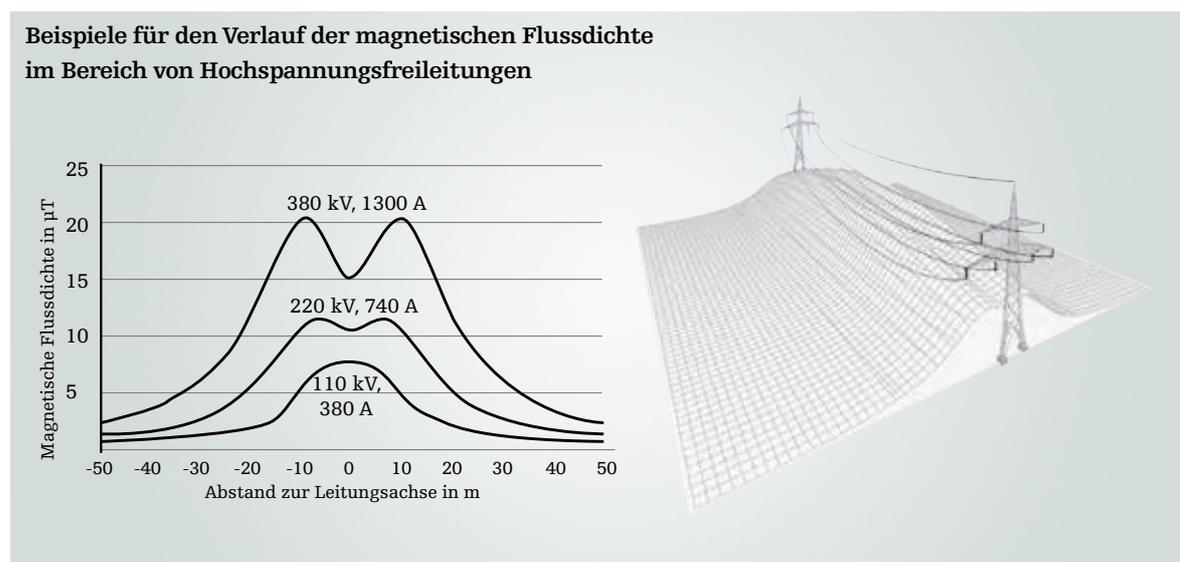


Abb. 9: Beispiele für den Verlauf der magnetischen Flussdichte in einem Meter über dem Boden unter Hochspannungsfreileitungen

Großflächige, gut leitfähige Elemente (Metalldächer) bewirken z. B. nur eine Reduktion der Flussdichte in der Mitte der Fläche. Unterirdisch verlegte Kabel (alle Spannungsebenen) verursachen keine elektrischen Felder, können jedoch Magnetfelder von bis zu mehreren 10 μT hervorrufen. Die räumliche Ausdehnung des Magnetfelds ist kleiner als bei Freileitungen. Bei Transformatorstationen ist im Allgemeinen

Felder nehmen mit der Entfernung von ihrer Quelle – z. B. Leitungen – rasch ab.

die Niederspannungsverteilanlage für die Größe des magnetischen Feldes bestimmend. Bei Außenwänden von Transformatorstationen können lokal Flussdichten von einigen 10 μT gemessen werden. Die Abnahme mit der Entfernung von der Station ist stärker als bei einer Freileitung. In der Regel ist die magnetische Flussdichte in wenigen Metern Abstand zur Station geringer als jene, die durch ein verkabeltes Stromnetz verursacht wird.

An der Oberfläche von Haushaltsgeräten oder Werkzeugen, die in Betrieb sind, können verhältnismäßig

hohe magnetische Flussdichten auftreten. Bei einzelnen Geräten ergeben sich magnetische Flussdichten bis zu mehreren hundert μT (z. B. Schweißgerät). Durch den vermehrten Einsatz von Elektronik treten auch Felder mit höheren Frequenzen (Frequenzgemische) bis zu einigen zehn kHz auf. Die Abnahme der magnetischen Flussdichte ist ähnlich wie die der elektrischen Feldstärke – sie nimmt mit dem Abstand von der Quelle stark ab. Ausgeschaltete Haushaltsgeräte verursachen keine Magnetfelder, außer ihr Netzteil ist noch in Betrieb.

Abstand zur Leitungsachse bzw. zum Gerät m	Haushaltsgeräte μT	Nieder- und Mittelspannungsfreileitung μT	Hochspannungsfreileitung μT
0,01	0...500	0,5...3	1,5...20
0,1	0,4...20	0,5...3	1,5...20
1	0...1	0,1...3	1,5...20
10	0...0,03	0...0,2	0,6...10
30	–	0...0,05	0,1...1,5
100	–	0...0,015	0...0,3

Tabelle 2: Typische magnetische Flussdichten in der Umgebung von elektrischen Geräten und Leitungen

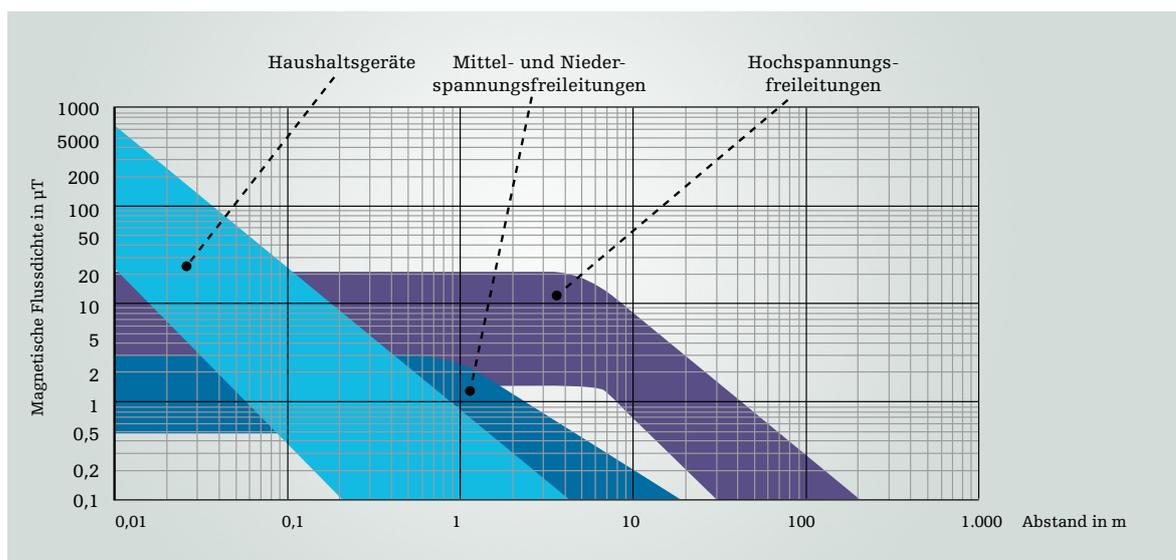


Abb. 10: Magnetische Flussdichten verschiedener Feldquellen abhängig vom Abstand

Grenzwerte für elektrische und magnetische Felder niedriger Frequenz (bis 100 kHz)

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder verursachen im Körperinneren schwache elektrische Feldstärken. Bei Einhaltung der Grenzwerte entsprechend der ICNIRP-Richtlinien sind Reizeffekte an Nerven und Muskelzellen durch elektrische oder magnetische Felder ausgeschlossen. Die ICNIRP ist ein anerkanntes internationales Gremium unabhängiger Experten aus den Bereichen Biologie, Epidemiologie, Physik, Biophysik und Medizin. Laut Satzung sind die Mitglieder ausschließlich in von Industrie und Wirtschaft unabhängigen Institutionen tätig. Im Jahr 2010 veröffentlichte die ICNIRP im Wissenschaftsmagazin „Health Physics“ den Artikel „Richtlinien für die Begrenzung der Exposition durch zeitlich veränderliche elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (bis 100 kHz)“. Diese sind eine Weiterentwicklung der bereits 1998 veröffentlichten Richtlinien der ICNIRP. Auf Grund neuer Erkenntnisse in der Modellierung der Verteilung der Feldwirkung im Körper wurden die Referenzwerte für die magnetische Flussdichte nach oben angepasst.

Zentralnervensystem im Bereich des Kopfes*	Elektrische Feldstärke	Magnetische Flussdichte
Allgemeinbevölkerung	5 kV/m	200 μ T
Berufliche Exposition	10 kV/m	1000 μ T

Tabelle 3: Referenzwerte für die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte bei 50 Hz gemäß ICNIRP-Richtlinie 2010
*die Referenzwerte für andere Körperbereiche liegen höher

Durch ausreichend starke elektrische Felder im Gewebe wird an Nerven und Muskelzellen ein physiologischer Reiz ausgelöst. Grundlage der in den ICNIRP-Richtlinien angeführten Grenzwerte ist daher die Begrenzung der im Körper auftretenden elektrischen Feldstärken. Für die körperinnere Feldstärke werden sogenannte Basisgrenzwerte, getrennt für den Bereich des Zentralnervensystems im Kopf und für alle anderen Gewebereiche, abhängig von der Frequenz, angegeben. Für die realistische Beurteilung der Summenwirkung aus Frequenzgemischen sind in den ICNIRP-Richtlinien

Bewertungsverfahren enthalten. Das durch die Basisgrenzwerte erreichte Schutzziel liegt weit unter der tatsächlichen Reizschwelle von Nerven- und Muskelzellen. Da die körperinnere elektrische Feldstärke in der Praxis nicht messtechnisch überprüft werden kann, werden von ICNIRP für die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte sogenannte Referenzwerte angegeben. Es wurde dabei jeweils jene Ausrichtung des Körpers im Feld gewählt, die zu den höchsten körperinneren elektrischen Feldstärken im Zentralnervensystem im Bereich des Kopfes führt. Das bedeutet, dass bei Einhaltung der Referenzwerte nach ICNIRP die Einhaltung des Basisgrenzwertes sichergestellt ist. In Österreich gibt es seit dem Jahr 2017 die OVE-Richtlinie R 23-1. Die darin enthaltenen Grenzwerte stimmen mit den ICNIRP-Richtlinien 2010 überein. Über die Schutzziele der ICNIRP hinausreichende Grenzwerte – wie von einzelnen Ländern praktiziert – basieren nicht auf gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen. Zum Schutz vor unzulässig hoher Exposition gegenüber elektrischen und magnetischen Feldern an Arbeitsplätzen wurde im Jahr 2013 die EU-Richtlinie (RL 2013/35/EU) festgelegt und in Österreich 2016 mit der VEMF (Verordnung elektromagnetische Felder) umgesetzt. Die darin enthaltenen



Schutzziele und -konzepte stimmen mit jenen nach ICNIRP 2010 überein.

