Elektrische und magnetische Felder

Strom im Alltag

Ausgabe 2026



Forschungsstelle für Elektropathologie

Elektrische und magnetische Felder

Strom im Alltag

Ausgabe 2026

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Herausgeber und Bezug über:
Forschungsstelle für Elektropathologie
Wilhelm-Hoegner-Str. 3
95679 Waldershof
www. ffe-emf.de

4. aktualisierte Auflage 2026

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung der Texte und Bilder, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Zustimmung der Forschungsstelle für Elektropathologie urheberrechtswidrig und strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in Seminarunterlagen und elektronischen Systemen.

Wir bitten um Verständnis, dass ausschließlich aus Gründen der besseren Lesbarkeit für diese Broschüre die männlichen Bezeichnungen gewählt wurden. Selbstverständlich beziehen sich diese auf alle Geschlechter in gleicher Weise.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Inhalt

Vorwort ... **4**

1 Elektrische und magnetische Felder ... **5**

Was ist ein Feld? ... 5
Natürliche Felder ... 6
Technische Felder ... 7
Niederfrequente Felder ... 9

2 Felder bei der Stromversorgung ... **11**

Allgemeines zu elektrischen und magnetischen Feldern ... 17
Felder im Bereich von Freileitungen ... 17
Felder im Bereich von Kabeln ... 19
Felder im Bereich von Umspannanlagen ... 20
Felder im Bereich von Ortsnetzumspannstationen ... 21
Felder im häuslichen Bereich ... 21
Anwendungen im Alltag mit Feldern höherer Frequenzen ... 23
Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder in Kraftfahrzeugen ... 24

3 Wirkungen von Feldern auf den Menschen ... **26**

Fragestellung ... 26
Eindringen elektrischer und magnetischer Felder in den menschlichen Körper ... 26
Wirkungen äußerer elektrischer und magnetischer Felder im Körperinneren ... 27
Der Mensch in elektrischen und magnetischen Feldern des Alltags ... 29
Wahrnehmung elektrischer Felder durch Sinnesrezeptoren in der Haut ... 30
Beeinflussung von Implantaten im Körper ... 30

4 Stand der Forschung ... **32**

Forschungsansätze ... 32
Können magnetische Felder Krebs verursachen? ... 32
Epidemiologische Untersuchungen ... 34
Beurteilungen durch Institutionen ... 37

5 Richtwerte – Grenzwerte – Anforderungen ... **40**

Anforderungen für die Öffentlichkeit/Allgemeinbevölkerung ... 41
Anforderungen zum Schutz von Beschäftigten ... 43

6 Glossar ... **45**

7 Weiterführende Literatur ... **48**

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Vorwort

Wohl niemand wird ernsthaft bestreiten wollen, dass Strom ein nicht wegzudenkender Teil unseres modernen Lebens ist. Keine andere Energie ist so universell einsetzbar und kaum etwas ist uns im alltäglichen Leben so selbstverständlich wie die Zuverlässigkeit der Stromversorgung.

Wann haben Sie zum letzten Mal darüber nachgedacht, wie der Strom „in die Steckdose" kommt? Welche Infrastruktur dahintersteht, Strom überall und jederzeit verfügbar zu halten? Vielleicht, als Sie Schlagzeilen wie diese gelesen haben: „Smog aus der Steckdose", „Krank durch Strom", „Experten raten: Keine Panik", „Leben im Elektroland", „Nur Schall und Rauch oder ernstes Risiko?" – Strom ist zum Medienthema geworden. Genauer: die elektrischen und magnetischen Felder, die naturgesetzlich mit Erzeugung, Transport, Verteilung und Nutzung von Strom verbunden sind. Gerade durch die jetzige Neuorientierung bei der elektrischen Energieerzeugung, insbesondere der vermehrten Windkraftnutzung in den Küstenregionen, Offshore und Onshore sowie Photovoltaik-Parks und andere regenerative Erzeugungsanlagen, wird elektrische Energie in zunehmend größerer Entfernung zum Verbraucher erzeugt. Für den verlässlichen Transport und die Verteilung ist damit der Neu- und Ausbau von mehreren tausend Kilometern Hoch- und Höchstspannungsleitungen eine Notwendigkeit und bringt das Thema „elektrische und magnetische Felder" in verstärktem Umfang in die Öffentlichkeit.

Wenn die öffentliche Diskussion ein Thema entdeckt, ist nicht gesichert, dass dem Informationsbedürfnis der Bevölkerung auch ausreichend entsprochen wird. Wo nur die „Story" oder der spektakuläre „Fall" interessieren, bleibt die Sachinformation oft auf der Strecke. Diese Broschüre hakt genau an diesem Punkt ein: Sie soll sachliche Information liefern sowie Hintergründe und Zusammenhänge deutlich machen.

Dabei beschränken wir uns bewusst auf die niederfrequenten Felder der allgemeinen Stromversorgung, von denen wir ständig in unserem Alltag umgeben sind. Damit soll auch deutlich werden: Feld ist nicht gleich Feld. Die niederfrequenten Felder der allgemeinen Stromversorgung verhalten sich anders als die hochfrequenten Felder von Radio- und Fernseh- oder Mobilfunksendern. Solche Unterscheidungen sind sehr wichtig, wenn man wirklich beurteilen will, wo die Forschung heute steht, welche Fragen bereits beantwortet sind und welche noch untersucht werden.

Es ist keine einfache Aufgabe, den derzeitigen Kenntnisstand über mögliche Wirkungen elektrischer und magnetischer Felder in unserem Alltag so zusammenzufassen, dass der interessierte Laie wie etwa der Nicht-Physiker oder Nicht-Mediziner damit etwas anfangen kann. Die Materie ist kompliziert, die zum Verständnis erforderlichen Grundkenntnisse sind vielseitig. „Die Wahrheit ist selten rein und niemals einfach", fand der Schriftsteller Oscar Wilde vor mehr als 100 Jahren. Für Fragen wie „Gefährden elektrische und magnetische Felder unsere Gesundheit?" ist dies unbedingt beachtenswert.

Die Forschungsstelle für Elektropathologie fördert seit Jahrzehnten Studien, in denen mögliche Wirkungen elektrischer und magnetischer Felder umfassend und unvoreingenommen untersucht werden, um erforderlichenfalls Hinweise auf Gegenmaßnahmen für Betreiber elektrischer Anlagen und Geräte geben zu können. Nur wissenschaftliche Forschung kann uns hier weiterbringen – gleichgültig, wie die Ergebnisse schließlich aussehen. Was wir brauchen, ist eine sachliche Information der Bevölkerung, die Ängste ernst nimmt, aber auch zeigt, dass Ängste nicht mit Erkenntnissen verwechselt werden dürfen. Dazu will diese Broschüre beitragen.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

1 Elektrische und magnetische Felder

Die Begriffe „elektrisches Feld“ und „magnetisches Feld“ sind zwar wissenschaftlich präzise zu fassen, trotzdem auch für Wissenschaftler häufig nicht anschaulich. Mit dem Begriff eines Feldes werden wissenschaftlich bestimmte Krafterscheinungen im Raum beschrieben, und letztlich kennt jeder solche Kräfte. Im Schwerefeld der Erde fallen Gegenstände nach unten, im Magnetfeld der Erde richten sich Kompassnadeln aus, und nach dem Duschen lassen sich Haare manchmal schlecht frisieren, wenn sie sich beim Föhnen elektrisch aufladen: Ihre Aufladung bewirkt ein elektrisches Feld, durch das sich die Haare gegenseitig abstoßen.

Der Begriff des elektrischen und magnetischen Feldes ist dennoch so unanschaulich und abstrakt, weil der Mensch diese Felder in den allermeisten Situationen nicht mit den eigenen Sinnesorganen wahrnehmen kann. Nur das Licht und die Wärmestrahlung sind als elektromagnetische Strahlung über das Auge und die Haut unmittelbar wahrnehmbar und bilden insofern eine Ausnahme. Gerade im Bereich der Elektrizitätsversorgung spürt der Mensch i. d. R. nichts von den anwesenden Feldern, man kann sie nur mit Messgeräten nachweisen. In sehr seltenen Fällen können durch hohe elektrische Feldstärken Aufladungen oder Entladungserscheinungen wahrgenommen werden, welche unangenehm sein können, aber ungefährlich sind.

Einen guten Teil ihrer Brisanz gewinnt die Diskussion um mögliche Auswirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder gerade daraus, dass solche Felder normalerweise nicht spürbar, buchstäblich unfassbar sind.

Was ist ein Feld?

In Physik und Technik wird der Begriff generell dazu benutzt, Zustände und Wirkungen im Raum zu beschreiben. Die eingangs genannten Beispiele bilden hierbei nur eine kleine Auswahl, und man sollte sich zunächst einmal klarmachen, dass es ohne die Kraftwirkung elektrischer und magnetischer Felder den Aufbau von Materie und damit uns selbst als biologische Organismen gar nicht gäbe. Wir bestehen aus Ladungen, und nur die Kraftwirkung zwischen diesen Ladungen in Form des elektrischen Feldes hält uns zusammen. Umgekehrt ist es dann natürlich ein Leichtes, Angst vor elektrischen oder magnetischen Feldern zu schüren durch die Aussage, dass dies dann ja immer einen Einfluss auf uns als biologische Wesen haben müsse. Daher ist eine etwas genauere Analyse der zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten und der Stärke der wirkenden Kräfte hilfreich.

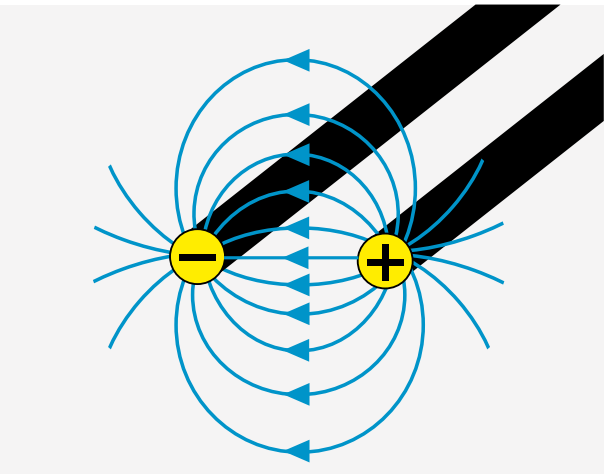


Abb. 1: Elektrische Feldlinien zweier Leiter mit entgegengesetzter Ladung

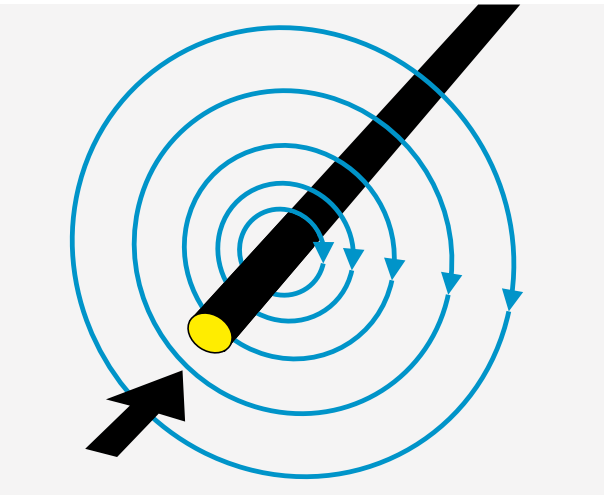


Abb. 2: Magnetische Feldlinien um einen stromdurchflossenen Leiter

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Die erschöpfende Beschreibung für Entstehung und Wirkung solcher Felder findet sich in der Theorie vom Elektromagnetismus, die im 19. Jahrhundert von James Clerk Maxwell (1831–1879) entwickelt und mit den so genannten Maxwellschen Gleichungen vollständig dargestellt wurde. Die Theorie geht von der experimentellen Beobachtung aus, dass zwischen elektrischen Ladungen eine Kraft wirkt, also Ladungen sich gegenseitig beeinflussen. Maxwells Gleichungen, die elektrische und magnetische Erscheinungen miteinander verknüpfen, ermöglichen eine genaue Bestimmung der Stärke und Richtung dieser Kraft.

Es gibt zwei Formen dieser Kraft. Die elektrostatische Kraft geht von ruhenden elektrischen Ladungen aus. Die magnetische Kraft tritt u. a. auf, wenn sich Ladungen bewegen, typischerweise in einem Kupferkabel für die Energie- oder Nachrichtenübertragung (siehe Abb. 2). Zur Beschreibung dieser Kräfte und ihrer räumlichen Verteilung haben Physiker und Mathematiker den Begriff „Feld“ geprägt. Sie sprechen allgemein von Kraftfeldern oder im Speziellen von elektrischen und magnetischen Feldern.

Felder können mithilfe der schematischen Darstellung ihrer Kraftlinien anschaulich gemacht werden. An jedem beliebigen Punkt im Raum wird dadurch die Richtung der Kraft erkennbar, die auf eine Ladung an diesem Punkt wirkt (siehe Abb. 1).

Magnetische Feldlinien weisen in die Richtung, in die unter ihrem Einfluss ein kleiner Magnet (wie eine Kompassnadel, siehe Abb. 3) ausgerichtet wird. Die Dichte der Feldlinien ist ein Maß für die Kraft.

Natürliche Felder

Elektrische und magnetische Felder sind keine Erfindung des Menschen. Das von der Kompasswirkung her bekannte Erdmagnetfeld und das elektrische Feld bei Gewittern sind allgemein bekannte Beispiele für natürliche Felder, die seit jeher Bestandteil der Umwelt des Menschen sind. In ihren Eigenschaften unterscheiden sie sich allerdings von den meisten technischen Feldern. Das Erdmagnetfeld ist ein nahezu konstantes Gleichfeld. Es ändert seine Stärke und Richtung nur geringfügig, in Abhängigkeit von Ort, Tages- und Jahreszeit. In Deutschland liegt seine durchschnittliche Feldstärke bei 36 Ampere pro Meter (A/m) entsprechend einer magnetischen Flussdichte von ca. 50 Mikrotesla (µT) (zu den Maßeinheiten siehe auch das Glossar auf Seite 47).

An der Erdoberfläche existiert zudem ein natürliches elektrisches Gleichfeld. Sein Ursprung liegt in den Aufladungen, d. h. der großräumigen Ladungstrennung in Gewitterwolken. Bei nachfolgenden Blitzentladungen zur Erde (siehe Abb. 5) verbleibt ein Ladungsanteil in der Wolke, in der Summe aller Gewitteraktivitäten lädt sich damit die gesamte Atmosphäre gegenüber der Erdoberfläche auf. Das sogenannte „Schönwetterfeld“ als elektrisches Gleichfeld ist das Resultat, das darüber hinaus auch durch die ionisierende Wirkung kosmischer Strahlung auf höhere Luftschichten (Ionosphäre) sowie den Luftbewegungen in der Atmosphäre beeinflusst wird (siehe Abb. 4). Dieses Feld besteht also zwischen den Gegenpolen Ionosphäre und Erde und erreicht bei normalen Wetterbedingungen bis zu 0,5 Kilovolt pro Meter (kV/m). Unter einer Gewitterwolke über ebenem Gelände kann dieses natürliche Gleichfeld auf bis zu 20 kV/m anwachsen (und dann durchaus spürbar werden, weil sich z. B. die Haare dann genauso gegenseitig abstoßen, wie es beim Föhnen der Haare passieren kann). Über Bodenerhebungen, an den Spitzen hoher Bäume oder an Turmspitzen können sogar noch weit höhere Werte auftreten.



Abb. 3: Orientierungshilfe Magnetkompass: Ein horizontal beweglicher Magnet richtet sich unter dem Einfluss des Erdmagnetfeldes auf den Nordpol aus.

Seeleute kennen seit Jahrhunderten ein daraus entstehendes, lange Zeit rätselhaftes Phänomen: das Elmsfeuer, eine Leuchterscheinung an den Mastspitzen ihrer Schiffe. Ursache des Elmsfeuers ist eine hohe, luftelektrische Spannung, wie sie sich eben bei gewittrigen Wetterlagen einstellt.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

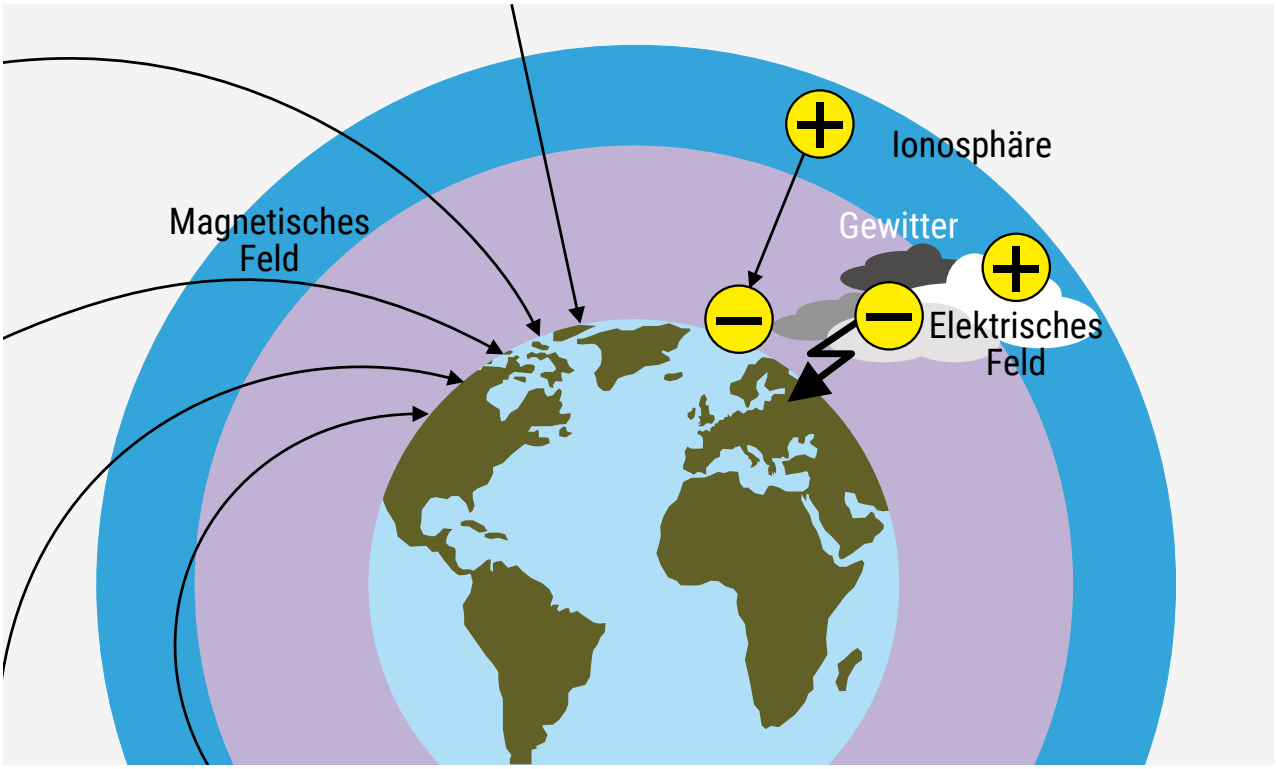


Abb. 4: Elektrische und magnetische Felder sind seit jeher Bestandteil unserer natürlichen Umwelt.