Bei Exposition gegenüber elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern unterhalb der in der ICNIRP-Richtlinie angeführten Grenzwerte für die Allgemeinbevölkerung sieht die WHO auch kein Risiko für Kinder, Kranke, Gebrechliche und Schwangere.

Ein internationales Expertengremium hat sichere Grenzwerte festgelegt.

Elektronische Implantate bestehen je nach Anwendungsfall in der Regel aus einem Messsystem und einem Stimulationssystem für Nerven oder Muskeln oder einer Medikamentendosierpumpe. Am empfindlichsten sind Herzschrittmacher und implantierte Defibrillatoren (auch in Kombination mit Schrittmachern). Bis zu einer Magnetfeldexposition im Ausmaß von 50% der Grenzwerte sind keine Beeinflussungen zu erwarten. Produkthinweise sowie Informationen vom behandelnden Arzt betreffend EMF sind zu beachten. Eine individuelle Beurteilung durch den Facharzt kann für bestimmte Implantate und Implantationsformen weit höhere Störfestigkeiten ergeben.

Erforschung gesundheitlicher Auswirkungen

Im Rahmen des „EMF-Projects“ der WHO werden alle vorliegenden Ergebnisse aus wissenschaftlichen Studien und Untersuchungen katalogisiert und bewertet. Außerdem wird der daraus resultierende Forschungsbedarf koordiniert. Dadurch ist sichergestellt, dass alle neuen Forschungsergebnisse und deren Bedeutung der Öffentlichkeit bekannt gemacht und anschaulich präsentiert werden.

Die WHO und die ICNIRP haben in mehreren Veröffentlichungen ausführlich zu den Ergebnissen der weltweit durchgeführten Untersuchungen über die gesundheitlichen Auswirkungen von

niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern, ebenso wie von elektromagnetischen Wellen, Stellung genommen. Die WHO bietet im Rahmen des „EMF-Projects“ und in Form von WHO Fact Sheets vor allem über das Internet ausführliche Informationen über Felder, deren biologische Wirkungen und gesundheitliche Relevanz, soziale Aspekte und Vorsorgeprinzipien (www.who.int/peh-emf/en/). Diese Informationen beziehen auch den jeweils aktuellen Forschungsstand im Hinblick auf umstrittene Effekte bei Exposition gegenüber schwachen Feldern mit ein. Die WHO betont, dass – im Falle eines Zusammenhangs von magnetischen Feldern und Krebs – das Risiko sehr gering sei. Die Aussagen diesbezüglicher statistischer Untersuchungen sind widersprüchlich: In zahlreichen Laborversuchen konnte kein Wirkungsmechanismus beobachtet werden, der Krebs verursacht oder dessen Entwicklung begünstigt. Aus Ergebnissen statistischer Untersuchungen allein kann kein Krebsrisiko abgeleitet werden. Möglicherweise sind völlig andere, z. B. gleichzeitig mit den magnetischen Feldern auftretende Einflüsse, Ursache für die Ergebnisse. Dort, wo Krebs als verursachende Wirkung gesichert gilt (z. B. Rauchen), zeigen sich erheblich deutlichere Zusammenhänge und außerdem besteht ein anerkanntes Wirkungsmodell. Zudem zeigen jüngste Forschungsarbeiten über die vergangenen Jahrzehnte abnehmende Risikofaktoren.

Die im Englischen als „Hypersensitivity“ bezeichnete Elektrosensibilität ist wissenschaftlich schwer erfassbar. In Doppelblindstudien traten bei Personen, die sich selbst als elektrosensibel bezeichnen, keine Symptome auf. Es konnte kein Wirkungsmechanismus gefunden werden. Die WHO empfiehlt Betroffenen, anstelle von Abschirmung und Vermeidung alltäglicher Exposition, das Leben in Expositionssituationen durch Training zu lernen. Dadurch soll vermieden werden, dass Betroffene am Alltagsleben nur eingeschränkt teilnehmen können (WHO Fact Sheet 296, 2005).

Die Technik der Erzeugung und Übertragung elektrischer Energie

Wie kommt die elektrische Energie zur Steckdose?

Elektrizität wird in zentralen Kraftwerken und dezentralen Erzeugungsanlagen (z. B. Photovoltaik, Kleinwasserkraftwerke) erzeugt. Je nach der Situation von Erzeugung und Verbrauch wird der Strom teils großräumig über Hochspannungsleitungen transportiert und über Mittel- und Niederspannungsleitungen verteilt (siehe Abb. 11). Im Fall dezentraler Erzeugungsanlagen kommt es, wenn die Leistung nicht am Ort der Erzeugung verbraucht wird, zu einer Rückspeisung in das Hochspannungsnetz.



Sind Kraftwerke an Standorte gebunden?

Wasser- oder Windkraftwerke werden dort errichtet, wo die nutzbare Primärenergie (Wasser bzw. Wind) in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht. Wärmekraftwerke werden dort gebaut, wo der notwendige Brennstoff (Erdöl, Gas, Kohle, Biomasse) vorhanden ist oder mit möglichst niedrigen Kosten hintransportiert werden kann und ausreichend Kühlwasser zur Verfügung steht. Zur besseren Nutzung der eingesetzten Brennstoffe werden Wärmekraftwerke zunehmend dort errichtet, wo auch ein Fernwärmebedarf gegeben ist, z. B. im Nahbereich von Großstädten. Kleine Photovoltaik

Anlagen werden dezentral auf Dächern und größere als Freiflächenanlagen in der Nähe von geeigneten Verteilnetzknoten errichtet.

Wozu braucht man Übertragungsleitungen?

Übertragungsleitungen werden benötigt, um Erzeugung und Verbrauch überregional ausgleichen zu können. Um eine sichere Versorgung gewährleisten zu können, werden die Netze so ausgelegt, dass ein Ausfall einer Übertragungsleitung oder eines großen Kraftwerkes nicht zu einer Versorgungsunterbrechung führt. Wenn das Netz stark genug ausgebaut

ist und genügend Reservekraftwerke zur Verfügung stehen, können großflächige Netzzusammenbrüche (Blackouts) vermieden werden. Europaweit hat sich seit Jahrzehnten ein Verbundbetrieb der Übertragungsleitungen bewährt, um die Netzqualität und Versorgungssicherheit sicherzustellen.

Welche Leitungen werden verkabelt?

Kabel werden vorzugsweise für den Nieder- und

Mittelspannungsbereich (230 V – 36 kV) verwendet, im städtischen Bereich auf Grund von spezifischen Anforderungen teilweise auch für höhere Spannungen.

Elektrizität liefert wertvolle Energie, von der jeder Mensch in unserer Gesellschaft profitiert.

Welche Leitungen werden verkabelt?

Kabel werden vorzugsweise für den Nieder- und Mittelspannungsbereich (230 V – 36 kV) verwendet, im städtischen Bereich aufgrund von

spezifischen Anforderungen teilweise auch für höhere Spannungen.

Elektrische und magnetische Felder in der Umgebung von Leitungen und Anlagen liegen unter den Grenzwerten.

Welche Unterschiede ergeben sich bei der Verwendung von Gleichstrom, Wechselstrom und Drehstrom?

Der Unterschied zwischen diesen drei möglichen Arten der elektrischen Energieübertragung besteht

- in der unterschiedlichen Frequenz (Gleichstrom: 0Hz; Wechsel- und Drehstrom in Europa: 50Hz, in den USA: 60Hz; einige Bahnnetze: 16,7Hz),
- in der Anzahl der benötigten Leiterseile zur Energieübertragung,
- in der Höhe der bei der Energieübertragung auftretenden elektrischen und magnetischen Felder (bei Drehstrom werden diese durch die Möglichkeit der Leiterseilanordnung auf ein Mindestmaß reduziert) und
- in den Errichtungskosten der Übertragungseinrichtung

Das Prinzip der Drehstrommaschine (Generator oder Motor) erfand Nikola Tesla im Jahr 1882. Da ein rotierendes magnetisches Feld (Drehfeld) die Grundlage dieser Maschine ist, wurde die Einheit der magnetischen Flussdichte, das Tesla, nach ihrem Erfinder benannt.

Warum wird elektrische Energie als Wechselstrom und nicht als Gleichstrom übertragen?

Bei Drehstrom lässt sich die elektrische Energie über Transformatoren auf unterschiedliche Spannungen bringen. Abhängig von der vorgesehenen Transportdistanz und Übertragungsleistung kann damit die wirtschaftlich optimale Spannung verwendet werden. Bei Gleichstrom erfordert dies teure Spezialanlagen. Daher erfolgen Gleichstromübertragungen nur in besonderen Fällen:

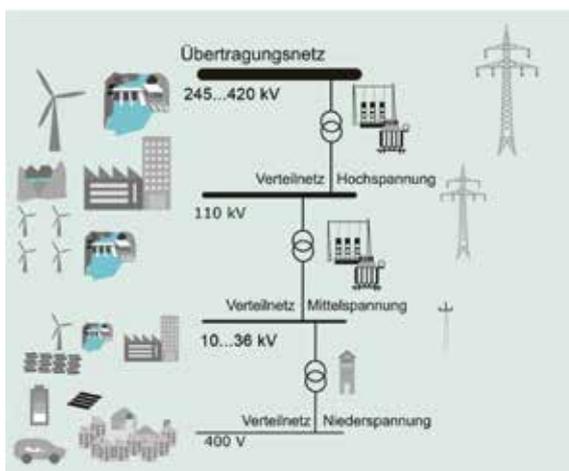
- für die Übertragung sehr großer Leistungen über sehr große Entfernungen (z. B. in Nord- und Südamerika sowie in Russland und China über mehrere hundert, sogar tausend Kilometer),
- für Kabelverbindungen durch Ozeane und Meere (z. B. Seekabel durch den Ärmelkanal zwischen Großbritannien und Frankreich oder durch die Nordsee zwischen Deutschland und Schweden sowie zur Anbindung von Offshore-Windparks) oder
- zur Kupplung von Netzen mit unterschiedlicher Frequenz oder stark unterschiedlicher Betriebsweise (z. B. zwischen dem Übertragungsnetz der ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators-Electricity) und dem Netz der GUS (Gemeinschaft unabhängiger Staaten).



Warum sind verschiedene Spannungsebenen notwendig? Welche Aufgaben haben sie?

Die elektrische Leistung ist das Produkt aus Strom und Spannung. Die bei jeder Stromübertragung unvermeidlichen Verluste steigen quadratisch mit dem Strom an. Bei Übertragung der gleichen Leistung mit doppelter Spannung kommt es zu einer Halbierung des notwendigen Stromes. Somit gehen die Verluste auf ein Viertel zurück. Es gibt für jede Übertragungsleistung und -entfernung eine technisch und wirtschaftlich optimale Spannung. Im außerstädtischen Bereich gilt näherungsweise, dass für eine wirtschaftliche Übertragung die erzielbare Entfernung in Kilometern etwa so groß ist wie die Nennspannung in Kilovolt (kV; 1 kV = 1000 V). Aus technischen und normativen Gründen sind die Netze mehreren Spannungsebenen zugeordnet, von denen unterschiedliche Aufgaben erfüllt werden. Die Kraftwerke sind je nach Größe und Lage in die Netze der verschiedenen Spannungsebenen eingebunden. Die überregionalen Übertragungsnetze in Österreich, welche mit den europäischen Übertragungsnetzen gekoppelt sind, werden mit Spannungen bis zu 245 kV und 420 kV betrieben.

110-kV-Verteilnetze versorgen Umspannwerke, in denen über Leistungstransformatoren die



Mittelspannungsnetze zur weiteren Verteilung angespeist werden. Diese werden mit Spannungen von 10 kV bis 36 kV betrieben und versorgen die einzelnen Trafostationen in Orten und Stadtbezirken. Der Nennwert der Wechselspannung im Ortsnetz bis zur Steckdose beträgt heute europäinheitlich 230 V (Haushaltssteckdose) bzw. 400 V (Kraftsteckdose). Mit dieser Niederspannung werden die so genannten Ortsnetze betrieben, die von den Trafostationen ausgehen und jedes einzelne Haus versorgen. Diese Netze haben einen typischen Versorgungsradius von rund 500 m. In ländlichen Gebieten sind Versorgungsradien bis zu 1 km verbreitet.

Hochspannung ist Voraussetzung für den überregionalen Energietransport.

Was ist ein Transformator?

Mit einem Transformator wird Wechselstrom von einer Spannungsebene in eine andere transformiert. Die Größe eines Transformators ist von der Übertragungsleistung und den Spannungsebenen abhängig.

Sind brummende Transformatoren gefährlich?

Nein. Die Energieübertragung im Transformator erfolgt magnetisch über einen Eisenkern. Dabei treten magnetische Kräfte auf, die ein Vibrieren von Teilen des Transformators und dadurch das Brummen bewirken. Durch konstruktive Verbesserungen bei neueren Transformatoren und ihrer Aufstellung sind solche Geräusche bereits wesentlich geringer.

Warum sind Ortsnetzstationen in unmittelbarer Nähe der Kunden notwendig?

Die Ortsnetzstationen dienen zur Transformation der Spannung von der Mittelspannungsebene in die Niederspannungsebene („Steckdosen-Spannung“). Um die Verluste möglichst gering zu halten, müssen größere Ortschaften mit mehreren Ortsnetzstationen versorgt werden. Diese werden nach Möglichkeit so angeordnet, dass sich möglichst kurze Entfernungen zu den Verbrauchern ergeben.

Details zu elektrischen und magnetischen Feldern

Kann man elektrische oder magnetische Felder fühlen oder wahrnehmen?

In der Regel – nein, sofern sie im üblichen Bereich und unter den vorgegebenen Grenzwerten liegen. Es wird jedoch immer wieder von Wahrnehmungen elektrischer und magnetischer Felder weit unterhalb der Grenzwerte berichtet. Eine wissenschaftliche Bestätigung dafür gibt es jedoch nicht. Meist führen erst die in Folge des Einwirkens starker elektrischer Felder auftretenden Effekte, wie z. B. die Vibration der Härchen auf der Haut im elektrischen Wechselfeld, zu einer Wahrnehmung. Elektrische Felder in der Nähe von Haushaltsgeräten, elektrischen Maschinen und Hochspannungsleitungen sind meist so gering, dass sie vom Menschen nicht wahrgenommen werden. In Ausnahmefällen (z. B. in Umspannwerken, die nur für Fachpersonal zugänglich sind) kann ein Kribbeln durch die Vibrationswirkung an den feinen Härchen der Haut festgestellt werden. Auch wenn sich Menschen längere Zeit in solchen elektrischen Feldern aufhalten, ist die Haarvibration unbedenklich. Bei magnetischen Feldern tritt kein Kribbeln durch Haarvibration auf. Erst weit über dem Grenzwert können Flussdichten ab ca. $5.000 \mu\text{T}$ Reizungen der Sinneszellen im Auge auslösen. Flussdichten in dieser Größenordnung treten im öffentlich zugänglichen Bereich nicht auf, sondern lediglich in unmittelbarer Nähe von Drosselspulen in Umspannwerken. Diese als Lichtblitze wahrnehmbare, als „Magnetophosphene“ bezeichnete Sinnestäuschung hinterlässt keine bleibenden Veränderungen.

Auf Grund der physikalischen Einwirkung des elektrischen Feldes auf große leitfähige Objekte im Nahbereich von Leitungen und Anlagen, z. B. Zäune oder Rohrleitungen, besteht ohne fachgerechte

Erdung eine Gefahr, da in diesem Fall ein Strom über den Körper in die Erde abfließen könnte, der unter gewissen Voraussetzungen auch wahrnehmbar sein kann.

Vereinzelt berichten Radfahrer von Wahrnehmungen an Fingern und Beinen im Bereich von Höchstspannungsleitungen. Diese Wahrnehmungen sind sogenannte „Mikroschocks“ und können ebenfalls beim Berühren von Türschnallen auftreten. Diese durch elektrostatische Aufladungen auftretenden Mikroschocks sind unbedenklich. Es ist davon auszugehen, dass derartige Entladungen im Bereich von Höchstspannungsleitungen begünstigt sind.

Können elektrische Felder abgeschirmt werden?

Elektrische Felder werden von allen elektrisch leitfähigen Objekten abgeschirmt, so z. B. von Hauswänden, Bäumen, Gittern, Zäunen, und zwar umso mehr, je besser diese elektrisch leitend sind. Ein äußeres Feld von 1 kV/m sinkt im Inneren eines Gebäudes auf weniger als $0,1 \text{ kV/m}$ ab. Die Schirmwirkung beträgt zwischen 90 % und 99 %.

Können magnetische Felder abgeschirmt werden?

Magnetische Felder mit einer Frequenz von 50 Hz durchdringen meist auch leitfähige Objekte unbeeinträchtigt. Für die Abschirmung von Räumen können spezielle Metall-Legierungen (z. B. MU-Metall, VITROVAC) eingesetzt werden, wobei die Wände dieser Räume keine Öffnungen, z. B. Fenster, aufweisen dürfen, sonst würde der magnetische Fluss teilweise wieder in den Raum eintreten. Daher eignen sich diese Materialien nicht zur Abschirmung von Wohnräumen. In speziellen Fällen (Schirmung von empfindlichen medizinischen oder wissenschaftlichen

** Zur Erinnerung: Das gesamte Stromversorgungsnetz wird mit einer Frequenz von 50 Hz betrieben. Bei dieser Frequenz treten lediglich elektrische und magnetische Felder auf. Elektromagnetische Felder treten dagegen nur bei höherer Frequenz auf. Die elektrische und die magnetische Komponente des Feldes können dann nicht mehr getrennt, sondern nur noch als eine Gesamtheit betrachtet werden. Deshalb spricht man nur bei hohen Frequenzen von „elektromagnetischen Feldern“ bzw. von „elektromagnetischen Wellen“.*

Geräten wie Magnetresonanzenanlagen oder Elektronenstrahlmikroskopen) können alternativ dazu auch großflächige Spulen zur aktiven Kompensation des Magnetfeldes durch Erzeugung eines Gegenfeldes eingesetzt werden. Diese Kompensation wirkt nur in einem relativ kleinen Bereich der Spulen und ergibt am Rand der Spulen eine Felderhöhung.