Abb. 5: Blitz und Donner – elektrische Entladungen aus einer Gewitterwolke

Technische Felder

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts hat die vielfältige Nutzung elektrischer Energie technische Felder – neben den natürlichen Feldern – zu einem fast allgegenwärtigen Bestandteil unserer Umwelt gemacht. Ihre immer breitere Nutzung und Anwendung haben letztlich die technisierte Welt mit ihrem hohen Lebensstandard ermöglicht. Nach der sogenannten 1. Industriellen Revolution mit der Erfindung der Dampfmaschine war die weitere Entwicklung hauptsächlich elektrotechnisch geprägt (elektrische Beleuchtung und elektrischer Antrieb, elektrische Nachrichtenübertragung zuerst über Kabel und dann auch über Funk, Computer, Internet, Diagnostik und Therapie in der Medizin etc.). Weil technische Systeme zumeist Wechselspannungen und Wechselströme nutzen, ändern auch die dazugehörigen Felder periodisch Richtung und Stärke.

Die Anzahl der periodischen Schwingungen pro Sekunde, die Frequenz, wird in der Einheit Hertz (Hz) gemessen. In Europa beträgt die Frequenz der öffentlichen Stromversorgung 50 Hz (das Netz der Deutschen Bahn verwendet 16,7 Hz), in Nordamerika, Teilen von Japan und in einigen anderen außereuropäischen Ländern 60 Hz.

Es werden jedoch auch elektrische und magnetische Felder mit sehr viel höheren Frequenzen genutzt. Funkwellen zur Übertragung von Rundfunk- und Fernsehprogrammen oder Mikrowellen sind dafür nur einige Beispiele. Das Spektrum der technischen Felder reicht von Gleichfeldern der Frequenz 0 Hz, beispielsweise bei Straßenbahnen, und von den niederfrequenten Feldern der Energietechnik über die

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Funkwellen bis hin zu den höchstfrequenten Röntgen- und Gammastrahlen im Frequenzbereich oberhalb von 10^{15} Hz (1.000.000 GHz) (siehe Abb. 6).

Alle diese Felder, natürliche wie technische, sind Teil des sogenannten elektromagnetischen Spektrums. Das sichtbare Licht der Sonne oder einer Glühbirne gehört ebenso dazu wie die unsichtbare Infrarotstrahlung oder die sehr energiereiche Röntgen- und Gammastrahlung. Der entscheidende Unterschied liegt in der Frequenz. Je höher die Frequenz, desto stärker „verkoppeln" elektrisches und magnetisches Feld und können nicht mehr unabhängig voneinander betrachtet werden. Diese Felder können in Form von elektromagnetischen Wellen durch den Raum transportiert werden, wie beispielsweise beim Radio oder dem Licht. Deshalb ist in diesem Hochfrequenzbereich – aber eben auch nur hier – der Ausdruck „elektromagnetisches Feld" physikalisch zutreffend.

Oberhalb der Frequenz des sichtbaren Lichts kommt zusätzlich ein weiterer physikalischer Effekt ins Spiel: der Quantencharakter des elektromagnetischen Feldes, der ionisierende Wirkungen im Körper erzeugt und deshalb – wann immer möglich – auf ein Minimum reduziert werden muss. Derartige Effekte gibt es im Nieder- und Hochfrequenzbereich bis hin zum Licht prinzipiell nicht, weshalb hier auch zusammenfassend von den nicht-ionisierenden Feldern gesprochen wird.

Viele Stoffe absorbieren einen Teil der Energie von Hochfrequenzfeldern und erwärmen sich dabei. Dieser Effekt wird bei Trockenöfen, Mikrowellenherden und in der medizinischen Therapie genutzt. Bei Arbeiten beispielsweise unmittelbar an Antennenanlagen leistungsstarker Fernseh- oder Rundfunksender muss sichergestellt sein, dass die Monteure gegen unzulässige Erwärmung durch Hochfrequenzfelder geschützt werden.

Niederfrequente Felder, wie sie etwa bei der Elektrizitätsversorgung erzeugt und benötigt werden, haben nur in der unmittelbaren Nähe der spannungs- bzw. stromführenden Leiterseile höhere Werte als die in der natürlichen Umgebung vorhandenen. Sie können getrennt betrachtet werden, weil elektrisches und magnetisches Feld bei der Niederfrequenz voneinander unabhängig sind. Niederfrequenzfelder werden im Gegensatz zu Hochfrequenzfeldern nicht abgestrahlt und müssen bzgl. möglicher biologischer Wirkungen nur im unmittelbaren Bereich um den Stromleiter herum betrachtet werden. Eine nennenswerte Erwärmung im Körper oder schädliche ionisierende Wirkungen werden durch Niederfrequenzfelder aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten nicht verursacht. Nur der zu verhindernde direkte Kontakt zum elektrischen Leiter ist potenziell gefährlich („Stromschlag").







© Forschungsstelle für Elektropathologie 2022

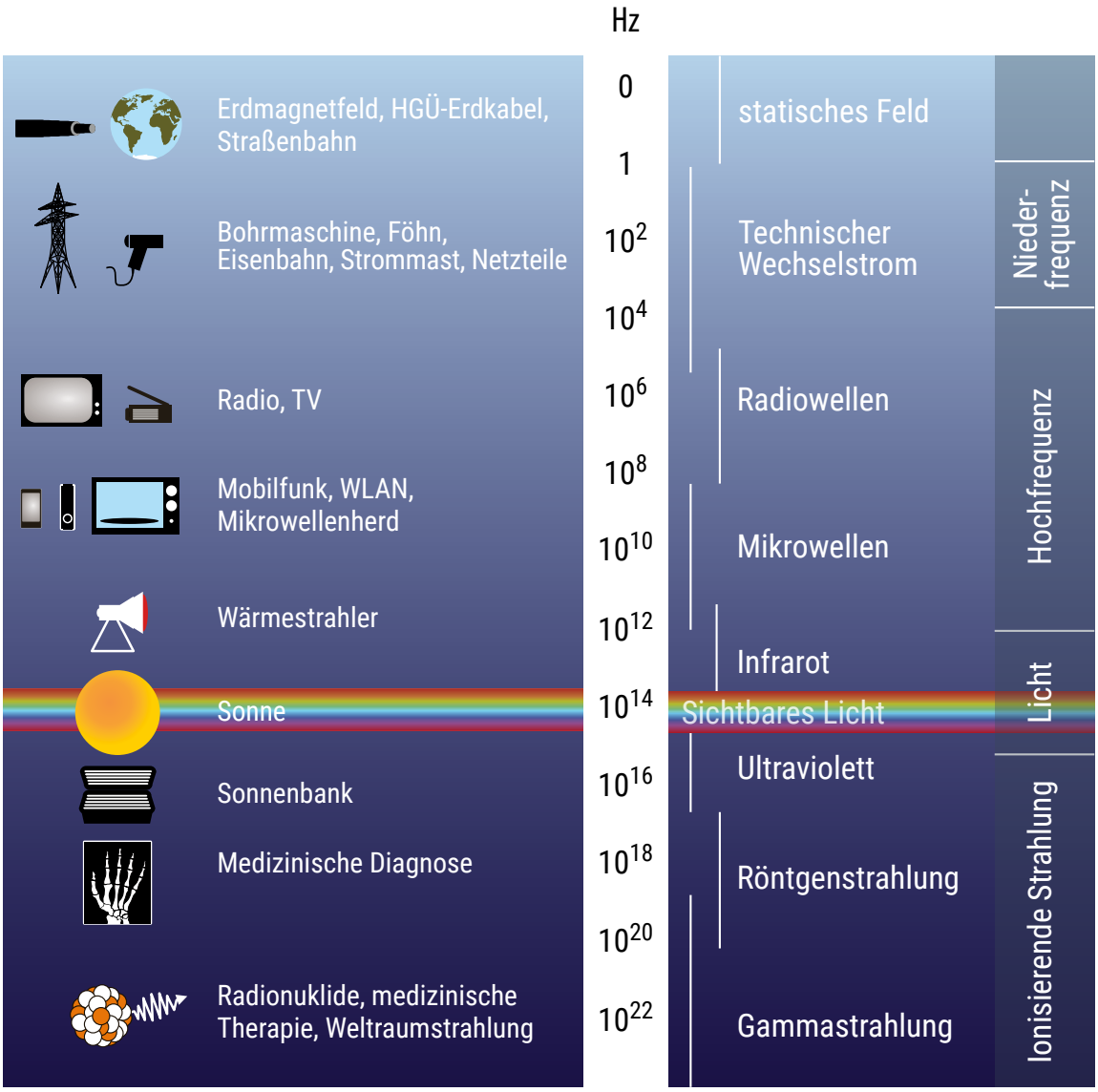


Abb. 6: Darstellung des elektromagnetischen Spektrums. Je nach Frequenz eines Feldes muss seine potenzielle Wirkung auf lebende Organismen sehr unterschiedlich bewertet werden – eine wichtige Unterscheidung, die in der öffentlichen Diskussion um Feldeinwirkungen auf die menschliche Gesundheit nicht immer genügend beachtet wird.

Niederfrequente Felder

Niederfrequente Felder, die bei vielen Anwendungen im Haushalt oder in der Energieversorgung auftreten, haben also andere physikalische Eigenschaften als hochfrequente Felder wie etwa bei Funksendern oder Mobiltelefonen. Die Eigenschaften der niederfrequenten Felder werden im Folgenden näher beschrieben.

Elektrische Felder

Jede elektrische Ladung und damit jeder spannungsführende Leiter ist von einem elektrischen Feld umgeben, dessen Richtung und Stärke mit Feldlinien dargestellt werden kann.

Die elektrischen Feldlinien führen definitionsgemäß von einer positiven zu einer negativen Ladung. Dies ist der Weg, dem eine frei bewegliche Ladung folgen würde. Die Dichte der Feldlinien ist ein Maß für die elektrische Feldstärke *E*. Sie wird in V/m oder kV/m angegeben.

Die Abb. 7 zeigt ein inhomogenes elektrisches Feld: Mit wachsendem Abstand vom Leiter nimmt die Dichte der Feldlinien und damit die Feldstärke ab. In einem homogenen Feld (Abb. 8) ist dagegen die Feldstärke überall gleich.

Leitfähige Gegenstände wie Bäume, Büsche oder Gebäude beeinflussen das elektrische Feld. Das

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Innere eines leitfähigen Gegenstands oder Körpers ist feldfrei (Prinzip des Faraday'schen Käfigs). Eine leitfähige Umhüllung kann also ein elektrisches Feld abschirmen. Die Leitfähigkeit der meisten Baustoffe ist ausreichend, um ein von außen wirkendes elektrisches Feld im Inneren eines Gebäudes auf vernachlässigbar geringe Werte herabzusetzen.

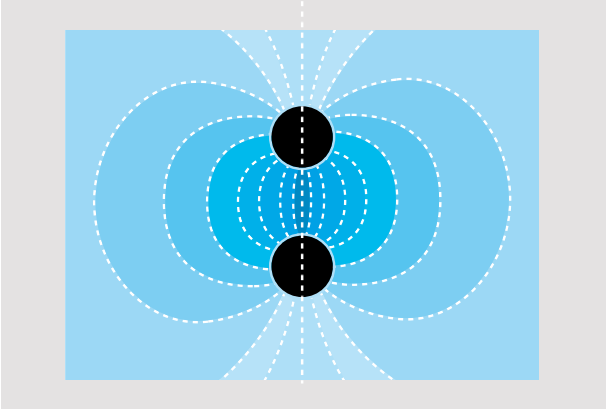


Abb. 7: Inhomogenes elektrisches Feld

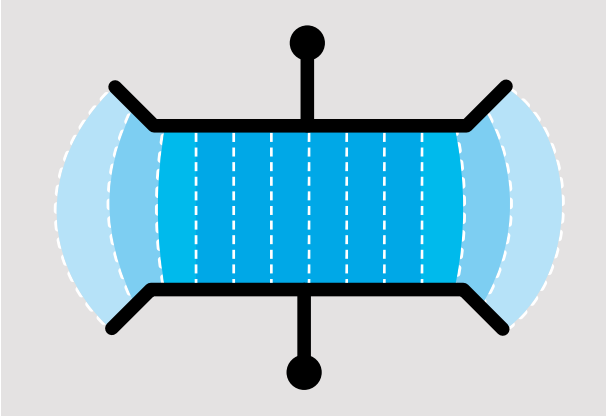


Abb. 8: Homogenes elektrisches Feld

Magnetische Felder

Magnetfelder treten nur bei der Bewegung elektrischer Ladungen auf, also dann, wenn elektrischer Strom fließt. Niederfrequente Magnetfelder durchdringen nahezu unbeeinflusst die meisten Materialien. Eine großräumige Abschirmung ist technisch – wenn überhaupt – nur mit großem Aufwand realisierbar. Trotzdem kann eine starke Reduktion von Magnetfeldern immer durch die Anordnung von Leitern erzielt werden. Befinden sich Hin- und Rückleiter vom Aufenthaltsort her gesehen sehr nahe beieinander, dann kommt es zu einer sehr effektiven Kompensation des magnetischen Feldes: Das Feld des Hinleiters und das des Rückleiters sind aufgrund der gegenläufigen Stromrichtung ebenfalls entgegengesetzt orientiert und heben sich so zum großen Teil auf.

Magnetische Feldlinien sind geschlossene Linien, die in Abb. 9 als Kreise um den stromdurchflossenen Leiter dargestellt sind. Auch hier zeigt die Feldliniendichte die Abnahme der Feldstärke mit zunehmendem Abstand vom Leiter an.

Die Magnetfeldstärke *H* wird in A/m angegeben. Meist wird zur Charakterisierung des Magnetfeldes statt der Feldstärke *H* die Flussdichte *B* mit der Einheit Tesla (T) herangezogen. Da 1 Tesla eine sehr große Maßeinheit ist, sind Teiler wie zum Beispiel Millitesla (mT) oder Mikrotesla (µT) üblich.

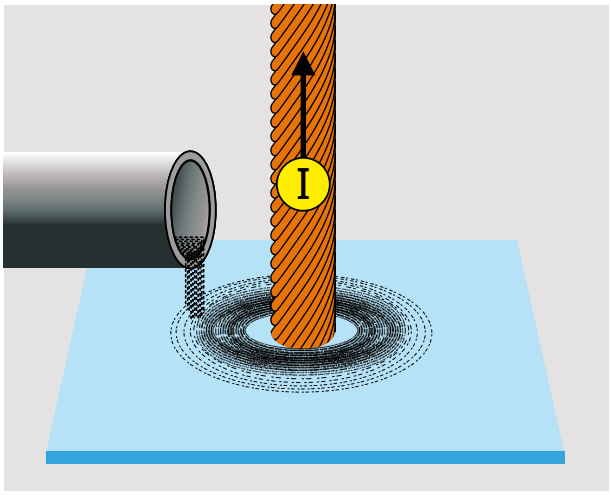


Abb. 9: Fließen elektrische Ladungen (Strom I im Leiter), entsteht immer ein Magnetfeld, hier sichtbar gemacht durch Eisenfeilspäne, die sich entlang der magnetischen Feldlinien ausrichten.

FAZIT

Für niederfrequente Felder gilt:

- Gespeicherte Ladungen auf Leitungen sind Ursache für die Spannung und das elektrische Feld. Das elektrische 50-Hz-Feld wird nicht von der Stromstärke bestimmt.
- Ursache des Magnetfeldes ist der fließende Strom durch sich bewegende Ladungen in den Leitungen. Das 50-Hz-Magnetfeld ist daher unabhängig von der Spannung.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

2 Felder bei der Stromversorgung

Bedingt durch die Substitution der Kernkraftwerke und fossiler Kraftwerke sowie die hierfür notwendige Einbindung regenerativer Erzeugungsanlagen in das Stromnetz befindet sich das elektrische Energieversorgungssystem in Deutschland und Europa in einer Phase großer Veränderungen. Das bisherige System beruhte darauf, den größten Teil des benötigten Stroms in großen Verbrennungskraftwerken zu erzeugen und ihn dann über ein Netz von Hochspannungsleitungen zu den Verbrauchszentren zu transportieren. Die weitere Verteilung erfolgte über ein Netz von Mittel- und Niederspannungsleitungen bis zum Endverbraucher. Das System verändert sich mehr und mehr dahin, dass der Strom aus erneuerbaren Energien gewonnen wird, wobei Windenergieanlagen eine größere Rolle spielen als Photovoltaik- oder Biomasseanlagen. Die Einspeisung ins Netz erfolgt auf allen Spannungsebenen. Große Offshore-Windparks müssen über lange Netzleitungen an die Verbrauchszentren angeschlossen werden. Hierbei wird neben der bekannten Wechsel- bzw. Drehstromtechnik mit einer Frequenz von 50 Hertz (siehe Abb. 12 und 13) zunehmend auch Gleichstromtechnik (siehe Abb. 10) zum Einsatz kommen, sodass neben den niederfrequenten 50-Hz-Feldern auch Gleichfelder zu betrachten sind.

Während Anlagen der elektrischen Energieversorgung zur Übertragung, Verteilung und Umspannung von Energie schon über ein Jahrhundert niederfrequente Wechselfelder bedingen, hat sich das Frequenzspektrum in den letzten Jahrzehnten durch die Einführung neuer Technologien und immer komfortablerer Geräte ständig erweitert und verdichtet. Nachfolgend sollen hauptsächlich die von den Anlagen der öffentlichen Energieversorgung erzeugten niederfrequenten Felder betrachtet werden, welche durch die Bereitstellung und den Verbrauch elektrischer Energie erzeugt werden. Darüber hinaus werden auch die Felder einiger besonderer Anwendungen beleuchtet.

Die wichtigsten Quellen von niederfrequenten Feldern sind:

- Maschinen und Geräte zur Erzeugung von elektrischer Energie (Generatoren, Windenergie- oder Photovoltaikanlagen, siehe Abb. 15, 16 und 17)
- Freileitungen (siehe Abb. 19)
- Kabel
- Transformatoren/Umrichteranlagen
- elektrische Arbeits- und Haushaltsgeräte
- elektrische Bahnnetze (siehe Abb. 14)

Gleichfelder spielen hauptsächlich beim Transport elektrischer Energie über größere Entfernungen eine Rolle (Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung, HGÜ). Dort treten sie im Bereich der Kabel (siehe Abb. 11), vereinzelt auch der Freileitungen sowie der Umrichteranlagen (Konverterstationen) auf.

Mit der steigenden Nachfrage nach elektrischer Energie in den Industrieländern wurden höhere Spannungen für den Transport, also die Übertragung und Verteilung, eingesetzt. Im heutigen westeuropäischen Verbundnetz liegt die höchste Übertragungsspannung bei 380 kV. In Nordamerika, Asien und in Osteuropa werden Spannungen auch über 500 kV verwendet. Für die regionale Verteilung ist eine Spannung von 110 kV sowie Mittelspannung (10–36 kV) üblich. Die Verteilung elektrischer Energie bis zum Endkunden (Haushalte sowie kleinere Industriebetriebe) erfolgt über Niederspannungsnetze (230/400 V), welche den Mittelspannungsnetzen nachgeordnet sind. Die verschiedenen Netz- bzw. Spannungsebenen sind durch Transformatoren, die in Umspannwerken und Umspannstationen stehen, elektrisch miteinander verbunden. Verteilungsnetze können als Freileitungsnetze oder auch als Erdkabelnetze ausgeführt sein – beide Techniken entsprechen dem Stand der Technik und sind als gleichwertig zu betrachten. Allen Spannungsebenen gemein ist in der Regel, dass die Stromversorgung beim Ausfall einer Leitung durch redundante Leitungen weiterhin gewährleistet ist (siehe Abb. 18).

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

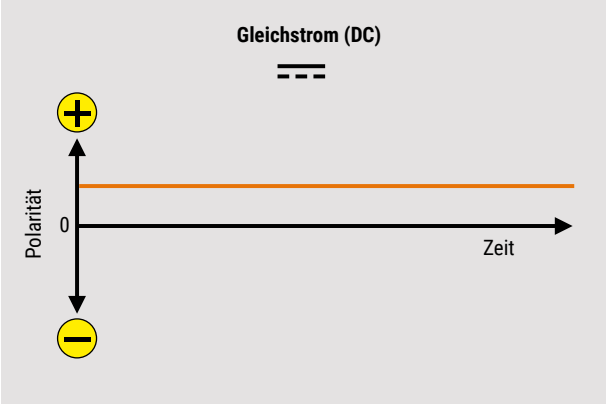


Abb. 10: Gleichstrom ändert seine Fließrichtung nicht und bleibt konstant.



Abb. 11: Erdkabel einer Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitung (HGÜ) – ein Kabel mit positiver Polarität und ein Kabel mit negativer Polarität

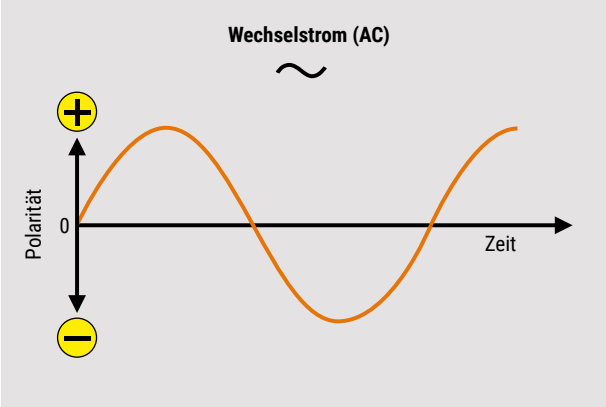


Abb. 12: Wechselstrom ändert die Fließrichtung – bei einer Frequenz von 50 Hertz geschieht das 100-mal in der Sekunde.

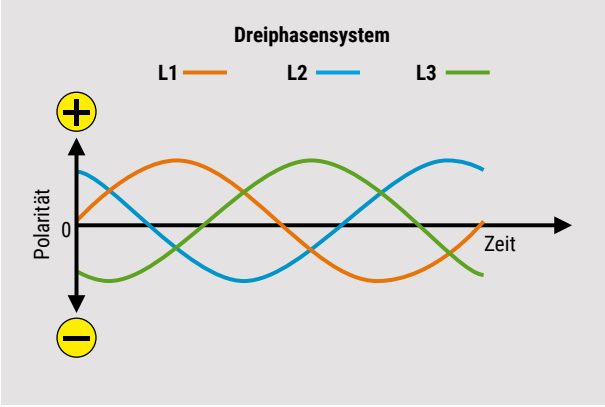


Abb. 13: Drehstrom ist ein System, das aus drei zeitlich gegeneinander versetzten Wechselströmen in den drei Leitern L1, L2 und L3 zusammengesetzt ist (Dreiphasensystem).



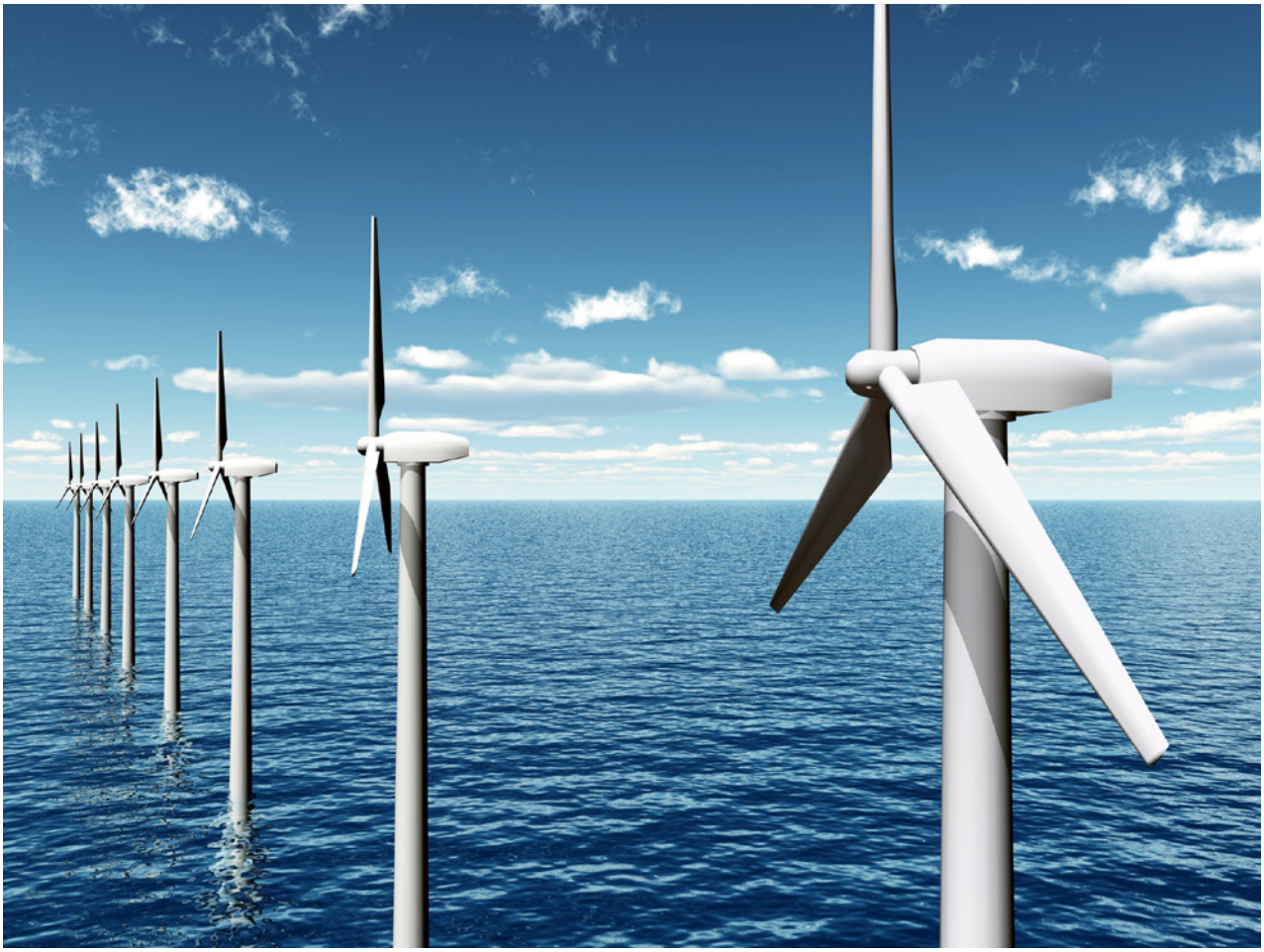
Abb. 14: In Deutschland wird im Netz der Deutschen Bahn ein einphasiger Wechselstrom mit einer Frequenz von 16,7 Hz verwendet.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Für die Energieübertragung und -verteilung wird größtenteils das Drehstromprinzip in Form eines Dreileiter-Wechselstromsystems genutzt. Alle drei Leiter haben normalerweise die gleiche Spannung und die gleiche Stromstärke. Allerdings sind die drei Wechselströme jeweils zeitlich um ein Drittel des Schwingungszyklus gegeneinander versetzt (siehe Abb. 13). Dieses Dreileitersystem ist in Deutschland auch für die Versorgung von Haushalten üblich.



Abb. 15: Windenergieanlagen an Land (Onshore) und auf See (Offshore)



© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026



Abb. 16: Gaskraftwerk Irsching



Abb. 17: Photovoltaikanlagen im modernen Häuserbau

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Netzebenen im deutschen und europäischen Stromnetz

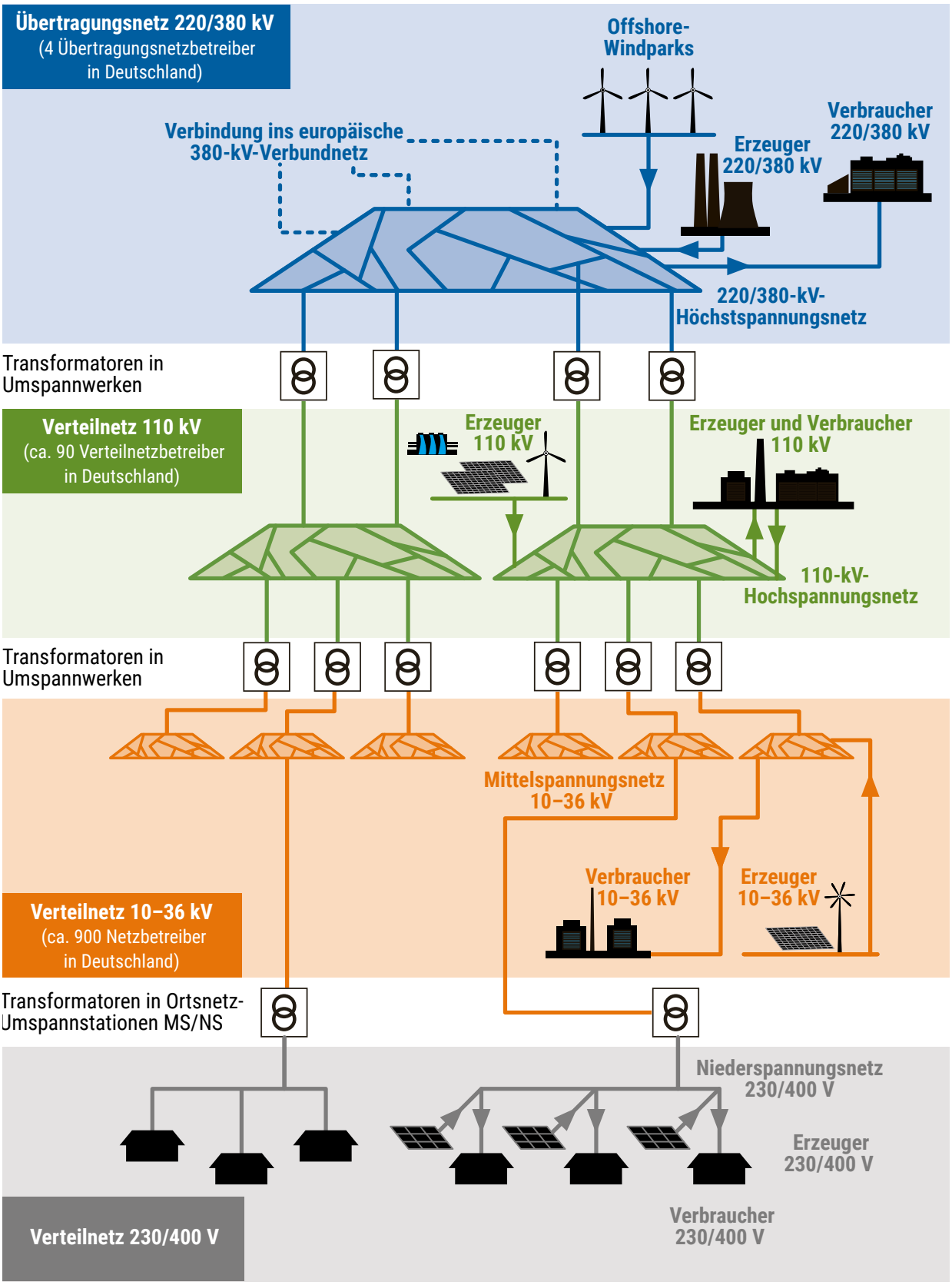


Abb. 18: Aufbau der Stromversorgung über die verschiedenen Spannungsebenen, von der Höchstspannung bis zur Niederspannung (Verbraucher)

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

AUFGABEN DER ENERGIEÜBERTRAGUNG

In der Anfangszeit der Elektrifizierung entstanden zunächst kleine lokale Stromnetze. Diese enthielten nur relativ wenige Kraftwerke, die eine Region mit elektrischer Energie versorgten. Später wurden viele solche Teilnetze zu größeren Verbundnetzen zusammengeschlossen, weil dies erhebliche Vorteile mit sich bringt:

Die größere Anzahl von Kraftwerken in einem ausgedehnten Verbundnetz bewirkt, dass der Ausfall eines einzelnen Kraftwerks ausgeglichen werden kann. Zudem ist der kombinierte Strombedarf von sehr vielen unterschiedlichen Verbrauchern besser prognostizierbar. Verbundnetze sind üblicherweise mit 50- oder 60-Hz-Drehstromsystemen aufgebaut. Um die Übertragungsverluste gering zu halten, haben sich hohe Übertragungsspannungen durchgesetzt – in Europa beispielsweise 380 kV. Trotzdem ist es aus wirtschaftlichen Gründen und zur Optimierung der Netzstabilität grundsätzlich sinnvoll, die Kraftwerke räumlich in der Nähe von Lastzentren anzuordnen.

In den letzten Jahren kommen nicht nur für Seekabelverbindungen, sondern auch auf dem Festland vermehrt Übertragungssysteme zum Einsatz, die mit Gleichspannung arbeiten: Für große Übertragungsentfernungen ist die Hochspannungs-Gleichstrom-Technik (HGÜ) vorteilhaft, weil über die Entfernung bei gleicher Übertragungsleistung weniger Verluste entstehen als bei der Drehstromtechnik. Allerdings muss der Gleichstrom bei der Einspeisung in die Netzverknüpfungspunkte wieder in Drehstrom umgewandelt werden. Dies erfolgt mit sogenannten Umrichtern. Im deutschen Übertragungsnetz werden zukünftig mehr und mehr solche Punkt-zu-Punkt-Verbindungen entstehen, die hohe Leistungen aus der Erzeugung von Offshore-Windparks in Nord- und Ostsee verlustarm zu den Lastzentren transportieren können. Dies ist vor allem deswegen erforderlich, weil in einigen Netzverknüpfungspunkten im Südwesten und Süden ein Ausgleich für die fehlende Einspeisung durch die Abschaltung von Großkraftwerken erfolgen muss. Derartige HGÜ-Energieübertragungen werden überwiegend mit Kabelverbindungen auf dem Festland realisiert, wenn dem nicht genehmigungsrelevante, bauliche und technische Gründe entgegenstehen. Zukünftig ist auch geplant, die HGÜ-Leitungen untereinander zu vernetzen. Diese sogenannte Multi-Terminal-Technik hat den Vorteil einer höheren Verfügbarkeit der Gesamtanlage.



Abb. 19: Drehstrom-Freileitungen (Foto: Amprion GmbH/Daniel Schumann)

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Allgemeines zu elektrischen und magnetischen Feldern

Beim Betrieb von Anlagen der elektrischen Energieversorgung für den Transport, die Verteilung oder Umspannung elektrischer Energie, wie z. B. Freileitungen, Erdkabel, Umspannwerke oder Ortsnetzumspannstationen, entstehen aufgrund physikalischer Gesetze elektrische und magnetische Felder mit einer Frequenz von 50 Hz. Die Stärke dieser Felder ist in unmittelbarer Leiternähe am größten und nimmt mit wachsender Entfernung rasch ab. Das elektrische Feld wird durch praktisch alle Baumaterialien abgeschirmt und dringt daher aus eingehausten Anlagen, wie z. B. Umspannstationen, nicht aus, bei Gebäuden unter Freileitungen in diese nicht ein sowie bei im Erdreich verlegten Kabeln nicht an die Erdoberfläche. Die Schirmwirkung dieser Materialien gegen das Magnetfeld ist hingegen vernachlässigbar gering (siehe Kap. 1).

Felder im Bereich von Freileitungen

Um jeden Leiter bildet sich ein elektrisches Feld, das von der Betriebsspannung abhängt, und ein magnetisches Feld, das vom Betriebsstrom hervorgerufen wird. Bei den in Deutschland üblichen dreiphasigen Übertragungssystemen der elektrischen Energieversorgung heben sich die Komponenten des elektrischen und magnetischen Feldes der drei Leiter aufgrund der Drehstromsymmetrie weitgehend auf. An jedem Punkt verbleibt wegen unterschiedlicher Abstände zu den Leitern nur ein deutlich kleinerer Feldanteil, welcher mit zunehmendem Abstand von der Leitung sehr schnell abklingt.

Die Feldstärken im Bereich von Freileitungen lassen sich messtechnisch oder rechnerisch bestimmen. Besonders interessant für die Allgemeinheit ist die jeweilige Intensität in Bodennähe. Bestimmt wird die Feldstärke am Boden vor allem von der Höhe der feldverursachenden Spannung oder des Stroms und von der geometrischen Anordnung der Leiterseile, ihren Abständen untereinander und zum Boden.