Wie genau können Felder bestimmt werden?

Die Bestimmung eines Feldes erfordert die Ermittlung der elektrischen Feldstärke bzw. der magnetischen Flussdichte durch Berechnung oder Messung. Da das magnetische Feld vom aktuellen Stromfluss abhängig ist, ist für die Bestimmung magnetischer Felder oft die Anwendung einer Kombination aus Berechnung und Messung zweckmäßig. Vorsicht ist bei billigen Messgeräten geboten. Oft sind sie nicht für jeden Einsatzbereich geeignet oder weisen große Ungenauigkeiten auf.

Bei der Messung des elektrischen Feldes ist vor allem zu beachten, dass diejenige Person, die die Messung durchführt, einen ausreichenden Abstand zur Mess-Sonde einhält, da sonst die elektrische Feldstärke beeinflusst wird. Das magnetische Feld hingegen wird durch den menschlichen Körper praktisch nicht beeinflusst.

Über welchen Zeitraum sollen Felder gemessen werden?

Elektrische und magnetische Felder von elektrischen Geräten sind in der Regel während des Betriebs des Geräts zeitlich konstant. Bei Leitungen ist die elektrische Feldstärke in der Umgebung ebenso wie die Spannung, mit der die Leitung betrieben wird, konstant, sofern sich die Umgebungsbedingungen nicht ändern (z. B. durch vorbeifahrende Fahrzeuge oder durch Passanten). Der Strom in einer Leitung hängt von dem sich durch Verbrauch und Erzeugung ergebenden Leistungsfluss ab. Sind diese so genannten Lastgänge bekannt, so können daraus ermittelte Ströme zum Zeitpunkt der Messung für

eine Umrechnung der Messergebnisse herangezogen werden. Andernfalls sollte ein Messgerät für ein Zeitintervall von wenigstens 24 Stunden in einem interessierenden Punkt Messwerte erfassen.

Magnetische Felder sind im Unterschied zu elektrischen Feldern von der Netzlast abhängig.

Soll man die Felder in seinem Umfeld messen lassen?

Zusätzliche Erkenntnisse zu Berechnungen sind aus Messungen im Regelfall nicht zu erwarten. In den meisten Fällen liegen die elektrischen Feldstärken und die magnetischen Flussdichten in der Umgebung von Leitungen und Anlagen weit unter den in den ICNIRP-Richtlinien bzw. in der OVE-Richtlinie R 23-1 angegebenen Grenzwerten zum Schutz von Personen. Der Betreiber eines Netzes oder einer Anlage gibt gerne Auskunft über die tatsächlich auftretenden Felder. Dabei kann auch der Bedarf einer Messung abgeklärt werden.

Energetiker, manche Elektriker, Baubiologen, teilweise aber auch Ärzte raten selbst bei geringsten Expositionen zu Messungen und in der Folge zu feldreduzierenden Maßnahmen. Wissenschaftliche Grundlagen existieren dafür nicht. Es mag jedoch jeder selbst entscheiden, ob er über die international festgesetzten Grenzwerte hinaus zusätzliche Maßnahmen ergreifen möchte.

Können Felder verschiedener Quellen einander überlagern?

Ja. Felder, die von verschiedenen Feldquellen herühren, können einander – je nach zeitlichem und räumlichem Verlauf – verstärken oder schwächen. Im Extremfall ist eine Addition oder eine gegenseitige Aufhebung möglich. Dazu dient ein Beispiel für einen Elektroherd, der mit drei Außenleitern L1, L2, L3 (umgangssprachlich als „Phasen“ bezeichnet)

versorgt wird. Schaltet man nun eine vom Außenleiter L1 versorgte Kochplatte ein, so ergibt sich in der Umgebung der stromführenden Teile, z. B. im Abstand von 20 cm eine magnetische Flussdichte von etwa $1 \mu\text{T}$. Schaltet man zwei weitere über die Außenleiter L2 und L3 versorgte Platten hinzu, so wird die resultierende magnetische Flussdichte gegenüber dem Betrieb nur einer Platte geringer. Die Erklärung liegt im zeitversetzten Auftreten der Wechselströme in den drei stromführenden Außenleitern, deren Felder sich gegenseitig schwächen.

Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen keinen Zusammenhang zwischen Feldern der Stromversorgung und Erkrankungen.

Verursachen Stromzähler elektrische und magnetische Felder?

In Verteilerkästen, wie auch in solchen in denen Stromzähler eingebaut sind, ergeben sich etwas größere Abstände zwischen den Leitern der Stromkreise als bei Leitungen der Elektroinstallation. Im Nahbereich solcher Verteiler sind daher auch die magnetischen Felder höher als im Bereich von Leitungen



der Elektroinstallation. Hinsichtlich der Exposition gegenüber elektrischen und magnetischen Feldern ist grundsätzlich zwischen den mechanischen Ferraris Zählern und den neuen elektronischen Zählern (Smart Meter mit Fernauslesung mittels PLC: Powerline-Kommunikation) zu unterscheiden. Bei Ferraris-Zählern wird durch das Prinzip des Antriebs einer Scheibe mittels magnetischer Felder aus einer Spannungs- und einer Stromspule im Nahbereich ein zusätzliches Feld verursacht. Smart Meter sind elektronische Zähler, die betreffend magnetischer Felder mit anderen elektronischen Geräten vergleichbar sind. In der Regel sind Smart Meter zur Fernablesung durch ein Kommunikationssystem, welches Signale im Frequenzbereich von ca. 30 kHz bis 500 kHz auf die Stromleitungen einkoppelt, angebunden. Die durch Einsatz dieser PLC-Kommunikation auftretenden Expositionen sind ein kleiner Bruchteil der von ICNIRP angegebenen Grenzwerte und dabei meist geringer als Expositionen gegenüber sehr schwachen Feldern die durch andere Quellen verursacht werden. Messungen in Wohnhäusern ergaben selbst bei sehr geringer Exposition durch Hausinstallation, Elektrogeräte und Leitungen keine relevante Erhöhung der Gesamtexposition durch die Smart Meter [Fact Sheet].

Warum verursachen Hochspannungsleitungen Geräusche?

In der Regel treten Geräusche (Knistern, Prasseln) in der Umgebung von Hochspannungsfreileitungen nur bei feuchter Witterung oder Nebel auf. Die Ursache sind Koronaentladungen. Sie bedeuten keine Beeinträchtigung der Sicherheit von Freileitungen oder Anlagen. Es handelt sich um Entladungen an der Oberfläche von Leitungseilen oder von Konstruktionsteilen.

Warum leuchten Leuchtstoffröhren unter Hochspannungsleitungen?

Die sehr empfindliche Leuchtschicht einer Leuchtstofflampe kann bei günstiger Ausrichtung in

elektrischen Feldern ohne Stromanschluss leuchten. Leuchtstofflampen können bereits durch Reibung zum Leuchten gebracht werden. Dazu nimmt man z. B. ein Tuch, einen Pullover oder ein Stofftier. Das Prinzip der Leuchtstofflampe ist, dass das Gas im Inneren elektrisch angeregt wird und beim laufend vorkommenden Abbau der Anregung nicht sichtbare Strahlung aussendet, die an der Leuchtschicht in sichtbares Licht umgewandelt wird. Das elektrische Feld unter einer Hochspannungsleitung ist für eine schwach ausgeprägte Anregung ausreichend, ebenso wie die elektrischen Felder die entstehen, wenn wir Gegenstände durch Reibung aufladen.

(Tipp: Video [„Leuchtet eine Leuchtstofflampe unter einer Hochspannungsfreileitung?“](#))

Hochspannungsblog der Netz OÖ)



Ist ein Haus in der Nähe einer Hochspannungsleitung eher blitzgefährdet als andere Häuser?

Nein. Hochspannungsleitungen haben zum Schutz vor Blitzeinschlägen über den Leiterseilen meist ein oder mehrere Erdseile gespannt. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit des Blitzschlags in ein Haus in unmittelbarer Nähe zu einer Leitung sogar verringert.

Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Feldern und Ozon?

Bei allfälligen Koronaentladungen entstehen geringfügige Mengen an Ozon. Diese sind jedoch so gering, dass sie bereits in wenigen Metern Entfernung von den Leiterseilen nicht mehr messbar sind.

Haben 50-Hz-Felder von Hochspannungsleitungen Einfluss auf Tiere oder Pflanzen?

Für Wirbeltiere gelten sinngemäß ähnliche Überlegungen wie für den Menschen. Demnach kann davon ausgegangen werden, dass – bei Einhaltung der von der WHO anerkannten empfohlenen ICNIRP-Grenzwerte – auch für Tiere keinerlei Gefährdung besteht. Experimente, die sich der Beeinflussung von Pflanzen widmeten, brachten widersprüchliche Ergebnisse, da sich neben der Feldeinwirkung auf Pflanzen noch zahlreiche andere Einflussgrößen – wie beispielsweise Feuchtigkeit, Sonnenscheindauer, Bodenqualität – auswirken und mitberücksichtigt werden müssen.

Gesundheitliche Auswirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern

Kann die Wirkung von 50-Hz-Feldern mit Röntgenstrahlen oder Mikrowellen verglichen werden?