Die höchsten Feldstärken treten unter Freileitungen dort auf, wo die Leiterseile dem Boden am nächsten sind, also in der Mitte zwischen zwei Masten. Mit zunehmender Höhe der Leiterseile nimmt das Feld zu den Masten hin ab. Noch ausgeprägter sinkt die Feldstärke mit wachsendem seitlichem Abstand von einer Freileitung (siehe Abb. 20).

Die Felder im Bereich einer Leitung werden häufig als Querprofil in Abbildungen dargestellt, in denen die Feldintensität über dem Abstand zur Leitungsmitte auf einer Linie senkrecht zur Leitungsachse aufgetragen ist. Das charakteristische Querprofil wird für den Fall der höchsten Feldkonzentration, also in der Spannfeldmitte, bei tiefstem Durchhang der Seile angegeben.

Die Spannung einer Freileitung wird in engen Grenzen geregelt, sie schwankt also kaum. Damit ist das elektrische Feld nahezu konstant, solange Spannung anliegt. Dies gilt auch, wenn kein Strom fließt, also keine Leistung übertragen wird.

Der Betriebsstrom in den Leiterseilen dagegen ist, im Gegensatz zur anliegenden Spannung, nicht konstant. Er schwankt – je nach Stromnachfrage der Verbraucher – tages- und jahreszeitlich beträchtlich. Im gleichen Maße schwankt natürlich auch die Stärke des durch den Stromfluss entstehenden Magnetfeldes.

Typisch für eine Hochspannungsfreileitung sind große Abstände zwischen den Leiterseilen untereinander und zwischen Leiterseilen und Erdboden. Die Abmessungen werden von den für die Übertragungsspannung benötigten isolierenden Luftstrecken bestimmt. Am Erdboden unter einer Freileitung sind elektrische und magnetische Felder nahezu homogen. Die Ausdehnung dieser Felder ist gemessen an den Körpermaßen eines Menschen groß. Anders ist die Situation beispielsweise bei Haushaltsgeräten wie Föhn, Rasierapparat oder Elektroherd, bei denen sich meist nur Teile des menschlichen Körpers im Einflussbereich der Felder befinden. Wenn etwa bei Störungen Kurzschlussströme in den Leitern fließen, können deutlich höhere Werte auftreten. Allerdings kommen derartige Fehler nur selten vor und dauern nur Sekundenbruchteile.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

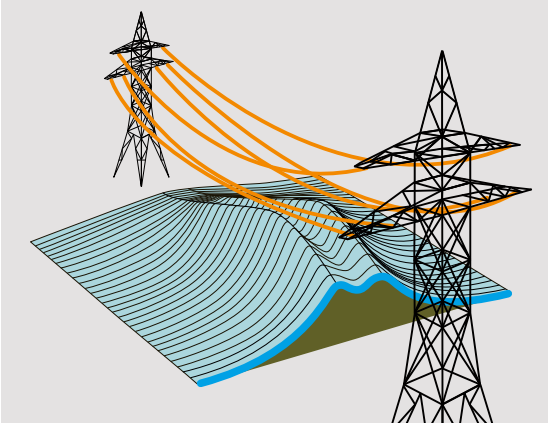
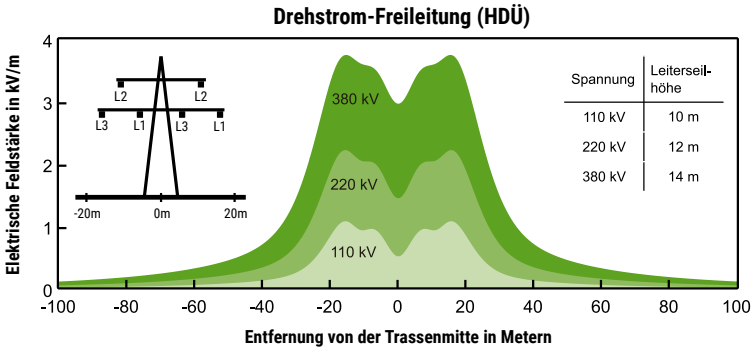
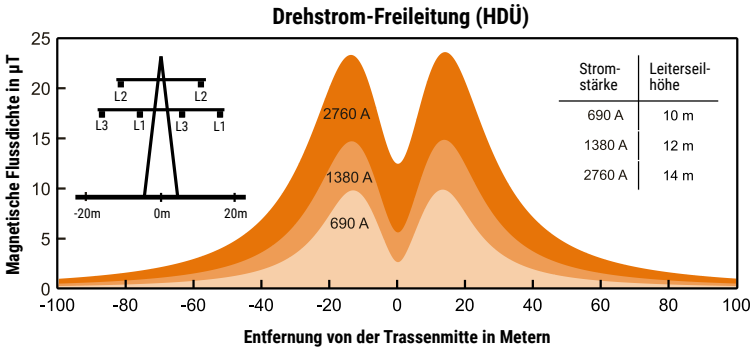
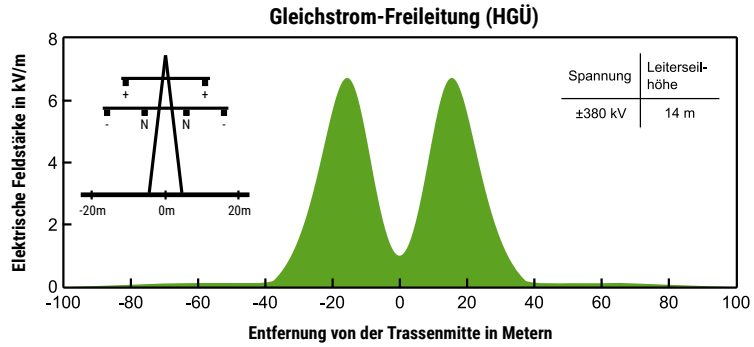
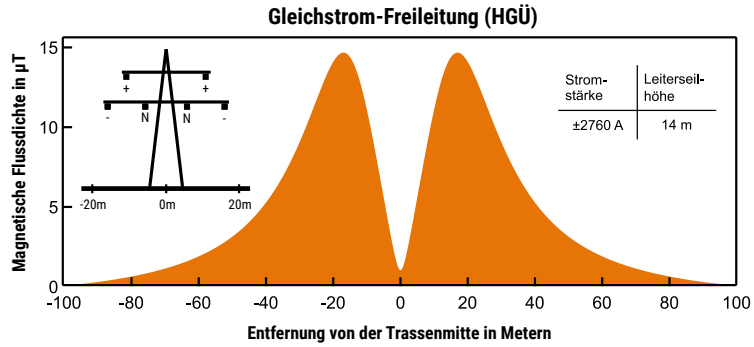


Abb. 20: Die Querprofile zeigen: In der Mitte eines Spannfeldes, wo die Hochspannungsfreileitungen dem Boden am nächsten sind, erreichen elektrische wie magnetische Felder ihren Höchstwert. Zu den Masten hin und – noch rascher – nach außen fallen die Feldstärken schnell ab, oben im Prinzip dargestellt am Querprofil der magnetischen Flussdichte. Die blaue Linie stellt ein Querschnittsprofil dar, welches nebenstehend in den Diagrammen quantitativ im Bereich der höchsten Feldstärke dargestellt wird. Es ist je ein charakteristisches Querprofil elektrischer und magnetischer Felder im Aufenthaltsbereich von Personen am Boden abgebildet.









© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

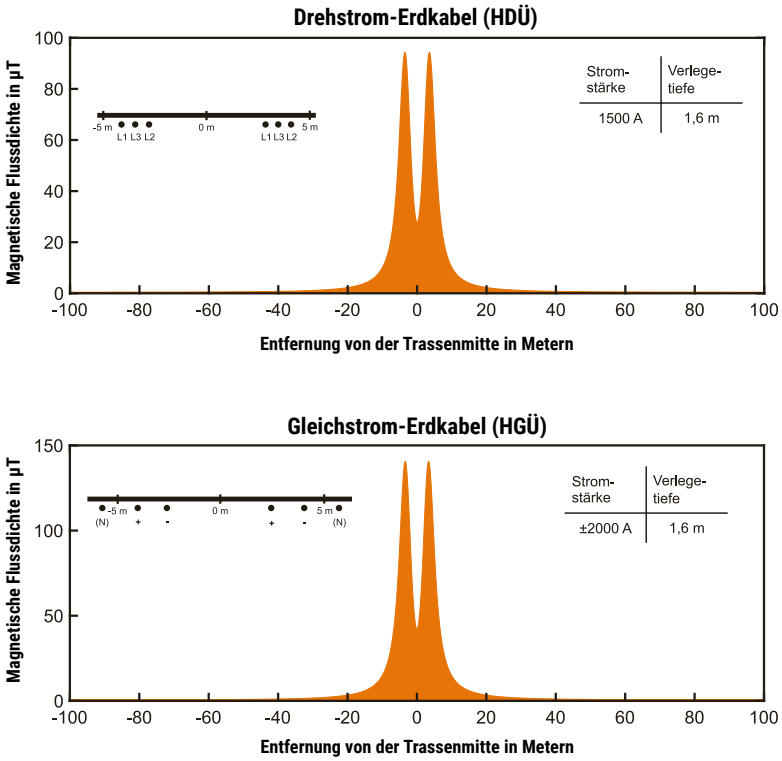


Abb. 21: Die Querprofile zeigen: Im Aufenthaltsbereich von Personen erreichen die magnetischen Felder direkt über dem Erdkabelsystem ihren Höchstwert. Zur Mitte der Erdkabeltrasse und nach außen fallen die magnetischen Felder schnell ab. Die Felder von Erdkabeln sind in ihrer räumlichen Ausdehnung begrenzter als die von Freileitungen, besitzen in aller Regel aber einen höheren Maximalwert.

Felder im Bereich von Kabeln

Erdkabel (Kurzform „Kabel“) werden vorwiegend im Stromverteilungsnetz eingesetzt. Bei Niederspannungsortsnetzen, die mit 230 und 400 V Spannung Haushalte und kleinere Gewerbe versorgen, liegen mehr als 80 Prozent der Leitungen unter der Erde, im Mittelspannungsbereich (10 kV oder 20 kV) sind es rund 65 Prozent – mit steigender Tendenz. Auch in der Hochspannungsebene (110 kV) wächst der Anteil von Kabelstrecken, während bei der Höchstspannungsübertragung (380 kV) einem breiten Einsatz von Erdkabeln neben hohen Kosten vor allem betriebstechnische Probleme und bauliche Herausforderungen entgegenstehen. Daher werden nur einige der geplanten Netzausbauvorhaben im Übertragungsnetz als gesetzlich aufgeführte Drehstrom-Pilotprojekte mit Teilerdverkabelung ausgeführt.

Mittel-, Hoch- oder Höchstspannungskabel bestehen aus einem zentralen Leiter und einer elektrischen Isolierung, die bei modernen Kabeln aus vernetztem Polyethylen (VPE) besteht. In der Abb. 22 auf der nächsten Seite ist beispielhaft der Aufbau eines solchen Kabels mit innerer und äußerer feldglättender Schicht dargestellt, welche gemeinsam mit der Isolierung aufgetragen wird. Das Ganze umschließt ein leitfähiger Schutzmantel, der elektrisch geerdet wird. Wegen der Schirmung bzw. metallischen Ummantelung dieser Kabel entsteht auch in ihrer unmittelbaren Nähe kein elektrisches Feld. Das magnetische Feld allerdings lässt sich nicht abschirmen und kann, abhängig vom Kabeltyp und von der Tiefe der Verlegung, am Erdboden über dem Kabel sogar höhere Werte erreichen als unter Freileitungen. Höhere Feldstärken bleiben dabei auf einen Streifen von wenigen Metern Breite beschränkt (siehe Abb. 21). Aus Gründen der Wärmeableitung sind bei Höchstspannungskabeln meist größere Abstände zwischen den einzelnen Kabeln erforderlich, was zu höheren Magnetfeldern unmittelbar über der Kabeltrasse führt. Aber auch hier bleiben die höheren Feldstärken auf einen kleinen Streifen entlang der Kabeltrasse beschränkt.

In den Niederspannungskabeln der Ortsnetze liegen die drei Leiter in der Regel eng beieinander, was bei gleicher Stromstärke in den Leitern zur fast vollständigen Kompensation der Magnetfelder und damit zu einem kleinen Restmagnetfeld führt. Bei ungleich

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

verteiltem Strom in den drei Leitern, also unsymmetrischem Netzbetrieb, fließt ein Teil des Stroms auch über den ebenfalls in der Kabelkonstruktion mitgeführten Nullleiter, was zu einer Verringerung der Kompensation der Magnetfelder führt. Hieraus resultieren höhere magnetische Flussdichten als im symmetrischen Netzbetrieb.



Abb. 22: Beispiel für den Aufbau eines Hochspannungskabels

Felder im Bereich von Umspannanlagen

Umspannanlagen verbinden die verschiedenen Spannungsebenen des elektrischen Netzes. Hier werden auch die verschiedenen größeren Erzeugungsanlagen (Windparks, Gaskraftwerke usw.) in das Netz eingebunden. Umspannanlagen bestehen aus verschiedenen Komponenten wie Transformatoren, Spulen, Umrichtern oder Schaltern (siehe Abb. 23). In unmittelbarer Umgebung dieser Komponenten können teils hohe Felder auftreten. Wegen ausreichender Abstände zur Umzäunung sind die elektrischen und magnetischen Felder außerhalb dieser Umzäunung vernachlässigbar. Die Höhe der Felder wird hier durch die zu- und abgehenden Leitungen (Freileitungen/Kabel) bestimmt.

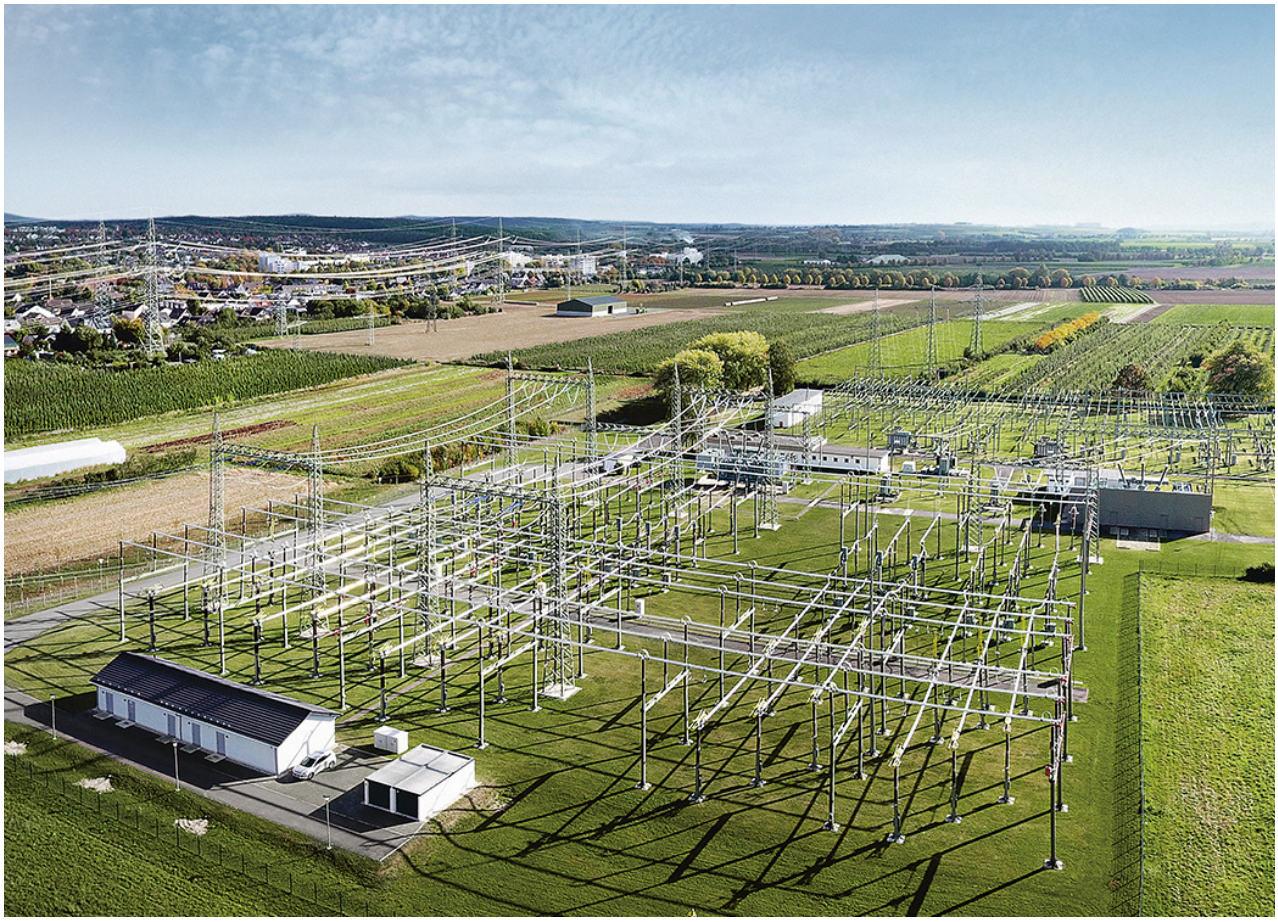


Abb. 23: Beispiel einer 380-kV-Umspannanlage (Foto: Amprion GmbH)

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Felder im Bereich von Ortsnetzumspannstationen

Transformatoren, kurz „Trafos“ genannt, sind in der öffentlichen Stromversorgung die Energieübertrager zwischen den verschiedenen Spannungsebenen.

Ortsnetzumspannstationen, auch Trafostationen genannt, verteilen in der örtlichen Versorgung mit Mittelspannungskabeln oder -freileitungen sowie Niederspannungsleitungen die elektrische Energie in die Wohn- und Industriegebiete bzw. zu den Häusern.

Elektrische Felder treten hier in der Umgebung nicht auf. Die abschirmende Wirkung von Mauerwerk, Metallteilen oder Lüftergittern lässt kein elektrisches Feld nach außen gelangen.