Nein. Der Energieinhalt der niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder ist zu gering um Gewebe erwärmen zu können. Mikrowellen – das sind hochfrequente elektromagnetische Wellen, erwärmen bei ausreichender Stärke das Gewebe, haben aber nicht die Fähigkeit zur Ionisation. Im Gegensatz dazu sind Röntgenstrahlen (höchstfrequente elektromagnetische Wellen) energiereicher. Röntgenstrahlen sind in der Lage, Moleküle in den Körperzellen so zu verändern, dass z. B. Krebs oder andere Krankheiten entstehen können.

Auch im menschlichen Organismus gibt es elektrische Vorgänge.

Gibt es im Menschen elektrische Vorgänge?

Ja. Im Menschen sind viele Vorgänge durch Elektro-sensibilität – komplex gekoppelte elektrische und chemische Prozesse – gekennzeichnet. Bei solchen Vorgängen an Membranen der Zellen können an der Körperoberfläche schwache elektrische Signale gemessen werden. In der Medizin nutzt man diese körpereigenen Signalspannungen vorwiegend für die Diagnose, z. B. beim Elektrokardiogramm (EKG-Herzstromkurve) und beim Elektroenzephalogramm (EEG-Hirnstromkurve).

Elektrizität gibt es schon lange – warum ist erst in den letzten Jahren eine Diskussion um die Auswirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern auf den menschlichen Körper aufgekommen?

In den Anfängen der elektrischen Energieversorgung berichteten Menschen von Übelkeitsanfällen in der Nähe von Generatoren. Auf den Einfluss von elektrischen oder magnetischen Feldern waren diese jedoch nicht zurückzuführen. Vielmehr stellten sich andere Gründe, wie z. B. Schmiermitteldämpfe als Ursache für die Übelkeit heraus. Als russische Forscher 1966 über nachteilige Auswirkungen von elektrischen

Feldern auf das Personal bei Höchstspannungsanlagen in Sibirien berichteten, setzten weltweit zahlreiche Studien über die biologischen Auswirkungen von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern ein. Die Ergebnisse der Arbeiten in westlichen Labors, die versuchten, die russischen Berichte nachzuvollziehen, ließen jedoch darauf schließen, dass vor allem Lärmbelastung im Zusammenhang mit den berichteten Symptomen stand. Lärm gehört zu den größten Stress-Faktoren.

1979 wurde in den USA von Wertheimer und Leeper eine Studie über Ursachen von Leukämie im Kindesalter veröffentlicht. Deren Ergebnisse lösten eine bis heute andauernde Diskussion über einen Zusammenhang von magnetischen Feldern und Krebs aus.



Diese erste epidemiologische Studie, die einen statistischen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Leukämie im Kindesalter und bestimmten Leitungsbauformen ergab, wies allerdings methodische Schwächen auf, sodass eine Vielzahl weiterer Untersuchungen mit widersprüchlichen Resultaten folgte. Insgesamt zeigen neuere Studien immer geringere Risikofaktoren bis hin zu keinem Risiko. Gleichzeitig wurde und wird in Laborversuchen mit Tieren und Zellkulturen unter verschiedensten Expositionsbedingungen nach Einflussmechanismen gesucht – es wurden keine Wirkungsmechanismen

gefunden. Heute liegen mehrere Zehntausend Studien vor. Die Menge der widersprüchlichen Ergebnisse ist Grundlage der in der Öffentlichkeit ebenso wie in Fachkreisen geführten Diskussion.

Heute liegen mehrere Zehntausend Studien zum Thema elektromagnetische Felder vor.

Wie können aus der Vielzahl von Forschungsergebnissen Schlüsse gezogen werden?

Die WHO startete bereits im Jahr 1996 das „EMF-Project“, um jene vorliegenden Ergebnisse, die strengen wissenschaftlichen Qualitätskriterien entsprechen, zu katalogisieren, zu bewerten und den daraus resultierenden Forschungsbedarf zu koordinieren. Besondere Bedeutung haben dabei auch so genannte Metaanalysen erlangt, die Studien untereinander in Beziehung setzen, Ergebnisse vergleichen und in Summe betrachten. Einzelne Ergebnisse, die bislang in einer anderen Forschungseinrichtung nicht durch Wiederholung bestätigt werden konnten, werden dabei als nicht relevant betrachtet. Die mediale Präsenz einzelner Arbeiten steht oft keineswegs in Zusammenhang mit ihrer tatsächlichen wissenschaftlichen Bedeutung. Immer wieder treten auch Vertreter der Wissenschaft mit noch nicht abgeschlossenen Forschungsprojekten an die Öffentlichkeit und präsentieren vage Interpretationen ihrer Daten als Erkenntnisse. Diese beziehen sich meist auf eine angebliche Gesundheitsgefährdung, ausgehend von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern bereits bei sehr geringen Expositionen. Bis diese Veröffentlichungen dann wiederum berichtet und in entsprechende Relation gebracht werden, vergeht oft viel Zeit, in der bereits wieder viele Menschen unnötig verunsichert worden sind. Naturgemäß finden Forschungsarbeiten, die keinen Einfluss durch Felder feststellen, deutlich weniger Beachtung als jene, die einen Effekt zeigen und da sie „unspektakulär“ sind, werden sie wesentlich

seltener publiziert und zitiert. Im Jahr 2007 wurde von der WHO in einer wissenschaftlichen Publikation (EHC-Monograph 238) der Stand der Forschung umfassend dargestellt und noch offene Fragestellungen wurden identifiziert. Die Experten, die an diesem Bericht mitgearbeitet haben, sind zu dem Schluss gekommen, dass das Grenzwertkonzept der ICNIRP den Schutz von Personen gewährleistet. Zuletzt wurde im Jahr 2015 von SCENIHR (der wissenschaftli-

Die ICNIRP Grenzwerte für EMF sichern die Verträglichkeit für den menschlichen Organismus.

che Ausschuss der Europäischen Kommission zur Bewertung gesundheitlicher Risiken neuer Technologien) ein umfassender Bericht über den gesamten Frequenzbereich veröffentlicht. Auch dieser Ausschuss kommt zum Schluss, dass die Schutzziele der ICNIRP-Richtlinien ausreichend Sicherheit bieten.

Haben Personen, die in der Nähe von Stromleitungen leben, ein erhöhtes Krebsrisiko?

Ein kausaler Zusammenhang zwischen elektrischen oder magnetischen Feldern und Krebserkrankungen konnte in jahrelanger Forschung wissenschaftlich nicht festgestellt werden. Die Diskussion, ob ein Zusammenhang zwischen einer Langzeiteinwirkung von schwachen magnetischen Feldern und Krebserkrankungen besteht, hält nun trotzdem seit Jahrzehnten an. Dementsprechend viele epidemiologische Studien wurden in diesem Zusammenhang durchgeführt, wobei einige dieser Studien in ihren Ergebnissen auf ein geringfügig erhöhtes Risiko hindeuten. Die im Auftrag der WHO tätige IARC (Internationale Krebsforschungsagentur) hat 2001 niederfrequente magnetische Felder ab einer über 24 Stunden gemittelten magnetischen Flussdichte von mehr als $0,4\mu\text{T}$ als „möglicherweise krebserregend“ klassifiziert. Zur Klärung der Relation: In der Stufe, die für die Wirkung magnetischer Felder über $0,4\mu\text{T}$ mit „möglicherweise krebserregend“ festgestellt wurde,

befand sich bis 2016 auch der Genuss von Kaffee, der aktuell als nicht klassifizierbar eingestuft wird. Ebenfalls in der Klassifizierung als „möglicherweise krebserregend“ findet sich z. B. auch nach asiatischer Art eingelegtes Gemüse. Zuletzt wurde der Konsum von „rotem Fleisch“ (Rind, Schwein, Lamm ...) in der nächstkritischeren Klassifizierung „wahrscheinlich krebserregend“ gelistet, während z. B. der Tabakkon-

Nach gesicherten Erkenntnissen bewirken elektrische und magnetische Felder unter den Grenzwerten von ICNIRP nur unbedeutende Effekte.

sum oder Asbest in der höchsten Kategorie „krebserregend für den Menschen“ klassifiziert werden. Die WHO weist außerdem darauf hin, dass „möglicherweise“ ebenso viel bedeuten kann wie „möglicherweise nicht“. Diese Einschätzung wurde auch 2007 im WHO EHC Monograph 238 ebenso wie von einem EU-Expertenforum im Rahmen SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) 2008 erneut bestätigt. Neuere Forschungsarbeiten zeigen über die vergangenen Jahrzehnte abnehmende Risikofaktoren. Für den Zeitraum 2000 bis 2010 ergibt z. B. die Arbeit eines britischen Forscherteams, dass kein Risiko vorhanden ist (British Journal of Cancer (2014), 1–7 | doi: 10.1038/hjc.2014.15). Ein österreichischer Experte kommt aus der Bewertung einer Vielzahl von epidemiologischen Studien sogar zur Schlussfolgerung, dass die IARC Klassifizierung zu überarbeiten ist (Journal of Electromagnetic Analysis and Applications, 2015, 7, 245-258).

Kann die Wissenschaft einen Nachweis für die Unschädlichkeit erbringen?

Nein, das ist wissenschaftstheoretisch unmöglich. Allein die Vielzahl von verschiedenen Expositionsformen, teilweise in Kombination untereinander oder auch mit anderen Einflüssen, schließt das aus. Bestehende Bedenken konnten bisher in allen

wissenschaftlichen Untersuchungen nicht bestätigt werden. Auf Basis der aktuell vorliegenden Forschungsergebnisse kann lediglich abgeleitet werden, dass, wenn überhaupt ein Risiko bestehen sollte, dieses gering ist.

Welche Arten von Untersuchungen über mögliche gesundheitliche Auswirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern sind durchgeführt worden?