Abb. 24: Städtische Trafostation

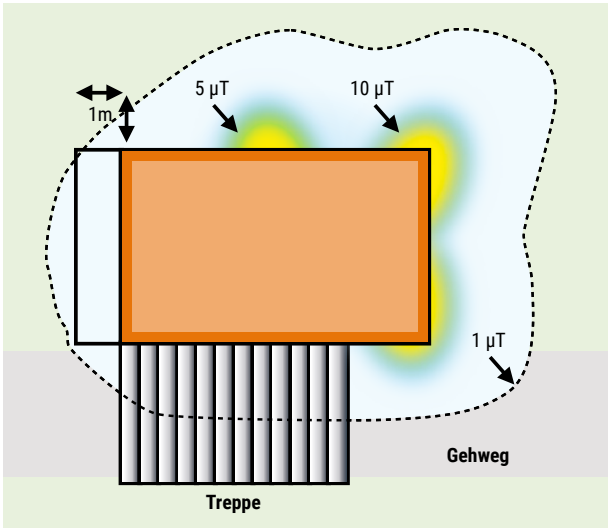


Abb. 25: Magnetische Feldverteilung um eine Trafostation, welche die Mittelspannung von 10 kV auf 230/400 Volt für Endverbraucher herabsetzt: Die Grafik zeigt die in Abb. 24 abgebildete Station von oben (Draufsicht) und veranschaulicht, wie stark die Werte schon in geringem Abstand absinken.

Die Stromzuleitung zu den Trafostationen erfolgt meist mit Kabeln. An der Mittelspannungsseite sind nur im Bereich der nicht gebündelt geführten Kabel zwischen Trafo und Verteilung schwache Magnetfelder messbar. Anders sieht es bei den stromstärkeren Niederspannungsableitungen und der nachgeordneten Stromverteilung (Sammelschienen) aus. Hier entstehen aufgrund der Unsymmetrie der Leiter und der größeren Ströme oft stärkere Magnetfelder, die jedoch wegen der geringen Leiterabstände räumlich eng eingrenzbar sind und schon in geringem Abstand abklingen. Die Magnetfelder des Trafos selbst sind im Außenbereich von Stationen vernachlässigbar (siehe Abb. 24 und 25).

Felder im häuslichen Bereich

Feldstärken im häuslichen Bereich sind in unmittelbarer Nähe der Quellen relativ hoch.

Bei leistungsstarken Geräten fließen hohe Ströme, die auch hohe Magnetfelder zur Folge haben können. Diese Felder sind jedoch sehr inhomogen, die stärksten Anteile treten in der unmittelbaren Umgebung der Geräte auf. Schon im Abstand von wenigen Zentimetern sinken die Werte auf geringe Restfeldstärken ab. Einen Überblick über die Größe magnetischer 50-Hz-Felder in der Nähe von im Haus eingesetzten Geräten gibt die Tabelle 1 auf der folgenden Seite. Die Felder bei den üblichen Gebrauchsabständen der Geräte sind fett gedruckt.

Grundsätzlich gilt in der häuslichen Umgebung: Die höchsten Werte der magnetischen Feldstärken sind stark abhängig vom benutzten Elektrogerät und treten zeitlich begrenzt nur während der Nutzung auf.



© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Tab. 1: Magnetische Flussdichten von im häuslichen Bereich verwendeten Elektrogeräten (Angaben in µT bei einer Frequenz von 50 Hz)

Gerät	Bei 3 cm Abstand	Bei 30 cm Abstand	Bei 1 m Abstand
Haarföhn	**6–2000**	0,01–7,0	0,01–0,3
Rasierapparat	**15–1500**	0,08–9,0	0,01–0,3
Staubsauger	200–800	**2,0–20**	0,13–2,0
Mikrowellenherd	73–200	**4,0–8,0**	0,25–0,6
Elektroherd	1,0–50	**0,15–0,5**	0,01–0,04
Waschmaschine	0,8–50	**0,15–3,0**	0,01–0,15
Bügeleisen	8,0–30	**0,12–0,3**	0,01–0,03
Geschirrspüler	3,5–20	**0,6–3,0**	0,07–0,3
Computer	0,5–30	**< 0,01**	< 0,01
Kühlschrank	0,5–1,7	**0,01–0,25**	< 0,01
Durchlauferhitzer	100–150	**3,0–5,0**	0,01–0,04

Quellen:
- Bundeamt für Strahlenschutz, *www.bfs.de*, „Elektromagnetische Felder – Haushaltsgeräte & Elektroinstallationen“;
- Berichte der Strahlenschutzkommission, Heft 7, 1997, „Schutz vor niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern der Energieversorgung und -anwendung“;
- Ergänzende Messungen der Forschungsstelle für Elektropathologie

Zusammenfassend gibt die Abb. 26 einen Überblick über die Bandbreite der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte, wie sie im Bereich der verschiedenen Betriebsmittel der Übertragung und Verteilung elektrischer Energie, aber auch bei der Anwendung im Haushalt auftreten können.

Während die höchsten elektrischen Feldstärken im Bereich der Energieübertragung auftreten können, liegen die magnetischen Flussdichten bei häuslicher Anwendung teilweise über denen, die bei der Übertragung und Verteilung auftreten. Dies ist im Wesentlichen mit dem sehr viel geringeren Abstand zu den Feldquellen bei der Anwendung elektrischer Energie zu erklären.

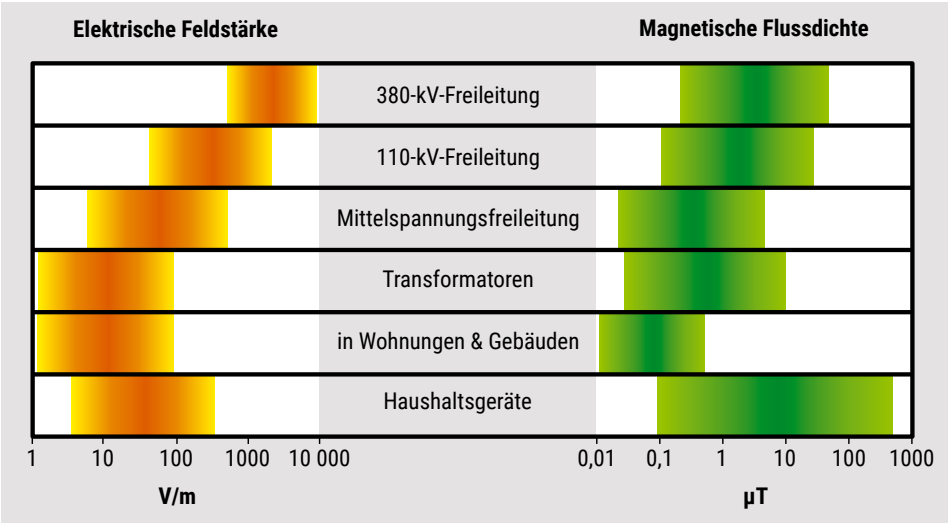


Abb. 26: Die Stärke elektrischer oder magnetischer Felder kann, je nach Betrieb und Abstand, erheblich streuen. Die Streubreite ist hier logarithmisch dargestellt: Jeder Schritt auf der Messachse nach rechts bedeutet eine Verzehnfachung der Feldstärke.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Anwendungen im Alltag mit Feldern höherer Frequenzen

Die technologische Weiterentwicklung insbesondere vieler Anwendungen im Alltag führt zur Emission elektrischer und magnetischer Felder im sogenannten Zwischenfrequenzbereich: ein Frequenzbereich von ca. 300 Hz bis 1 MHz, der zwischen dem niederfrequenten und dem hochfrequenten Bereich liegt. Als Quellen zu nennen sind fast alle handelsüblichen elektrischen und elektronischen Geräte, da sie über Schaltnetzteile mit Schaltfrequenzen im kHz-Bereich verfügen. Beispiele sind Monitore, Klimaanlagen, Kühlschränke, Mikrowellenherde, Photovoltaikanlagen, Energiesparlampen, Staubsauger, Waschmaschinen oder elektrische Zahnbürsten. Darüber hinaus treten bei vielen elektrischen und elektronischen Geräten (z. B. Elektromotoren in Haushalts-, Büro- und Werkzeuggeräten) Betriebsströme mit Oberwellen auf, die deutlich in den Zwischenfrequenzbereich hineinreichen. Schließlich nutzen viele Geräte des privaten und beruflichen Alltags für ihre Funktion gezielt Frequenzen im Zwischenfrequenzbereich, wie beispielsweise Induktionskochherde, elektronische Artikelsicherungsanlagen, RFID-Systeme (Radio Frequency Identification, d. h. Zugangskontrollsysteme) oder Metalldetektoren. Somit sind Menschen in ihrem Alltag häufig auch von Feldern im Zwischenfrequenzbereich umgeben.

Die Daten aus Messungen und Publikationen zeigen, dass in der Nähe zu den meisten Haushaltsgeräten typischerweise elektrische Feldstärken bis zu einigen 10 V/m, in Ausnahmefällen bis zu einigen 100 V/m, und magnetische Feldstärken im Bereich bis zu einigen 10 µT, meistens jedoch deutlich darunter, auftreten. Die elektrischen und magnetischen Felder von Haushaltsgeräten im Zwischenfrequenzbereich bleiben damit nahezu alle innerhalb der Expositionsempfehlungen der ICNIRP (siehe Kap. 4 und 5 für die Empfehlungen der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung).

Für die Allgemeinbevölkerung besonders relevante Zwischenfrequenzfeldquellen sind Induktionskochherde, elektronische Artikelsicherungsanlagen, RFID-Systeme und Metalldetektoren. An Induktionskochherden wurden teilweise Streufelder bei nicht vollständig vom Topf oder Pfanne abgedeckten Kochfeldern von mehr als 75 µT bei 20 kHz und in 20 cm Abstand noch bis zu 70 µT bei 20 kHz gemessen, was außerhalb der ICNIRP-Expositionsempfehlungen liegt.

Bei elektronischen Artikelsicherungsanlagen gibt es die akustomagnetischen (AM) und die elektromagnetischen (EM) Systeme mit relevanten Zwischenfrequenzimmissionen. Insbesondere in der Nähe von AM-Systemen, die in Europa typischerweise bei 58 kHz betrieben werden, können magnetische Feldstärken von bis zu 315 µT auftreten, die auch in Entfernungen von mehr als 50 cm zu den Systemen noch oberhalb der ICNIRP-Expositionsempfehlungen liegen.



RFID-Systeme, die im Zwischenfrequenzbereich arbeiten, nutzen zumeist einen schmalen Frequenzbereich zwischen ca. 70 kHz und 150 kHz. Während die magnetischen Feldstärken in der Nähe von kleinen Lesegeräten (typ. < 100 mm x 100 mm) gering sind, können die magnetischen Feldstärken in der Nähe zu großen RFID-Antennen (typ. 40 cm x 150 cm) mehrere 10 µT betragen, wodurch die ICNIRP-Expositionsempfehlungen überschritten sein können.

Bei Metalldetektoren sind vor allem Durchgangs-Metalldetektoren, wie sie beispielsweise auf Flughäfen im Rahmen von Sicherheitskontrollen durchschritten werden müssen, hinsichtlich der Immissionen im Zwischenfrequenzbereich relevant. Die im Durchgangsbereich auftretenden elektrischen und magnetischen Feldstärken können lokal bei über 100 V/m und mehreren 10 µT liegen, wodurch auch hier die ICNIRP-Expositionsempfehlungen überschritten sein können.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass für viele weit verbreitete (Haushalts-)Geräte die Immissionen

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

im Zwischenfrequenzbereich vergleichsweise gering sind. Es gibt jedoch auch Geräte des Alltags, die für ihre Funktion gezielt Frequenzen im Zwischenfrequenzbereich nutzen. Für die meisten Geräte ist eine solide Datenbasis für die von ihnen verursachte Exposition verfügbar.

Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder in Kraftfahrzeugen

Durch die zunehmende Entwicklung von Kraftfahrzeugen mit elektrischem Antrieb wird auch die Frage der Exposition von Personen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (EMF) in Kraftfahrzeugen vermehrt diskutiert. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Felder nicht erst seit Entwicklung von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen eine Rolle spielen, sondern auch in konventionellen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor Expositionen durch EMF vorliegen, z. B. durch den elektrischen Anlasser, Sitzheizungen etc. Meist handelt es sich um die im Niederfrequenzbereich zu berücksichtigenden magnetischen Felder, wobei aber auch immer mehr Funkanwendungen im Hochfrequenzbereich hinzukommen. Es sind verschiedene Quellen für EMF in Kraftfahrzeugen zu unterscheiden, u. a.:

- klassisches „Steckerladen“ wie auch kontaktloses induktives Laden von Elektrofahrzeugen,
- elektrisches Fahren (Antrieb) und elektrisches Bremsen (zur Energierückgewinnung),
- verschiedene Feldquellen in Fahrzeugen unabhängig vom Antriebstyp,
- Funkanwendungen (Handy, Radar, Navigation, Internet, autonomes Fahren etc.).

Das hinsichtlich der Feldexpositionen besonders relevante induktive Laden von Elektrofahrzeugen funktioniert nach dem Prinzip des Transformators. In einer Sendespule (im Boden eingelassen) fließt ein Wechselstrom, der ein Magnetfeld erzeugt, das wiederum in einer Empfängerspule (im Fahrzeug) einen Strom erzeugt, den Ladestrom. Aufgrund des Luftspalts zwischen den beiden Spulen können auch seitlich noch recht hohe Streufelder auftreten, die deshalb wegen möglicher anwesender Personen auf Einhaltung von Grenzwertempfehlungen überprüft werden müssen. Eine detaillierte Übersicht zur Ausschöpfung der Grenzwertbestimmungen ist hierzu bisher nicht publiziert, auch weil die Höhe des Feldes u. a. vom Luftspalt (Bodenfreiheit des Fahrzeugs) und der Positionierung der Spulen übereinander abhängt. Zum gewünschten möglichst schnellen Aufladen der Batterien („Tanken“) in weniger als 30 Minuten sind allerdings Übertragungsleistungen im Bereich oberhalb von 50 kW erforderlich, die mit induktivem Laden nicht mehr ohne hohe energetische Verluste realisiert werden können. Die mittlerweile verfügbaren „Schnellladestationen“ mit Leistungen von bis zu 400 kW benötigen immer einen klassischen Steckeranschluss.

Beim elektrischen Fahren sind im Antriebsstrang Batterien, Leitungen, Konverter und die Motoren Quellen magnetischer Felder. Die Höhe der Felder hängt nicht nur von der elektrischen Leistung der Motoren ab, sondern mehr noch vom Design der Batterie, der Verlegung der Kabel im Fahrzeug und insbesondere von Details beim elektrischen Bremsvorgang mit Energierückgewinnung. Die Ausschöpfung der ICNIRP-Expositionsempfehlungen kann nach den bisher vorliegenden Veröffentlichungen zwischen 20 % (beim Startvorgang, im Fußraum und über den Batterien) und 80 % (beim Bremsvorgang mit Rückspeisung) liegen und variiert je nach Auslegung der Elektrik stark, sodass hier in Zukunft sicher mit einem abnehmenden Trend durch technische Fortschritte zu rechnen ist. Beim Fahren mit konstanter Geschwindigkeit wird von sehr geringer Exposition bis zu 20 % Grenzwertausschöpfung berichtet, die sich bei Beschleunigungsvorgängen (z. B. Verdopplung der Geschwindigkeit von 60 auf 120 km/h) typisch auf 30 % erhöht.



© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

In den Veröffentlichungen wird insbesondere auf weitere Feldquellen verwiesen, die sich unabhängig vom Antriebstyp in allen Fahrzeugen feststellen lassen. Die Höhe der Felder ist dabei wiederum sehr von der Konstruktion abhängig. So wurden z. B. bei elektrischen Sitzheizungen unterschiedlicher Fahrzeuge Ausschöpfungen der ICNIRP-Empfehlungen zwischen etwa 30 % und über 200 % im Unterleibsbereich gemessen, auch können die Gebläse im Fußraum zu Expositionen größer 100 % führen. Darüber hinaus wird auch die Feldimmission aufgrund der Magnetisierung von Stahlgürtelreifen unabhängig vom Antriebskonzept (elektrisch oder konventionell) untersucht. Dabei konnten magnetische Felder in Größenordnungen von bis zu 10 % des Grenzwerts gemessen werden.

Bei den Funkanwendungen, die Frequenzen im Hochfrequenzbereich nutzen, steht vor allem die zukunftsorientierte Vernetzung von Kraftfahrzeugen untereinander bis hin zum autonomen Fahren im Vordergrund. Dabei spielt die Antriebsart (Verbrennungsmotor oder elektrisch) keine Rolle. Aber auch heute schon sind in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor verschiedenste Hochfrequenzanwendungen integriert, vom Funkschlüssel über Bluetooth-Anwendungen zur Steuerung von Sitzheizung oder Freisprechanlage bis zum kabellosen Laden (engl. *wireless charging*) z. B. von Mobilfunkgeräten im Auto. Wegen der unterschiedlichen Wirkung von nieder- und hochfrequenten Feldern werden diese Anwendungen hier nicht weiter betrachtet.

FAZIT

- Je nach Art der elektrischen Energieübertragung können elektrische und magnetische Gleich- oder Wechselfelder auftreten.
- Am häufigsten treten 50-Hz-Felder bei der Energieübertragung und bei elektrischen Geräten auf.
- Für die Größe der Felder, in denen sich Personen aufhalten, sind bestimmend:
  - die Spannung *U* für das elektrische Feld,
  - der Strom *I* für das magnetische Feld,
  - die Anzahl der Stromkreise sowie die Anordnung der Leiterseile (Freileitungen) oder einzelnen Kabel (Erdkabel),
  - der Abstand des Aufenthaltsorts zu den Feldquellen.
- Magnetische Felder, die im häuslichen Bereich durch elektrische Geräte entstehen, können in der gleichen Größenordnung liegen wie Felder von Freileitungen oder Erdkabeln der Energieübertragung und -verteilung.
- Der Vergleich von Freileitungen und Erdkabeln zeigt: Die magnetischen Felder liegen in der gleichen Größenordnung, unterscheiden sich jedoch in der räumlichen Verteilung.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

3 Wirkungen von Feldern auf den Menschen

Fragestellung

Seit dem Aufbau der öffentlichen Stromversorgung gibt es Befürchtungen über tatsächliche oder vermutliche Gefahren der technischen Felder und Ströme für die Gesundheit. Wegen der lebensgefährlichen elektrischen Unfälle bei Berührung unter Spannung liegender Teile stand zuerst die Erforschung der Wirkung elektrischer 50-Hz-Ströme im Vordergrund. Seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts werden intensiv auch Effekte elektrischer und magnetischer Wechselfelder und Gleichfelder (0 Hz) wissenschaftlich untersucht. Dabei geht es darum, theoretisch aufgestellte oder behauptete Wirkungen experimentell zu belegen und ihre Schwellen zu ermitteln. Dagegen ist ein Beweis einer Unwirksamkeit (Nulleffekt) eines beliebigen äußeren Faktors auf den Organismus in der Biologie und Medizin grundsätzlich nicht möglich.