Für die Untersuchung biologischer Auswirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern werden im Wesentlichen folgende Methoden angewendet:

- Laboruntersuchungen mit Versuchspersonen, Versuchstieren oder Zellkulturen
- Epidemiologische Untersuchungen



Welche Bedeutung haben Laborversuche bei der Erforschung von Feldern?

Laboruntersuchungen haben den Vorteil, dass sie unter genau definierten Versuchsbedingungen mit exakt festgelegten und eingehaltenen Werten der Feldstärke, weitgehender Ausschaltung anderer Einflüsse und laufender Beobachtung durchgeführt werden können. Um eine unbewusste Einflussnahme auf die Forschungsergebnisse auszuschließen, werden Experimente häufig als „Doppelblindversuche“ durchgeführt. Das heißt, dass nicht einmal der Versuchsleiter vor Ort weiß, welche seiner Proben

oder Versuchspersonen beim jeweiligen Versuch exponiert sind. Laborversuche mit Personen werden nur während einer verhältnismäßig kurzen Zeit durchgeführt, z. B. über mehrere Stunden oder maximal einige Tage. Damit können nur Kurzzeiteffekte von Feldeinwirkungen ermittelt werden. Solche Versuche haben schon vor längerer Zeit in Deutschland mit zum Teil sehr hohen Feldstärken bzw. Flussdichten – oberhalb der Grenzwerte nach ICNIRP – stattgefunden, wobei keine nachteiligen Effekte für die Gesundheit der Versuchspersonen beobachtet wurden. Bei solchen Versuchen festgestellte Abweichungen verschiedener Messwerte für physiologische Parameter lagen meist im Bereich normaler Schwankungen bzw. sie änderten sich sehr rasch nach Abschaltung des Feldes oder dessen Reduktion auf üblicherweise auftretende Werte. Laborversuche mit Zellkulturen, Gruppen von Zellen, einzelnen Organen, aber auch Kleintieren wie Mäusen oder Hühnern, können über eine längere Dauer bis hin zur Lebenserwartung dieser Tiere durchgeführt werden. Damit können Langzeitwirkungen von Feldern erforscht werden. Im Mittelpunkt der Kritik an diesen Arbeiten steht die Frage der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Menschen.

Welche Bedeutung haben epidemiologische Studien bei der Erforschung von Feldern?

Epidemiologische Untersuchungen sind ein geeignetes Verfahren, um mögliche Langzeitauswirkungen von Feldern auf den Menschen statistisch zu überprüfen. Ergibt sich dabei ein signifikanter Zusammenhang, so müssen – um eine wissenschaftlich sichere Aussage treffen zu können – weitere Kriterien erfüllt sein (z. B. Wirkungsmechanismus, Dosis-Wirkungsbeziehung). Es gibt mehrere Arten solcher Studien. Die aussagekräftigste Studienart ist die Kohortenstudie. Dabei werden zwei Gruppen von Personen gebildet: Eine Gruppe, die im Allgemeinen stärkeren Feldern ausgesetzt ist, und eine zweite Gruppe, auf die deutlich schwächere Felder einwirken. Beide Gruppen sollen in Umfang, Altersstruktur,

Geschlecht, sozialem Status und anderen wesentlichen Faktoren weitgehend übereinstimmen. Dann wird über einen längeren Zeitraum – zumeist über mehrere Jahre – der Gesundheitsverlauf beider Gruppen verglichen. Die Häufung einer bestimmten Erkrankung in einer der beiden Gruppen würde einen statistischen Zusammenhang zwischen Exposition und Gesundheit zeigen. Es muss allerdings beachtet werden, dass das Ergebnis auch durch einen mit der Exposition nicht im Zusammenhang stehenden Einflussparameter bestimmt sein kann. Die Ergebnisse von Kohortenstudien sind aus folgenden Gründen oft nicht aussagekräftig und eindeutig:

- Die Größe der Gruppen ist nicht ausreichend.
- Größe und zeitlicher Verlauf der Felder, die auf die Gruppen eingewirkt haben, können nur ungenau bestimmt werden.
- Eine Vergleichbarkeit der übrigen Lebensbedingungen der Testpersonen ist sehr schwer zu erreichen. Die Versuchspersonen, die während der Beobachtung ihr normales Leben führen, sind zahlreichen anderen, feldfremden Einflüssen ausgesetzt. Unterschiede wie sozialer Status, Lebensgewohnheiten, berufliche Belastung, familiäre Probleme, Rauchen und Alkohol, die



Einnahme von Medikamenten und vieles andere können die Gesundheit der beobachteten Personen beeinträchtigen.

- Während der langen Beobachtungszeit verändert sich die Zusammensetzung der beiden Gruppen durch Zu- und Abwanderungen.

Seltene Erkrankungen, wie etwa Krebs im Kindesalter (etwa 2 von 1000 Kindern erkranken im Alter zwischen 0 und 15 Jahren an Krebs) sind mit der Methode der Kohortenstudie nur mit sehr großer Personenzahl (z. B. einige Zehntausend Kinder) erfassbar. Für Untersuchungen mit einer erheblich geringeren Anzahl von Personen (wenige Tausend Kinder) werden „Fall-Kontrollstudien“ angewandt, d. h. es wird aus einem Krebsregister eine Gruppe der Krankheitsfälle gebildet. Dieser Gruppe wird eine gesunde Kontrollgruppe gegenübergestellt. Die Probleme sind ähnlich wie bei der Kohortenstudie, wobei das Auswahlverfahren für die Zusammensetzung der Kontrollgruppe besonders kritisch ist. Entsprechende epidemiologische Untersuchungen beziehen sich auf Leukämie im Kindesalter sowie Gehirntumore bei Arbeitern in Elektrizitätsunternehmen.



Aus den Ergebnissen aller epidemiologischen Studien hinsichtlich anderer Krebserkrankungen ergeben sich keine Zusammenhänge mit niederfrequenten magnetischen Feldern. Weitere Details zu diesen Studien finden sich auf den Internetseiten der WHO. Immer wieder zitiert wird auch die Arbeit von Prof. Jörg Michaelis (Schüz, J.; Grigat J.-P., Brinkmann K. & Michaelis J (2001): Residential magnetic fields as a risk for childhood acute leukemia, results from a german population-based case-control study. *Int. J. Cancer* 91: 728-735). Seine im Jahr 2001 vorgelegten Ergebnisse zeigen, dass etwa 0,2% einer Kontrollgruppe von gesunden Kindern in einem Expositionsbereich von über 0,4 μT leben und knapp 0,6% der erkrankten Kinder entsprechend exponiert sind. Bestünde ein Zusammenhang zwischen dem magnetischen Feld und der Krebserkrankung, wäre etwa für eines von 100 an Leukämie erkrankten Kindern das magnetische Feld die Ursache. Selbst dann wäre die Ursache für 99% der Leukämiefälle damit nicht geklärt. Werden alle statistischen Unsicherheiten in die Betrachtung mit einbezogen, ergeben Metaanalysen, dass 0,2% bis maximal 5% der an Leukämie erkrankten Kinder auch exponiert sind (WHO

Untersuchungen weisen keine gesundheitlichen Auswirkungen niederfrequenter Felder nach.

Fact Sheet 322, 2007). Auf Grund dieser statistisch festgestellten schwachen Korrelation kann von der Existenz einer krebsverursachenden Wirkung durch solche schwachen magnetischen Felder nicht ausgegangen werden. Insgesamt sind Ergebnisse epidemiologischer Studien, die statistisch signifikant einen Zusammenhang zeigen, lediglich als Hinweise auf die mögliche Existenz eines Effekts zu sehen. Dabei ist genauso in Betracht zu ziehen, dass eben möglicherweise kein Zusammenhang besteht. Von besonderer Bedeutung ist, dass neuere Forschungsarbeiten über die vergangenen Jahrzehnte abnehmende Risikofaktoren zeigen.

Für den Zeitraum 2000 bis 2010 ergibt die Arbeit eines britischen Forscherteams (British Journal of Cancer (2014), dass kein Risiko vorhanden ist.

Welche direkten Wirkungen üben elektrische und magnetische Felder auf den menschlichen Körper aus?

Elektrische und magnetische Felder verursachen im Inneren des Körpers elektrische Feldstärken, welche bei vielfacher Überschreitung der ICNIRP Grenzwerte eine Reizung von Sinnes-, Nerven- und Muskelzellen bewirken können.

Diese Reizeffekte, die nur bei Exposition weit über den Grenzwerten auftreten, können zur Beeinflussung von verschiedenen körperlichen Werten führen, von der Beeinflussung der Pulsfrequenz und Tagesrhythmik (innere Uhr) bis zu Änderungen von Blutstrukturen. Bei hohen magnetischen Flussdichten von mehr als 5.000 μT (bei einer Frequenz von 50 Hz), das ist das 25-fache des ICNIRP Grenzwertes, können durch die induzierten elektrischen Feldstärken Leuchterscheinungen im Blickfeld, so genannte „Magnetophosphene“, auftreten. Diese verschwinden aber nach dem Beenden der Feldeinwirkung sofort ohne Nachwirkungen und haben keine gesundheitlichen Auswirkungen. Starke elektrische 50-Hz-Felder können an der Körperoberfläche leichte Vibrationen der Körperhaare erzeugen, die – je nach Empfindlichkeit der Personen – ab einer elektrischen Feldstärke von mehr als etwa 10 kV/m spürbar sein können. Einzelne Personen nehmen diesen Effekt bereits ab 2 kV/m wahr. Die Haarvibration wird wahrgenommen, ist aber unschädlich.

Welche biologischen Wirkungen wurden an Zellkulturen festgestellt?

Laborversuche mit im Alltag auftretenden Feldstärken führten in keinem Fall zu Ergebnissen, die auf eine Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit hinweisen. Selbst bei weit höheren Feldstärken sind die Veränderungen physiologischer Kennwerte nur

an der Zahl der weißen Blutkörperchen festzustellen, wie sie auch durch Ereignisse im täglichen Leben verursacht werden – z. B. erhöht sich der Wert durch eine gute Mahlzeit. Bei höheren Feldstärken sind die Ergebnisse von Forschungsarbeiten an Zellkulturen insgesamt widersprüchlich – oft selbst innerhalb einer Versuchsreihe. Die Auswirkungen von Feldern, die in Versuchen mit Zellkulturen festgestellt wurden, konnten bei Untersuchungen an Menschen



nicht beobachtet werden, was darauf zurückgeführt wird, dass im Gesamtorganismus Reparatur- und Regelmechanismen wirksam sind.

Welche biologischen Wirkungen wurden bei Tierversuchen festgestellt?

In Laborversuchen mit Kleintieren wie z. B. mit Hühnern, Ratten und Mäusen, hat man einander widersprechende Ergebnisse erhalten. Es zeigen sich jedoch insgesamt keine signifikanten Hinweise auf Effekte durch elektrische oder magnetische Felder. Wie bei anderen wissenschaftlichen Methoden gelten auch für Tierversuche oft unterschiedliche Versuchsbedingungen und feldfremde Einflüsse als Ursache für die widersprüchlichen Ergebnisse. Bei allen Tierversuchen ist zu beachten, dass eine allgemeine Aussagekraft der Ergebnisse – unabhängig davon, ob sie Effekte ergeben oder nicht – wegen

der fraglichen Übertragbarkeit auf den Menschen umstritten ist.

Wirken sich elektrische und magnetische Felder auf Wohlbefinden oder Konzentrationsfähigkeit aus?

Auswirkungen von niederfrequenten Feldern auf das Wohlbefinden oder die Konzentrationsfähigkeit beim Menschen konnten bei wissenschaftlichen Versuchen nicht beobachtet werden.

Beeinflussen elektrische und magnetische Felder den Schlaf?

Das Wissenschaftsprojekt NEMESIS (Niederfrequente elektrische und magnetische Felder und Elektrosensibilität in der Schweiz, Mueller CH, Krueger H, Schierz C. in Bioelectromagnetics.



2002 Oct;23(7):553-4; discussion 555) untersuchte 1999 bis 2002 die persönliche Beurteilung der Schlafqualität in Abhängigkeit von der Exposition: In den Versuchsbetten wurden Systeme zur Erzeugung elektrischer und magnetischer Felder eingebaut. Die 63 Versuchspersonen, die sich größtenteils selbst als „elektrosensibel“ bezeichneten, wussten während der Versuchsreihe nicht, in welchen der 25 Projekt-Nächte sie tatsächlich schwachen elektrischen und magnetischen Feldern ausgesetzt waren (dabei betrug die elektrische Feldstärke 160 V/m und

die magnetische Flussdichte 2,2 μT). Die statistische Auswertung der Fragebögen ergab für die einzelnen Personen keine vom Zufallsprinzip abweichende Trefferquote. Bei Auswertung der Angaben der gesamten Gruppe ergab sich insgesamt eine erhöhte „Fehlertrefferquote“, d. h. innerhalb der gesamten Gruppe wurde überdurchschnittlich häufig das Vorhandensein eines Feldes in der Nacht angegeben, obwohl kein Feld aktiviert war. Die Autoren berichten des Weiteren, wenn man die Gruppe der Versuchspersonen insgesamt betrachtet, dass für die Nächte, in denen ein Feld aktiviert war, mehrheitlich bessere Schlafqualität angegeben wurde. Dieses Projekt bestätigte außerdem, dass die Elektrosensibilität von einzelnen Personen wissenschaftlich nicht feststellbar ist.

Felder von Hausinstallationen verursachen keine Gesundheitsschäden.

Warum sprechen Baubiologen, manchmal auch Ärzte, von „gefährlichen Belastungen“, obwohl diese – wissenschaftlich gesehen – nicht existieren?

Manchmal werden elektrische und magnetische Felder auch als „Elektrosmog“ bezeichnet. Das suggeriert ganz allgemein eine Gesundheitsgefährdung. In der Begründung dieser „gefährlichen Belastungen“ bezieht man sich häufig auf Fallbeispiele, in denen verschiedenste gesundheitliche Beschwerden nach Beseitigung des „Elektrosmogs“ nicht mehr auftraten. Die Dokumentation der Fälle bzw. die Schlüsse, die daraus gezogen werden, entbehren jedoch jeder wissenschaftlichen Grundlage. Die empfohlenen Maßnahmen sind meist mit entsprechenden Kosten verbunden: So werden beispielsweise „Netzfreeschalter“ oder „Feldfreeschaltautomaten“ unter verschiedenen Bezeichnungen empfohlen und angeboten. Von einem Netzfreeschalter werden in einem Stromkreis nach Abschaltung des letzten Verbrauchers die nunmehr unbelasteten

Installationsleitungen automatisch abgeschaltet und anschließend mit einer geringen Gleichspannung überwacht. Wird ein Elektrogerät eingeschaltet, so setzt dieser Schalter die Leitung bestimmungsgemäß wieder unter Spannung. Damit soll erreicht werden, dass speziell in der Nacht von den unbelasteten Leitungen keine elektrischen Wechselfelder ausgehen. Die ohnedies sehr geringen elektrischen Felder, die von der Hausinstallation verursacht werden, haben allerdings keine biologischen Wirkungen.

Forschungsergebnisse fließen laufend in die internationalen Grenzwertfestsetzungen ein.

Welches Risiko besteht für schwangere Frauen bei einer Exposition gegenüber elektrischen oder magnetischen 50-Hz-Feldern?

Keine der bisher durchgeführten Studien bietet einen grundlegenden Hinweis auf ein erhöhtes Risiko unterhalb der Referenzwerte für die Allgemeinbevölkerung gemäß ICNIRP.

Wird von der Weltgesundheits-Organisation das Thema weiter untersucht?

Ja. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) betreibt seit mehr als 20 Jahren ein internationales Forschungsprojekt mit dem Ziel, die noch vorhandenen Wissenslücken laufend zu schließen. Die dafür notwendigen Einzelforschungen werden einer strengen, systematischen Kontrolle und Bewertung unterworfen. Auf diese Weise werden Vergleichbarkeit und Aussagekraft wissenschaftlich gewährleistet (<http://www.who.int/peh-emf/en/>).

Was geschieht, wenn sich in weiteren Studien neue Erkenntnisse über gesundheitliche Auswirkungen elektrischer und magnetischer Felder ergeben sollten?

Sollten sich aus gesicherten Erkenntnissen neue Gesichtspunkte ergeben, wird die Öffentlichkeit

informiert, Maßnahmen und entsprechende Regelungen würden umgehend getroffen.



Auswirkungen auf Implantate

Wie wirken elektrische und magnetische Felder auf Herzschrittmacher?

Magnetische Felder können mitunter die Funktion von implantierten Herzschrittmachern beeinflussen, sodass auch unterhalb der Grenzwerte, die für die allgemeine Bevölkerung bestehen, eine Beeinträchtigung der Funktion nicht ausgeschlossen werden kann. Aufgrund der verschiedenen Bau- und Anwendungsformen von Herzschrittmachern, ihrer entsprechenden Störerkennungsprinzipien und der sehr unterschiedlichen Empfindlichkeit gegenüber Störsignalen ist es im Einzelfall recht schwierig vorzusagen, ob und wie Funktionsbeeinträchtigungen auftreten könnten. Es ist üblich, dass Patienten, denen ein Herzschrittmacher implantiert wird, vom Arzt hinsichtlich ihres Verhaltens entsprechend beraten werden. Aktuelle Erkenntnisse wurden 2015 in Deutschland vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Forschungsbericht 451 „Elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz, Sicherheit von Beschäftigten mit aktiven und passiven Körperhilfsmitteln bei Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern“ zusammengefasst veröffentlicht.

Gibt es für implantierte Herzschrittmacher und Defibrillatoren spezielle Grenzwerte?

In verbindlicher Form gibt es solche Grenzwerte nicht. Die für Störungen von Herzschrittmachern beobachteten Schwellenwerte der magnetischen Flussdichte liegen – je nach Modell und Anordnung der Stimulationselektroden im Körper – bei 100 μT (50 Hz). Unter Berücksichtigung der starken Inhomogenität der Magnetfelder, der kleinen Induktionsschleifen und der als Folge der technischen Entwicklung immer geringeren Stömpfindlichkeit von Herzschrittmachern besteht im Alltag nur eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für eine Funktionsbeeinträchtigung. Der Schwellenwert für die elektrische Feldstärke liegt bei 7 kV/m (also über dem Referenzwert gemäß ICNIRP 2010 und OVE Richtlinie R 23-1). In der Europannorm ÖVE/ÖNORM EN 45502 sind grundsätzliche Anforderungen an die Sicherheit

dieser Geräte enthalten. In Österreich implantierte Herzschrittmacher entsprechen in der Regel dieser Norm. Für die Arbeitsplatzevaluierung im Fall von Arbeitnehmer/innen mit einem Herzschrittmacher oder einem elektronischen Implantat sind die Normen OVE EN 50527-1 sowie OVE EN 50527-2 anzuwenden.