Eindringen elektrischer und magnetischer Felder in den menschlichen Körper

Was passiert im Körper eines Menschen, der aufrecht im elektrischen Feld unter einer Hochspannungsleitung steht? Der Körper verändert aufgrund seiner Leitfähigkeit das in Erdbodennähe ursprünglich homogene Feld. Besonders im Bereich des Oberkörpers kommt es außerhalb zu einer Feldstärkeerhöhung. Die Feldlinien enden nicht mehr am Erdboden, sondern an sogenannten influenzierten, also von außen hervorgerufenen, Ladungen auf der Körperoberfläche des Menschen.

Elektrische Wechselfelder ändern ständig Größe und Polarität. Entsprechend bewegen sich in leitfähigen Körpern, die im Einwirkungsbereich solcher Felder liegen, die influenzierten Ladungen mit der Frequenz des Wechselfeldes hin und her. Das Ergebnis ist ein influenzierter Wechselstrom im Körper (siehe Abb. 27).

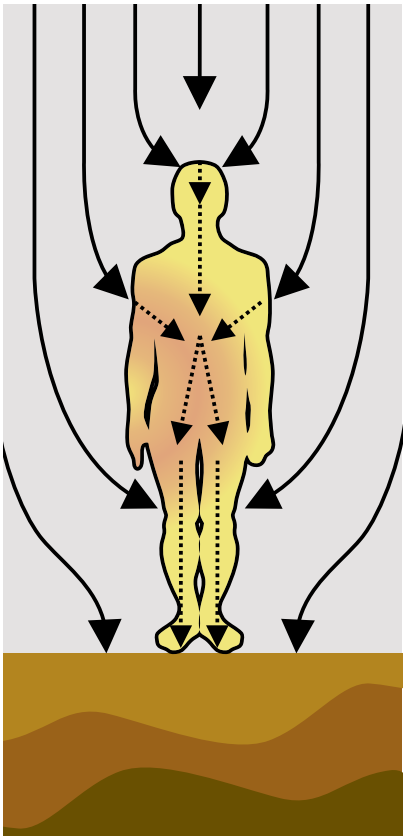


Abb. 27: Der Mensch im homogenen elektrischen Wechselfeld

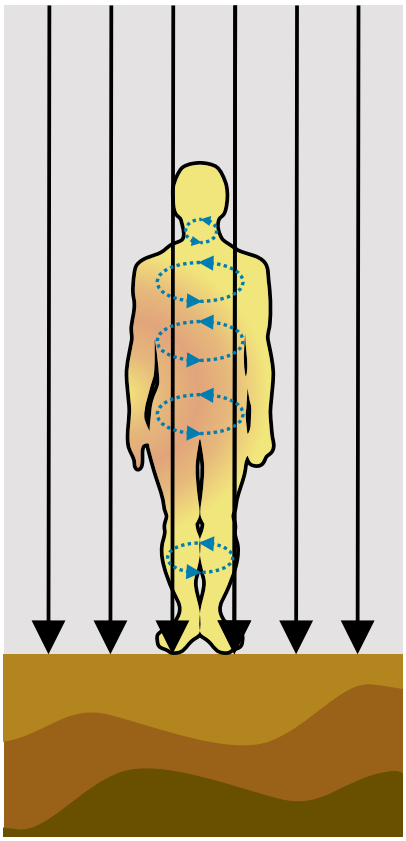


Abb. 28: Der Mensch im homogenen magnetischen Wechselfeld

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Der somit vom elektrischen Wechselfeld erzeugte Körperstrom ist von der Frequenz, der Höhe der äußeren Feldstärke sowie der Form und Größe des Körpers abhängig. In metallischen Körpern erfolgt der Stromfluss im Wesentlichen über freie Elektronen. In Geweben und Körperflüssigkeiten von Lebewesen kommt der Stromfluss hauptsächlich über Bewegung von Ladungsträgern wie z. B. von Ionen zustande.

Im Unterschied zu elektrischen Feldern durchdringen Magnetfelder nahezu alle Materialien. Damit durchsetzen magnetische Felder auch den Körper ohne nennenswerte Dämpfung. Nach dem sogenannten Induktionsprinzip erzeugen magnetische Wechselfelder im Inneren von leitfähigen Körpern einen Strom. Dieser Strom hat die gleiche Frequenz wie das Magnetfeld selbst und bildet sich kreis- bis ovalförmig um die magnetischen Feldlinien herum aus. Die Größe des Induktionsstroms ist abhängig von der Stärke und Frequenz des Feldes sowie dem elektrischen Widerstand und der Größe des Körpers (siehe Abb. 28). Bezieht man diesen Strom auf die durchströmte Querschnittsfläche, so erhält man die Körperstromdichte. Magnetische Gleichfelder haben keine Induktionswirkung, sie üben nur eine Kraft auf bewegte Ladungsträger aus.

Wirkungen äußerer elektrischer und magnetischer Felder im Körperinneren

Die Ergebnisse der jahrelangen Forschung vermitteln uns heute ein umfassendes und sehr gut übereinstimmendes Bild der möglichen Wirksamkeiten und Wirkungsmechanismen auch der von der öffentlichen Stromversorgung ausgehenden Felder. Durch äußere elektrische und magnetische Wechselfelder entstehen im Körperinneren sogenannte exogene elektrische Ströme bzw. Felder. Ebenso entstehen im Körperinneren auf natürliche Weise sogenannte endogene elektrische Ströme bzw. Felder.

Direkte Wirkungen elektrischer Ströme bzw. Felder im menschlichen Körper sind gleich, unabhängig davon, ob sie im Körper selbst entstehen (endogene Ströme bzw. Felder) oder von außen bewirkt werden (exogene Ströme bzw. Felder). Es kommt nur auf ihre Stärke und ihre zeitliche Form an.

Im Fokus der medizinischen Forschung zur direkten Wirkung von elektrischen Strömen bzw. Feldern im Körper stehen elektrisch erregbare Zellen der Muskeln, Nerven und Sinnesrezeptoren. Der menschliche Körper weist 10 bis 100 Billionen dieser Zellen auf, sie machen zusammen mehr als die Hälfte des Körpergewichts aus. Wie Abb. 29 veranschaulicht, sind Nerven und Muskeln im gesamten Körper verteilt, wohingegen die meisten Sinnesrezeptoren in der Haut und in den Sinnesorganen wie Augen, Gehör und Gleichgewichtsorgan angesiedelt sind.

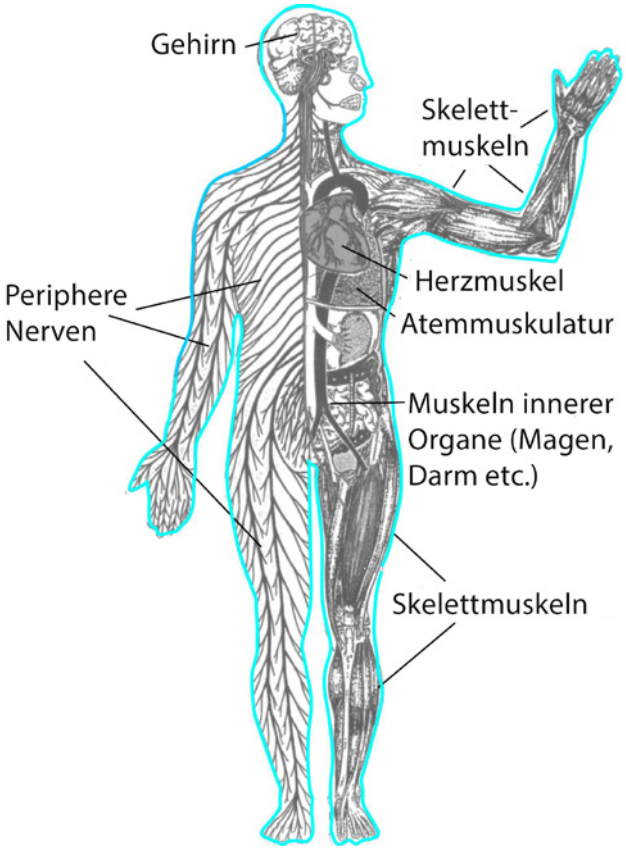


Abb. 29: Nerven (nur in der linken Hälfte skizziert) und Muskeln (nur rechts abgebildet) sind im gesamten Körper verteilt. Die meisten Sinnesrezeptoren befinden sich dagegen in der Haut.

Elektrische Erregungen und ihre Fortleitung in Zellen der Nerven, Muskeln und Sinnesrezeptoren, die vom Organismus kontrolliert eingeleitet werden, sind grundlegende Merkmale des Lebens. Auf diese Weise steuert das Gehirn über Nerven die Kontraktion von Skelettmuskeln bei Bewegungen, dem Gehirn werden über besondere Nervenfasern Sinneswahrnehmungen mitgeteilt. Muskeln des Herzens oder des Darms haben zwar eigene Erregungszentren, diese werden vom Gehirn jedoch

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

ebenfalls gesteuert. Infolge dieser komplexen Vorgänge herrscht im lebenden Körper ständig ein körpereigenes (endogenes) niederfrequentes elektrisches Feld. Organbezogene Anteile dieser Felder werden zur Diagnose, z. B. als Elektrokardiogramm des Herzens, Elektroenzephalogramm des Gehirns oder Elektromyogramm der Muskeln, abgeleitet. Die Stärke der endogenen Ströme bzw. Felder erreicht im Körperinneren maximal eine Stromdichte von 800 mA/m² bzw. etwa 1 V/m Feldstärke (grüne Bereiche in Abb. 30), ohne dass der übrige Organismus dadurch in irgendeiner Weise beeinflusst wird. Nicht gemeint sind hier elektrische Feldstärken im Bereich von Zellmembranen, die wesentlich höher ausfallen können (bis MV/m).

Nerven, Muskeln und Sinnesrezeptoren können durch elektrische und magnetische Wechselfelder externer Feldquellen unkontrolliert überschwellig erregt werden aufgrund der im Körper erzeugten exogenen elektrischen Ströme bzw. Felder. Dazu muss bei 50-Hz-Feldern eine Reizschwelle mit einer Stromdichte über 2 A/m² bzw. mit einer Feldstärke über 3 V/m überschritten werden, damit Erregungen und ihre Fortleitungen eingeleitet werden (braunroter Bereich in Abb. 30). Die Reizschwelle liegt höher als die maximale Stärke der endogenen Ströme bzw. Felder. Dadurch wird verhindert, dass sich auch benachbarte Zellen über deren endogene elektrische Ströme bzw. Felder gegenseitig unkontrolliert erregen.

Messungen, Berechnungen und Computersimulationen zeigen, dass die im Alltag auftretenden elektrischen und magnetischen 50-Hz-Felder im menschlichen Körper exogene Körperstromdichten von maximal 2 mA/m² bzw. eine Feldstärke bis zu 0,003 V/m aufbauen (blauer Bereich in Abb. 30).

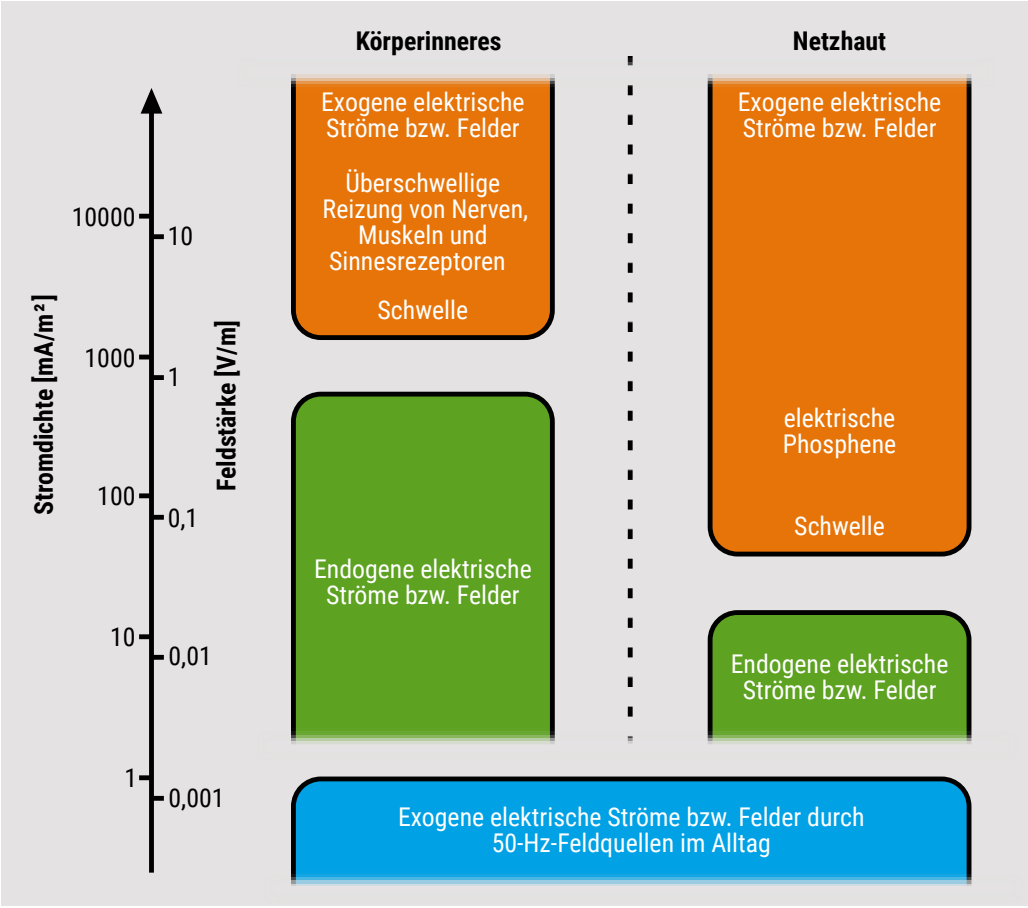


Abb. 30: Vergleich endogener (körpereigener) elektrischer Ströme bzw. Felder mit den Reizschwellen der exogenen (durch äußere Feldeinwirkung entstehenden) elektrischen Ströme bzw. Felder im Körperinneren und in der Netzhaut. Lichtrezeptoren in der Netzhaut weisen im Vergleich zu anderen Sinnesrezeptoren im Körperinneren eine wesentlich niedrigere Reizschwelle auf, sie werden auch schwächeren endogenen Feldern ausgesetzt.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Je nach der Stärke von überschwelligen exogenen elektrischen Strömen bzw. Feldern, ihrer Ausbreitung im Körper und der Dauer der Einwirkung können unzählige vom Organismus nicht kontrollierte Erregungen von Nerven, Muskeln und Sinnesrezeptoren eingeleitet werden. Die möglichen Folgen reichen von harmlosen Wahrnehmungen über Muskelzuckungen, Muskelverkrampfungen, Verbrennungen bis zur Gefahr eines lebensgefährdenden Herzkammerflimmerns. Werden Sinnesrezeptoren erregt, spricht man auch von sensorischen Wirkungen.

In der Natur gibt es Sinnesrezeptoren, die eine besonders hohe Empfindlichkeit entwickelt haben. Bei Menschen sind es die Lichtrezeptoren mit sogenannten Stäbchen und Zapfen in der Netzhaut des Auges, die eine hohe Empfindlichkeit aufweisen und in der Augenhöhle weitgehend von den endogenen Strömen bzw. Feldern im Inneren des Körpers isoliert sind. Bereits elektrische 50-Hz-Ströme mit einer Stromdichte von weniger als 20 mA/m² im Bereich der Netzhaut können eine optische Wahrnehmung von Lichtflimmern hervorrufen (siehe Abb. 30). Bei stärkeren Strömen oder Feldern werden Bildmuster wahrgenommen. Diese Wahrnehmungen, die als **elektrische Phosphene** bezeichnet werden, sind harmlos: Nach dem Abschalten des Stroms verschwinden sie, ohne irgendwelche gesundheitlichen Folgen zu hinterlassen.

Äußere magnetische 50-Hz-Felder mit Flussdichten über 5 mT und einer Ausdehnung größer als der Kopfquerschnitt induzieren in der Netzhaut Wirbelströme mit einer Stromdichte über 20 mA/m² und können vergleichbare Wahrnehmungen wie die elektrischen Phosphene hervorrufen. Sie werden als **magnetische Phosphene** bezeichnet.

Der Mensch in elektrischen und magnetischen Feldern des Alltags

Natürliche elektrische und magnetische Gleichfelder der Erde sind zu schwach, um direkte gesundheitlich relevante Wirkungen bei Menschen zu erzeugen. Sogar ihre Wahrnehmung oder Nutzung zur Orientierung, wie sie bei einigen Tieren vermutet wird, konnte bei Menschen nicht belegt werden. Dagegen können Entladeströme eines Blitzes beim Gewitter, die den menschlichen oder tierischen Körper mit einschließen, schwere gesundheitliche Folgen oder sogar Lebensgefahr nach sich ziehen.

Elektrische und magnetische Gleichfelder von Leitungen der zukünftigen Energieversorgungssysteme können im Körper schwache exogene elektrische Ströme bzw. Felder nur bei einer Bewegung des Körpers aufbauen. Bei den gängigen Bewegungen des Körpers in diesen Feldern liegt die Stärke der exogenen elektrischen Ströme bzw. Felder mehrere Zehnerpotenzen unterhalb der Stärke der körpereigenen (endogenen) elektrischen Ströme bzw. Felder. Eine Wirkung auf die erregbaren Zellen ist nicht möglich. Der menschliche Organismus verfügt für die magnetischen Gleichfelder über keine Sinnesrezeptoren. Gesundheitsrelevante Effekte treten auch bei wesentlich stärkeren Magnetgleichfeldern mit einer Flussdichte von einigen Tesla (z. B. bei der Anwendung von Kernspintomographie) bei Menschen nicht auf.

Elektrische und magnetische 50-Hz-Felder der öffentlichen Stromversorgung bauen im Körperinneren sehr schwache 50-Hz-Ströme bzw. 50-Hz-Felder auf, die deutlich unter den Reizschwellen von Nerven, Muskeln und Sinnesrezeptoren und auch unter den Stärken der körpereigenen Ströme und Felder liegen (blauer Bereich in Abb. 30). Messungen und Berechnungen zeigen, dass beim stehenden Körper in einem 50-Hz-Feld ein Strom von ungefähr 15 µA bei einer elektrischen Feldstärke von 1 kV/m über den Körper und die Füße zur Erde abfließt. Das ist ein extrem kleiner, nicht spürbarer Wert. Damit bleibt selbst direkt unter einer Hochspannungsleitung der Gesamtstrom im Körper ungefährlich. Elektrische 50-Hz-Felder müssten eine äußere Feldstärke von mindestens 1.000 kV/m und magnetische 50-Hz-Felder eine Flussdichte über 0,8 Tesla aufweisen, damit es zur überschwelligen Erregung von Nerven, Muskeln und der meisten Sinnesrezeptoren im Körper kommen könnte.



© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Die magnetischen Flussdichten im Bereich der Stromversorgungssysteme können nur in wenigen – für die Öffentlichkeit nicht zugänglichen – Bereichen den Schwellenwert zur Auslösung von harmlosen magnetischen Phosphenen von 0,005 Tesla erreichen.

Wahrnehmung elektrischer Felder durch Sinnesrezeptoren in der Haut

Elektrische und magnetische Felder im Alltag werden vom Menschen nicht unmittelbar wahrgenommen, ihm fehlen die speziellen Sinnesorgane. Allerdings können elektrische Felder mittelbar an ihren Folgewirkungen bemerkbar werden.

Eine solche Folgewirkung ist die Vibration von Körperhaaren. Sie entsteht durch Kraftwirkung des elektrischen Feldes auf Ladungen, die sich auf den Haaren ansammeln. Die dabei hervorgerufenen Empfindungen werden von Personen sehr unterschiedlich beschrieben. Der Schwellenwert, von dem an ein Feld bemerkt wird, ist von Mensch zu Mensch verschieden. Nach den Ergebnissen einer Versuchsserie, bei der sich freiwillige Versuchspersonen mit angelegten Armen in einem homogenen elektrischen Feld befanden, nahmen knapp 60 Prozent der Versuchspersonen ein Wechselfeld ab einer Feldstärke von 16 kV/m wahr. Lediglich rund 30 Prozent der Testpersonen bemerkten ein elektrisches Wechselfeld bereits bei 8 kV/m. Bei elektrischen Gleichfeldern liegt der Schwellenwert höher: Erst bei einer Feldstärke von 22 kV/m nahmen knapp 60 Prozent der Versuchspersonen das Feld wahr, und nur rund 30 Prozent der Testpersonen bemerkten ein elektrisches Gleichfeld bei 14 kV/m.

Die Empfindungen werden meist als ein Kribbeln an behaarten Körperstellen beschrieben. Dabei zeigt sich, dass die Bemerkbarkeit offenbar eng mit der Körperhaltung verknüpft ist. Bei ausgestreckten Armen beispielsweise ergeben sich Feldstärkeüberhöhungen an den Händen. Auch schwächere Felder werden dann bemerkbar.

Eine weitere Folgewirkung ergibt sich, weil elektrische Felder leitfähige Gegenstände, die nicht ausreichend geerdet sind, aufladen. Wenn ein Mensch einen solchen Gegenstand berührt, kann es kurz vor dem Kontakt einen kleinen Funkenüberschlag vom aufgeladenen Gegenstand zum Menschen geben. Der Entladungsstrom wird als leichter Stromschlag empfunden, ähnlich wie der Schlag, den man gelegentlich spüren kann, wenn man an einem trockenen Tag aus dem Auto steigt und den Türgriff berührt.

Solche Momentanentladungen sind vor allem dann spürbar, wenn Mensch und Gegenstand im Feld unterschiedlich gut geerdet sind. Das ist z. B. der Fall, wenn ein Mensch unter einer Hochspannungsleitung in feuchten, gut leitenden Schuhen eine nicht geerdete Metallstruktur wie einen metallischen Drahtzaun berührt. Bei einer entsprechenden Erdung werden solche Entladungen vermieden.

Auch im umgekehrten Fall, wenn ein Mensch in Schuhen mit isolierenden Gummisohlen direkt unter einer Hochspannungsleitung Pflanzen oder einen geerdeten Drahtzaun streift, kann es zu einer solchen Entladung kommen, die bei leitfähigem Schuhwerk nicht auftreten würde.

Die Erfahrung aus jahrzehntelangem Betrieb von vielen tausend Kilometern Hochspannungsleitungen zeigt, dass sich weder im Hinblick auf Momentanentladungen noch auf Dauerentladungsströme Gesundheitsgefährdungen ergeben.

Beeinflussung von Implantaten im Körper

Ein besonderes Thema ist die mögliche Reaktion von Körperimplantaten wie Herzschrittmachern oder implantierbaren Defibrillatoren auf 50-Hz- oder 16,7-Hz-Felder. Es wird hierbei auch von der indirekten Wirkung von elektrischen und magnetischen Feldern auf den Menschen gesprochen. Herzschrittmacher und Defibrillatoren arbeiten mit elektrischen Impulsen. Die Schaltkreise der Geräte selbst sind gut isoliert und gegen äußere Einflüsse sehr widerstandsfähig. Wesentlich empfindlicher sind dagegen die Sonden im Herzen mit den Zuleitungen, die einerseits die natürlichen Herzsignale aufnehmen und andererseits die von den Geräten erzeugten Impulse zum Herzen übertragen. Nach Bau- und Implantationsart werden Herzschrittmacher in unipolare (eine Elektrode im Herzen) und bipolare (zwei Elektroden im Herzen) unterschieden. Bei Defibrillatoren gibt es nur bipolare Sonden mit zwei Elektroden.

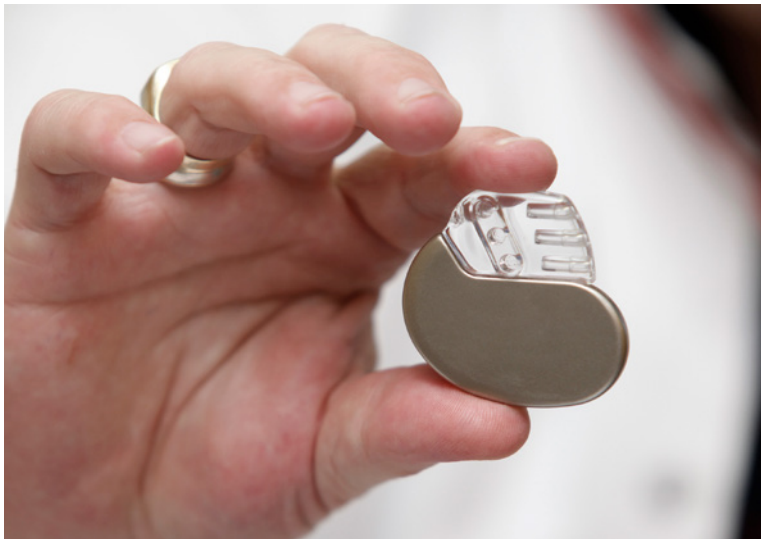
© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Ob und in welchem Maße der Herzschrittmacher oder Defibrillator eines Implantatträgers von niederfrequenten Feldern beeinflusst wird, lässt sich nur bei Kenntnis der Daten und Einstellungen des Implantats sowie der vorhandenen Felder im Einzelfall beurteilen. Die Implantatdaten liegen dem Hersteller und implantierenden Arzt vor, die individuellen Einstellungen sind im Implantatpass vom behandelnden Arzt dokumentiert und die im Bereich von elektrischen Anlagen auftretenden Felder können beim Anlagenbetreiber abgefragt werden.

Bei großen Versuchsreihen wurden mehr als hundert Implantatträger elektrischen und magnetischen Feldern ausgesetzt und eine individuelle Beurteilung durchgeführt. Anhand der Ergebnisse in Kombination mit Herstellerangaben können folgende generelle Aussagen zu möglichen Störbeeinflussungen getroffen werden:

In bipolaren Herzschrittmachern sowie implantierbaren Defibrillatoren sind bei Feldern von 5 kV/m und 100 µT (50 Hz) bzw. von 10 kV/m und 300 µT (16,7 Hz) keine Beeinflussungen zu erwarten. Damit gibt der weitaus größte Teil der in öffentlichen Bereichen auftretenden niederfrequenten Felder keinen Anlass zur Besorgnis. In seltenen Fällen können zwar insbesondere ältere unipolare Herzschrittmachersysteme von solchen Feldern beeinflusst werden, allerdings werden seit 10 Jahren keine unipolaren Sonden mehr implantiert. Manche elektrischen Geräte im beruflichen Umfeld können unter ungünstigen Umständen einen Herzschrittmacher beeinflussen. Dies gilt vor allem für leistungselektronisch gesteuerte Geräte wie Bohrmaschinen und Schweißgeräte.

Herzschrittmacher sowie Defibrillatoren schalten in der Regel im Falle einer Störbeeinflussung in einen festfrequenten Modus um. Außerhalb des störenden Feldes kehrt das Implantat von selbst wieder zur normalen Funktion zurück. Inwieweit eine solche Umschaltung für den Patienten bedeutsam ist, kann nur der Arzt beurteilen.



FAZIT

- Durch äußere elektrische und magnetische Wechselfelder entstehen im Körperinneren elektrische Ströme und Felder, die als exogene Ströme bzw. Felder bezeichnet werden. Ebenso entstehen im Körperinneren auf natürliche biologische Weise elektrische Ströme und Felder, die als endogene Ströme bzw. Felder bezeichnet werden.
- Elektrische und magnetische Felder von Hochspannungsleitungen oder elektrischen Geräten bauen im Körperinneren sehr schwache Ströme bzw. Felder auf, die deutlich unter den Reizschwellen von Nerven, Muskeln und Sinnesrezeptoren und auch unter den Stärken der körpereigenen Ströme bzw. Felder liegen.
- Menschen können aufgrund fehlender spezieller Sinnesrezeptoren elektrische und magnetische Felder des Alltags nicht unmittelbar wahrnehmen. Es gibt nur eine mittelbare Wahrnehmung von elektrischen Feldern durch ihre Kraftwirkung auf Ladungen, die sich auf Körperhaaren ansammeln, sodass sie vibrieren.
- Implantate im Körper – wie Herzschrittmacher oder implantierbare Defibrillatoren – können aufgrund ihrer Sonden im Herzen exogene wie endogene Ströme und Felder wahrnehmen. Eine Beeinflussung durch die elektrischen und magnetischen Felder von Hochspannungsleitungen ist jedoch nicht zu befürchten, wie große Versuchsreihen gezeigt haben.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

4 Stand der Forschung

Forschungsansätze

In der internationalen Forschung werden vor allem drei verschiedene Forschungsansätze zur Klärung möglicher schädlicher Einflüsse elektrischer und magnetischer Felder verfolgt:

- Untersuchung der Wirkung auf den Gesamtorganismus von Mensch und Tier,
- Untersuchung der Wirkung auf Zellverbände, einzelne Zellen und ihre Bestandteile,
- epidemiologische Studien, die versuchen, auffällige Häufungen bestimmter Krankheitsbilder in Zusammenhang mit äußeren Einflüssen zu bringen.

Können magnetische Felder Krebs verursachen?

Bösartige Erkrankungen (wie insbesondere Krebs/Karzinome, andere Tumoren und Leukämien etc.) können im Wesentlichen auf zwei verschiedenen Wegen durch äußere Einwirkungen hervorgerufen werden:

a) Direkte Schädigung der Erbsubstanz, wie z. B. durch Veränderungen an einzelnen Molekülen im Zellkern oder an Chromosomen (sogenannte genotoxische Wirkung).

b) Indirekte Wirkungen, z. B. im Hormonstoffwechsel, die nachfolgend zu veränderten Aktivitäten im Bereich der Erbsubstanz verschiedener Zellen führen und hierdurch eine krebserzeugende Wirkung entfalten (z. B. durch Verursachung von Entzündungen, Bildung von freien Sauerstoffradikalen („oxidativer Stress“) oder durch negative Effekte auf unser Immunsystem) oder das Wachstum von bereits bösartig veränderten Zellen beschleunigen (sogenannte Tumorpromotion).

Um die Frage zu klären, ob eine Einwirkung auf den Organismus von außen, wie z. B. elektrische/magnetische/elektromagnetische Felder, Erkrankungen beim Menschen verursachen kann, sind im Wesentlichen folgende unterschiedliche Vorgehensweisen möglich:

a) **Experimentelle Untersuchungen bei Personen**, die über einen bestimmten Zeitraum künstlich erzeugten Feldern ausgesetzt werden. Hierbei dürfen aus ethischen Gründen allerdings nur rechtlich zulässige Feldstärken eingesetzt werden. Zudem ist die Beobachtungsdauer vergleichsweise kurz. Da sich Krebs und andere bösartige Erkrankungen erst über Jahre und Jahrzehnte entwickeln, sind solche Studien zwar zur Erforschung kurzfristiger Wirkungen, jedoch nicht zur Abklärung von Krebsrisiken geeignet.

b) **Untersuchungen des Krankheitsgeschehens beim Menschen (epidemiologische Studien).** Hierbei werden bei größeren Gruppen von Personen, die der äußeren Einwirkung (z. B. Feldern) ausgesetzt sind, und bei einer Vergleichsgruppe, die den Einwirkungen (z. B. Feldern) nicht ausgesetzt sind, Daten zu Erkrankungshäufigkeiten erhoben (sogenannte Kohortenstudien). Da ein absolutes Fehlen von Feldern in unserer Umgebung praktisch nirgends gegeben ist, ist nur eine Unterscheidung nach Personengruppen mit unterschiedlichen Feldstärkeexpositionen (Höhe, Dauer) möglich. Es wird dann festgestellt, ob in einer der Personengruppen bestimmte Erkrankungen, z. B. Krebs, häufiger auftritt als in der anderen Gruppe (sogenannte relatives Risiko). Diese Untersuchungen sind sehr zeitaufwändig und benötigen eine große Anzahl an einbezogenen Personen, die zudem über lange Zeiträume beobachtet werden müssen.

   Möglich ist auch die Untersuchung, ob Personen mit einer bestimmten diagnostizierten Erkrankung (z. B. Leukämie) („Fälle“) und Personen mit anderen bzw. keinen Erkrankungen („Kontrollen“) in unterschiedlicher Häufigkeit oder Höhe gegenüber Feldern exponiert waren (sogenannte Fall-Kontroll-Studien).

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Für beide Studientypen gilt, dass aufwendige statistische Auswerteverfahren erforderlich sind, um zufällige Risikoerhöhungen von tatsächlich durch die Felder verursachten Risiken zu unterscheiden. Insbesondere, wenn Risikoerhöhungen in der Studie gering sind und sich die untersuchten Gruppen bzgl. Alter, Geschlecht und anderen möglichen Einflussfaktoren voneinander unterscheiden, ist es oft nicht möglich, festzustellen, ob die Felder hierfür verantwortlich gemacht werden können.

Felder können darüber hinaus im Körper nicht „gespeichert" oder „angereichert" werden. Von daher sind Risikoabschätzungen anhand der Höhe, der Dauer und der Häufigkeit von Einwirkungen der Felder im Sinne einer sogenannten „Gesamt-Dosis" nicht möglich.

c) **Laboruntersuchungen beim Menschen.** Bei Personen, die einen Zusammenhang von Gesundheitsstörungen bis hin zu Krebserkrankungen mit der Einwirkung elektromagnetischer Felder vermuten, werden häufig umfangreiche Laboruntersuchungen, v. a. des Bluts und des Blutserums, vorgenommen. Hierzu gehören z. B. die Dunkelfeldmikroskopie, Bestimmung zahlreicher Hormone (wie z. B. Melatonin), Enzyme, Indikatoren von „oxidativem Stress" und Störungen des Energiestoffwechsels („Mitochondrienfunktion") bis hin zu Bestimmungen von zahlreichen Vitaminen und Spurenelementen (oft als „Mikronährstoffe" bezeichnet). Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich hierbei um Parameter handelt, die durch eine Vielzahl unterschiedlicher Faktoren auf den Organismus beeinflusst werden. Auffälligkeiten dieser Laborwerte sind deshalb unspezifisch. Eine Beeinflussung dieser Parameter durch elektromagnetische Felder, wie sie in der Umwelt vorliegen, ist nicht nachgewiesen.

d) **Untersuchungen an Labortieren** (meist Nagetieren), die unterschiedlichen Feldern ausgesetzt werden. Auch hier wird nach bestimmten Zeiten geprüft, ob und ab welchen Feldstärken für einzelne Erkrankungen erhöhte Risiken erkennbar sind. Der Vorteil von Tierversuchen ist, dass auch höhere Feldstärken über längere Zeiträume einsetzbar sind, als dies aus ethischen Gründen beim Menschen möglich wäre. Zudem entwickeln Nagetiere bösartige Erkrankungen meist in wesentlich kürzerer Zeit als Menschen, sodass die erforderlichen Beobachtungszeiten deutlich kürzer sind. Problematisch ist bei Tierversuchen allerdings immer, inwieweit die Anwendung der Felder, bezogen auf Gewicht, Größe, Körpergestalt etc., für den Menschen aussagekräftig sind und wie eine auf den Menschen übertragbare Feldexposition bestimmt werden kann. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn induzierte oder influenzierte Ströme betrachtet werden, die von einem gegebenen Feld erzeugt werden. Hier müssen geeignete Umrechnungsfaktoren gefunden werden. Für magnetische Felder wurde in einer aktuellen Studie beispielhaft berechnet, dass sie für Mäuse etwa 13-mal so stark sein müssen wie beim Menschen, um vergleichbare Ströme zu induzieren. Eine weitere Schwierigkeit ist, dass Stoffwechselwege bei den Tieren oft anders verlaufen als beim Menschen, sodass die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Menschen ein grundsätzliches Problem darstellt.

e) **Untersuchungen an menschlichen oder tierischen Zellen.** Diese Untersuchungen haben den Vorteil, dass experimentell unterschiedliche Frequenzen und Feldstärken in unterschiedlicher Dauer eingesetzt werden können und hieraus z. B. Schwellenwerte abgeleitet werden können, ab denen Veränderungen nachweisbar sind. Zudem können mit besonderen Untersuchungsverfahren auch die zugrunde liegenden Mechanismen der Wirkungen von Feldern erforscht werden. Hierbei kann auch geprüft werden, ob und ggf. ab welchen Feldstärken Veränderungen an Zellen auftreten, die geeignet sind, bösartige Erkrankungen zu verursachen oder zu fördern. Die Schwierigkeit ist auch hier die Prüfung, wie die verwendeten Feldstärken in entsprechende Feldstärkewerte beim Menschen umzurechnen sind. Zudem wird bei derartigen Untersuchungen nicht berücksichtigt, dass der menschliche Organismus Regulationsmechanismen besitzt, die eine mögliche krebserzeugende Wirkung abschwächen oder sogar beseitigen können (z. B. durch im Organismus ohnehin ständig ablaufende Reparaturvorgänge an der Erbsubstanz, Wirkung von Antioxidantien gegen oxidativen Stress, Gegenregulation von indirekten krebserzeugenden oder krebsfördernden Mechanismen).