Umgang der österreichischen Netz- und Kraftwerksbetreiber mit dem Thema elektrische und magnetische Felder

Die Elektrizitätsversorgung stellt einen wesentlichen Faktor des menschlichen Lebens und der Wirtschaft dar. Zur Sicherung derselben sind ein entsprechender Ausbau und die Instandhaltung der elektrischen Übertragungs- und Verteilernetze notwendig. Dabei legen die österreichischen Netzbetreiber besonderen Wert auf den Schutz der Gesundheit und die Erhaltung der Umwelt.

Im Rahmen ihrer Verantwortung orientieren sich die Netz- und Kraftwerksbetreiber laufend am aktuellen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Thema Gesundheit und elektromagnetische Felder und errichten und betreiben ihre Anlagen entsprechend den einschlägigen Normen. Die dort angeführten Grenzwerte leiten sich aus wissenschaftlich gesicherten Erkenntnissen ab.

Die österreichischen Netz- und Kraftwerksbetreiber beobachten laufend die internationalen Entwicklungen im Bereich der 50-Hz-Felder.

Über diese Maßnahmen hinaus fördern die Netz- und Kraftwerksbetreiber die wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiet der elektromagnetischen Felder (Literaturrecherchen, Grundlagenforschung), führen Messungen vor Ort durch, beraten und informieren.

Ein eigener Arbeitskreis bei Österreichs Energie befasst sich mit allen Fragen rund um die Wirkungen der elektrischen und magnetischen Felder. Ziel dieser Tätigkeiten ist es vor allem, die wissenschaftlichen Ergebnisse zu berücksichtigen und diese in allgemein verständliche Informationen umzusetzen. Weiters obliegt diesem Arbeitskreis die Koordination von spezifischen Forschungsaufträgen, die im Auftrag der Elektrizitätswirtschaft durchgeführt werden.



Viele Netzbetreiber bieten für Anrainer von Leitungen und Netz- oder Kraftwerksanlagen eine Messung bzw. eine Analyse der Expositionssituation an und geben weitere Auskünfte.

Weiterführende Informationen und Literatur

Wissenschaftliche Literatur

International Commission For Non Ionizing Radiation Protection ICNIRP (2010): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz).

<https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPLFgdl.pdf>

International Commission For Non Ionizing Radiation Protection ICNIRP (1998): Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic Fields and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz).

<https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>

Internet Plattform EMF-portal of the RWTH Aachen University (EMF-Portal).

<http://www.emf-portal.org/en>

Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR) (2015): SCENIHR opinion on potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF).

http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf

World Health Organization (2007): Environmental Health Criteria No.238- Extremely Low Frequency Fields.

http://www.who.int/peh-emf/publications/Complet_DEC_2007.pdf

Richtlinien, Verordnungen, Empfehlungen, technische Standards

World Health Organization: Electromagnetic fields (EMF) – Standards and Guidelines.

<https://www.who.int/peh-emf/standards/en/>

European Union (1999): Council recommendation 1999/519/EC on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz).

<http://data.europa.eu/eli/reco/1999/519/oj>

European Union (2013): Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 29 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields).

<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2013/35/oj>

OVE-Richtlinie R 23-1 Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz Teil 1: Begrenzung der Exposition von Personen der Allgemeinbevölkerung.

<https://www.austrian-standards.at/>

VEMF: Verordnung des Bundesministers für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz über den Schutz der Arbeitnehmer/innen vor der Einwirkung durch elektromagnetische Felder (Verordnung elektromagnetische Felder – VEMF)

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009590>

OVE EN 50527-1 Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten (AIMD) gegenüber elektromagnetischen Feldern - Teil 1: Allgemeine Festlegungen

<https://www.austrian-standards.at/>

Allgemeine Informationen über elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder

Elektromagnetische Felder im Alltag – Aktuelle Informationen über Quellen, Einsatz und Wirkungen
4. Ausgabe 2020

[https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000005?SID=1121594092&ACTIONxSESSxSHOWPIC\(BILDxKEY:%27lfu_mf_00006%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27\)](https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000005?SID=1121594092&ACTIONxSESSxSHOWPIC(BILDxKEY:%27lfu_mf_00006%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27))

WHO EMF-Project

https://www.who.int/health-topics/electromagnetic-fields#tab=tab_1

WHO Fact Sheet No.322): Electromagnetic fields and public health. Exposure to extremely low frequency fields.

<https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322/en/>

WHO Fact sheet 296: Elektromagnetische Felder und öffentliche Gesundheit Elektromagnetische Hypersensitivität (Elektrosensibilität)

https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/ehs_fs_296_german.pdf?ua=1

Magnetische Felder und Krebs/Leukämie im Kindesalter

Childhood Leukemia Not Linked with ELF Magnetic Fields, Journal of Electromagnetic Analysis and Applications, 2014, 6, 174-183 Published Online June 2014 in SciRes

https://www.scirp.org/pdf/JE-MAA_2014062514011122.pdf

International Agency for Research on Cancer (IARC) (2002), IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 80-Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields
<https://publications.iarc.fr/98>

Residential distance at birth from overhead high-voltage powerlines: childhood cancer risk in Britain 1962–2008

<https://www.nature.com/articles/bjc201415.pdf>

Sachwortverzeichnis

A		H	
Abschirmung	13, 17	Haarvibration	17, 26
B		Haushaltsgeräte	4, 9, 11, 17
Basisgrenzwert	12	Herzschrittmacher	13, 29
D		Herzstromkurve	21
Defibrillator	13, 29	hochfrequente elektromagnetische Wellen	21
direkten Wirkungen	26	Hochspannungsleitungen	9, 17, 19, 20
Drehstrom	15	Hypersensitivity	13
E		I	
EEG	21	IARC (Internationale Krebsforschungsagentur)	22
EKG	21	ICNIRP-Richtlinien	12, 18, 22
elektrische Felder	4, 6, 7, 8, 9, 12, 17	Internetlinks	13, 28, 31, 32
elektrische Feldstärke	6, 7, 8, 9, 10, 12, 18, 26, 27, 29, 33	K	
Elektroenzephalogramm	21	Kabel	11, 14, 15
Elektrokardiogramm	21	Kohortenstudie	24, 25
elektromagnetische Felder	4, 5, 8, 12, 17, 22, 30, 31	Kompensation des Magnetfeldes	18
elektromagnetische Wellen	21	Krebsrisiko	13, 22
Elektrosensibilität	13, 27, 32	L	
Elektrosmog	5, 27	Laboruntersuchungen	23
EMF-Project	3, 13, 22, 32	Lastgänge	18
epidemiologische Studie	21	Leistung	13, 15, 18
Erdseile	20	Literatur	30, 31
F		M	
Fall-Kontrollstudien	25	Magnetfeld	5, 8, 10, 11, 17, 18, 29
Feldlinien	6, 7	Magnetische Felder	4, 5, 8, 12, 14, 17, 18, 19, 22, 23, 26, 27, 29, 31
Forschungsergebnisse	3, 13, 19, 23, 28	Magnetische Flussdichte unter Hochspannungsfreileitungen	10
G		Magnetosphäre	17, 26
Gehirntumore	25	Messgeräte	18
Geräusche	16, 19	Mikrotesla μT	7
Gleichstrom	7, 15	Mittelspannungsbereich	10, 14, 16
Grenzwerte	2, 3, 8, 9, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 29		

N		T	
Natürliche elektrische Felder	4, 8	Tesla	7, 15
Natürliche magnetische Felder	4, 8	Tiere	20, 21, 23, 24, 26
NEMESIS	27	Transformator	9, 11, 13, 16
Niederspannung	10, 11, 14, 16	U	
O		Übertragungsleitungen	14
ÖNORM	29	V	
OVE-Richtlinie R 23	12, 18, 31	Volt pro Meter (V/m)	6
Ozon	20	Verbundbetrieb	14
P		Verluste	16
Physiologischer Reiz	12	W	
Pflanzen	6, 20	Wechselspannung	5, 6, 7, 16
R		Wechselstrom	7, 15, 16
Referenzwerte	12, 28	Wertheimer und Leeper	21
Reizschwelle	12	WHO	3, 13, 20, 22, 23, 25, 28, 31, 32
Reizungen	17	Z	
Röntgenstrahlen	21	Zellkulturen	21, 23, 24, 26
S			
Schlafqualität	27		
Spannungsebenen	11, 16		
Stömpfindlichkeit	29		
Smart Meter	19		

Impressum

Eigentümer und Herausgeber: Österreichs E-Wirtschaft, Brahmplatz 3, 1040 Wien
Tel +43 1 501 98-0 | Fax +43 1 501 98-900
info@oesterreichsenergie.at | www.oesterreichsenergie.at

Fotocredits: Seite 7: Bilderbox; Seite 12: Katrin Friedl; Seite 16: Energie AG Oberösterreich; Seite 20: Fotolia/WavebreakmediaMicro; Seite 21: Verbund/Petra Spiola; Seite 22: Fotolia/rustle 69; Seite 24: Oesterreichs Energie/cupix; Seite 25: Fotolia/Sergey Nivens; Seite 26: Oesterreichs Energie/Regina Hügli; Seite 27: Fotolia/st-fotograf; Seite 28: Fotolia/sodok1; Seite 29: Fotolia/Ermolaev Alexandr; Seite 30: Fotolia/beerkoff; Seite 31: illwerke vkw AG

Trotz sorgfältiger Prüfung wird keine Gewähr für die inhaltliche Richtigkeit übernommen.
Außer für Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit ist jegliche Haftung von Herausgeber und Medieninhaber aus dem Inhalt dieses Werks ausgeschlossen. Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt.
Letzte Änderungen vom 06.04.2022

Alle Rechte vorbehalten. © 2020