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Im Folgenden werden die Aussagen, die sich aus den verschiedenen Studien ergeben, zusammengefasst.

Ein eindeutiges Ergebnis der durchgeführten Studien ist, dass elektrische oder magnetische 50-Hz-Felder innerhalb und zum Teil weit oberhalb der gesetzlichen Grenzwerte wegen ihrer niedrigen Energie nicht in der Lage sind, Zellen direkt in ihrem Erbgut so zu verändern, dass sie zu Krebszellen werden (Krebsinitiation). Diese Tatsache ist unter Fachleuten heute international anerkannt.

Es bleibt somit die Frage, ob Zellen mit bereits vorhandenen Zellschädigungen, wie sie im menschlichen Körper etwa von bestimmten Lebensmitteln, Alkohol, Nikotin oder ionisierender Strahlung oder auch spontan ohne äußere Einwirkung täglich in großer Anzahl entstehen, von magnetischen Feldern so beeinflusst werden können, dass sie schneller zu Krebszellen werden (Krebspromotion).

Die zum Teil widersprüchlichen Ergebnisse von Tierversuchen lassen eine abschließende Aussage zur Frage einer tumorfördernden Wirkung (Krebspromotion) von Magnetfeldexpositionen bisher nicht zu, wenngleich die weit überwiegende Zahl der bislang durchgeführten Studien einen solchen Zusammenhang nicht erkennen lässt.

FAZIT

- Bei Erwachsenen ergab sich kein Nachweis dafür, dass bei lang andauernder Exposition gegenüber niederfrequenten Feldern ein erhöhtes Risiko existiert, an Krebs zu erkranken.
- Für die früher vermuteten Zusammenhänge zwischen seltenen zusätzlichen Fällen kindlicher Leukämie und solchen Feldern sind die statistischen Hinweise zu schwach, um eine ursächliche Beziehung folgern zu können. Ebenso gibt es bislang keine biologischen Wirkmechanismen oder Ergebnisse tierexperimenteller Forschung, die für einen solchen Zusammenhang sprechen.
- Die Beschleunigung von Krebswachstum konnte trotz hohem Aufwand bislang nicht reproduzierbar beobachtet werden.

Epidemiologische Untersuchungen

Bereits Ende der 1970er-Jahre wurde gezeigt, dass Reizwirkungen unter dem Einfluss elektrischer und magnetischer Felder erst bei sehr hohen Feldstärken auftreten (siehe Kap. 3), die weit oberhalb der gesetzlichen Grenzwerte liegen (siehe Kap. 5). Für die im gewöhnlichen Arbeits- und Lebensbereich vorkommenden Felder sind keine akuten Einflüsse auf die Gesundheit zu erwarten. Für alle nationalen und internationalen Grenzwertempfehlungen beim Aufenthalt von Menschen in elektrischen und magnetischen Feldern ist dieses Ergebnis eine der wichtigsten Grundlagen.

Darüber hinaus wurde untersucht, ob infolge eines langfristigen Aufenthalts des Menschen in elektrischen und magnetischen Feldern Spätfolgen auftreten, wie zum Beispiel eine Schädigung des ungeborenen Kinds (teratogene Schäden) oder eine Begünstigung der Krebsentwicklung bei Kindern und Erwachsenen. Zur Untersuchung dieser Fragestellungen wurden aufwendige, oft Jahre dauernde statistische Untersuchungen durchgeführt, die als epidemiologische Studien bekannt sind.

Die ersten Ergebnisse zur Krebshäufigkeit bei Kindern, die in der Nähe von Freileitungen leben, publizierte eine amerikanische Forschergruppe bereits im Jahre 1979. Inzwischen sind viele epidemiologische Studien zur Krebshäufigkeit bei Bewohnern von Häusern in der Nähe von Freileitungen durchgeführt worden. Außerdem liegen zahlreiche Studien zu möglichen Zusammenhängen zwischen „elektrischen“ Berufen und Krebshäufigkeit oder teratogenen Schäden vor.

Die Güte dieser Studien ist höchst unterschiedlich, und daher sind sogenannte Meta-Studien, die die Ergebnisse von Einzelstudien zusammenfassen, oft schwer miteinander zu vergleichen. Zu groß ist die Fülle anderer Faktoren, die mit einwirken, zu unterschiedlich die Anlage der Untersuchungen hinsichtlich der zugrunde liegenden Fallzahlen, der Güte der Studiendaten und vieler anderer Faktoren. Ein rein zahlenmäßiges Gegenüberstellen von Untersuchungen mit offensichtlich positiven und offensichtlich negativen Ergebnissen ist daher nicht geeignet, den gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis zu bewerten.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Im Folgenden wollen wir uns der Übersichtlichkeit wegen auf Studien beschränken, die den Wohnbereich betreffen. Deren größtes Problem besteht darin, dass sich die Ergebnisse nur auf eine geringe Datenmenge stützen können. Seltene Krankheiten wie Blutkrebs (Leukämie) bei Kindern stehen im Vordergrund der Untersuchungen. Überdurchschnittlich hohe Feldstärken treten nur selten auf und die Zahl der Fälle, in denen Krebserkrankungen bei Kindern mit einer erhöhten Feldexposition zusammenhängen könnten, sind äußerst gering. Gerade für statistisch abgesicherte Aussagen über kleine Risiken wären demnach besonders große Personengruppen notwendig.



©edella/123RF.COM

Abb. 31: Die hier gezeigten Freileitungen sowie in der Straße verlegte Erdkabel tragen zur Magnetfeldexposition im Haus genauso bei wie häusliche Elektroinstallationen und Stromanwendungen.

Eine weitere Schwierigkeit bei derartigen Studien besteht in Unsicherheiten bei der Unterscheidung zwischen exponierten und nicht exponierten Personen:

- Jeder Mensch ist in irgendeiner Form von elektrischen Geräten und damit von Feldquellen umgeben. Eine völlig feldfreie Kontrollgruppe gibt es nicht (siehe Abb. 31).

- Die Feldexposition wurde früher immer rückblickend (retrospektiv) – also im Nachhinein – ermittelt. Die Magnetfelder der Stromversorgung können sich aber mit jeder baulichen Maßnahme im Haus oder in der Nachbarschaft sowie natürlich mit dem Stromverbrauch verändern. Bei Kindern ändert sich zudem entwicklungsbedingt das magnetische Umfeld über den Gebrauch verschiedener elektrischer/elektronischer Geräte sehr schnell.

- In vielen früheren Studien wurden anstelle der tatsächlichen Feldstärken sogenannte „Ersatzgrößen“ benutzt, zum Beispiel, welche Leitungen wo im Haus oder draußen verlaufen, die sogenannten Leitungscodes.

- In der Wissenschaft liegen keine sicheren Erkenntnisse dazu vor, welche Kenngrößen (Parameter) der Felder für eine Wirkung auf den Organismus relevant sind. Sollte beispielsweise eine niedrige Dauerexposition ausschlaggebend sein, müssten vor allem die Anlagen zur Energieübertragung und -verteilung oder Haushaltsgeräte wie Heizdecken und Radiowecker berücksichtigt werden. Spielen maximale Feldwerte eine wesentliche Rolle, verdienen ganz andere Geräte wie der Haarföhn Beachtung.

- Elektrische und magnetische Felder werden im Körper nicht „gespeichert“, sie reichern sich nicht im Körper an. Daher ist der Begriff „Dosis“ nicht anwendbar, ganz im Gegensatz zu ionisierender Strahlung (wie z. B. Röntgenstrahlung) und lange im Körper speicherbaren Schadstoffen, die ja mit jeder zusätzlichen neuen Exposition eine höhere Gesamtdosis ergeben. Mit Entfernung aus dem Feld erlischt auch dessen etwaige Wirkung auf den Organismus. Zudem gibt es Schwellenwerte, unterhalb derer bereits aus grundsätzlichen Erwägungen keine Effekte im Organismus auftreten können. Auch aus diesen Gründen sind Studien in der Bevölkerung schwierig zu konzipieren und zu interpretieren. Es lassen sich nicht in einfacher Form „Dosis-Wirkung-Beziehungen“ ableiten.

Bei den neueren Studien wurde versucht, die Aussagekraft epidemiologischer Studien über Magnetfeldmessungen in Wohnungen zu erhöhen. Das verblüffende Resultat: Ein Zusammenhang zwischen Leukämie bei Kindern und den „Ersatzgrößen“ ließ sich reproduzieren, mit den gemessenen Feldern war jedoch kein Zusammenhang herstellbar. Wenn also vom Betrieb einer Freileitung etwas ausgeht, das Leukämie bei Kindern begünstigt, müsste es etwas sein, das eher mit Ersatzgrößen erfasst wird als mit nachträglichen Feldmessungen. Dieses Phänomen wurde in den USA auch „Leitungscode-Paradoxon“ genannt.

Weitere Studien, darunter auch eine deutsche Studie zur Kinderleukämie, weisen alle wegen der selten auftretenden Erkrankungen und der

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

nur selten über dem in der Allgemeinbevölkerung liegenden Durchschnitt nachgewiesener Magnetfeldwerte kleine Fallzahlen auf. Auch die Quote von Fällen und Kontrollen, in denen die Bewertung der Magnetfeldexposition auf Messdaten und nicht auf Ersatzgrößen beruht, ist relativ klein. Hinweise auf mögliche Zusammenhänge von Erkrankungen und niederfrequenten Magnetfeldern sind somit als schwach anzusehen, auch in Fällen, wo die Ergebnisse statistisch signifikant sind. Die bislang größte Meta-Analyse von Amoon und 24 weiteren Wissenschaftlern, basierend auf 11 Einzelstudien mit fast 30.000 Leukämie-Fällen und fast 70.000 Kontrollen, wurde 2018 veröffentlicht. Diese Publikation konnte keinerlei Zusammenhang zwischen Magnetfeldern und kindlicher Leukämie aufzeigen. Eine Zeitreihenanalyse der Ergebnisse solcher epidemiologischer Studien wurde 2019 von Swanson und andere veröffentlicht und belegt, dass über die Jahre die berechneten Risiken beständig abnahmen. Es scheint so zu sein, dass weitere epidemiologische Studien keinen Mehrwert liefern können. Auch bei weiterer Vergrößerung der Fall- und Kontrollanzahl sehen die Epidemiologen keinen zusätzlichen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn, da der bisher gefundene statistische Effekt zu klein ist.

STICHWORT „EPIDEMIOLOGIE“

Die Epidemiologie untersucht das Auftreten von Krankheiten in der Bevölkerung mit dem Ziel, eine Verbindung zwischen einer Krankheit und einem oder mehreren verursachenden Faktoren aufzuklären. Beispielsweise wird vermutet, dass magnetische Felder einen möglichen krankheitsverursachenden Faktor darstellen. Für eine epidemiologische Untersuchung wird dann aus einer Gruppe erkrankter Personen und aus einer gleichartigen Gruppe nicht erkrankter Personen jeweils eine Stichprobe ausgewählt und genau daraufhin untersucht, inwieweit Unterschiede im Hinblick auf Expositionen mit magnetischen Feldern zwischen den Personengruppen bestehen. Eine solche Fall-Kontroll-Studie ist also kein in allen Details kontrollierbares Experiment. Man ist vielmehr angewiesen auf Beobachtungen von Erkrankungs- oder Sterbehäufigkeiten und gleichzeitig auf die möglichst genaue Erhebung von Daten über vermutete Ursachen. Eine weitere Art der epidemiologischen Studien ist die Kohorten-Studie, bei der große Gruppen von unterschiedlich exponierten Menschen über lange Zeit hinsichtlich ihrer Krankheiten untersucht werden, wobei auch hier die Expositionsparameter möglichst oft und genau erfasst werden müssen. Mit der Güte dieser Parameter steht und fällt die Aussagefähigkeit jeder epidemiologischen Studie.

Für die Bewertung der Aussagekraft aller epidemiologischen Studien gelten allgemein folgende Voraussetzungen:

1. Die Exposition muss eindeutig bestimmbar sein.
2. Die untersuchten Gruppen müssen ausreichend groß sein, um den Einfluss von „Ausreißern“ zu beschränken.
3. Die untersuchten Gruppen sollen sich mit Ausnahme des zu untersuchenden Einflussfaktors (hier: Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern) möglichst ähnlich sein (z. B. Verteilung von Alter, Geschlecht, Wohnregion etc.)
4. Auf eine mögliche Krankheit können viele Faktoren Einfluss nehmen. Die Studie und insbesondere die Datenanalyse müssen versuchen, diese Faktoren möglichst vollständig zu erfassen und in der statistischen Auswertung zu berücksichtigen.

Deshalb können die Ergebnisse einer epidemiologischen Untersuchung nur Indizien liefern, aber keinen Wirkzusammenhang beweisen. Sie zeigen lediglich, in welchem Maß ein bestimmter Faktor statistisch mit dem Auftreten eines bestimmten Effekts in Verbindung steht, allerdings ist damit keineswegs die Ursache gefunden. Eindeutige Ursache-Wirkungs-Verhältnisse müssen mit Experimenten belegt werden.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Beurteilungen durch Institutionen

Die Frage nach möglichen Gesundheitsschäden der Wirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern wird international fortlaufend beobachtet. Die dabei gewonnenen Schlussfolgerungen werden von Expertengruppen und Fachleuten unterschiedlicher Herkunft, Fachdisziplin und Interessenlage erarbeitet. Im Folgenden sind aus den Berichten von drei Institutionen Auszüge angeführt. Weitere nationale wissenschaftliche Institutionen kommen zu ähnlichen Schlüssen.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)[1] (Internationale Kommission für den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung)

Die ICNIRP beobachtet fortlaufend den Stand der Forschung zu elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern. Vor 1998 war die ICNIRP in der Dachorganisation IRPA (International Radiation Protection Association) integriert. Auf der Basis des jeweiligen wissenschaftlichen Kenntnisstands hat die ICNIRP (bzw. IRPA) in den Jahren 1990, 1993, 1998, 2009, 2010 und 2020 Richtlinien für Grenzwerte bezüglich Expositionen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Wechselfelder sowie Gleichfelder veröffentlicht. Die Zielsetzung der veröffentlichten Empfehlungen zur Begrenzung der Exposition ist der Schutz vor allen wissenschaftlich nachgewiesenen gesundheitsschädigenden Wirkungen. Auch die für diese Broschüre relevanten ICNIRP-Empfehlungen für magnetische Gleichfelder und elektrische und magnetische Wechselfelder von 1 Hz bis 10 MHz verfolgen diesen Zweck.

Zusätzlich werden wahrnehmbare Wirkungen berücksichtigt, die abhängig von Art und Ausmaß als erhebliche Belästigung empfunden werden oder zu Beeinträchtigungen der Arbeitsleistung führen können. Dies beinhaltet, dass die im genannten Frequenzbereich dominierenden, nichtthermischen Effekte abhängig von den Expositionsbedingungen noch bis etwa 10 MHz für den Strahlenschutz relevant sein können.

Für den Bereich der elektrischen Energieversorgung (Erzeugung, Übertragung, Verteilung und Anwendung) können in der Praxis Felder bis in den zweistelligen kHz-Bereich auftreten.

Die ICNIRP-Empfehlungen wurden zur Begrenzung der Exposition der allgemeinen Bevölkerung sowie der Exposition im beruflichen Umfeld veröffentlicht. Expositionen von Patienten zu medizinischen Zwecken (Diagnose, Therapie) wurden hier nicht betrachtet. Die Empfehlungen beziehen sich auf Wirkungen elektrischer und magnetischer Felder auf den menschlichen Körper sowie auf indirekte Wirkungen durch feldverursachte Kontaktströme. Mögliche indirekte Wirkungen durch eine Beeinflussung von medizinischen Hilfsmitteln, wie z. B. metallische Prothesen und Herzschrittmacher, werden in nationalen und internationalen Vorschriften geregelt. Auch mögliche feldbedingte Funktionsstörungen von Produkten werden von den ICNIRP-Empfehlungen nicht abgedeckt, da es sich hier um die Beeinflussung von Geräten, und nicht um biologische Wirkungen handelt.

Die wesentlichen Inhalte lauten:

Auch bei einer Dauerexposition mit elektrischen und magnetischen Feldern konnte für den von der ICNIRP genannten Frequenz- und Feldstärkebereich (siehe Abb. 32) bisher kein Kausalzusammenhang zu Krankheitsbildern hergestellt werden.

Entsprechende öffentliche Besorgnisse können sich daher nicht auf einen wissenschaftlich basierten Kausalzusammenhang stützen, werden aber trotzdem z. B. im Sinne eines Minimierungsgebots berücksichtigt. In Tabelle 2 werden die für Personen empfohlenen Referenzwerte für die in der elektrischen Energieversorgung auftretenden Gleich- und Wechselfelder angegeben.

1 Die „International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)“, sinngemäß auf Deutsch „Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung“, ist ein als eingetragener Verein tätiges wissenschaftliches Beratungsgremium (siehe *https://www.icnirp.org/en/about-icnirp/aim-status-history/index.html*). Die selbstgestellte Aufgabe ist die möglichst vollständige Erfassung und Bewertung des wissenschaftlichen Kenntnisstands zu den biologischen Auswirkungen nichtionisierender Strahlung, sowie daraus Grenzwertempfehlungen zur Sicherstellung der menschlichen Gesundheit und der Vermeidung erheblicher Belästigungen abzuleiten. Es ist zu betonen, dass die ICNIRP keinerlei gesetzgeberische oder wie auch immer geartete „offizielle“ Aufgabe innehat: Sie publiziert ausschließlich wissenschaftlich fundierte Empfehlungen. Die Bedeutung der ICNIRP-Empfehlungen basiert darauf, dass sie weltweit am häufigsten für Gesetze, Verordnungen oder andere Regularien herangezogen werden, d. h. dass sie von Dritten, wie z. B. WHO oder EU-Kommission, als offensichtlich bestmögliche Empfehlung angesehen werden.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Tab. 2: ICNIRP-Referenzwerte für Gleich- und Wechselfelder in der elektrischen Energieversorgung

	Wechselfelder (50Hz)		Gleichfelder	
	Elektrische Feldstärke	Magnetische Flussdichte	Elektrische Feldstärke	Magnetische Flussdichte
Exposition am Arbeitsplatz und im beruflichen Umfeld	10 kV/m	1000 µT	-	2/8 T *
Exposition der Bevölkerung	5 kV/m	200 µT	-	400 mT

* 2 T für Exposition Kopf und Rumpf, 8 T für Gliedmaßen

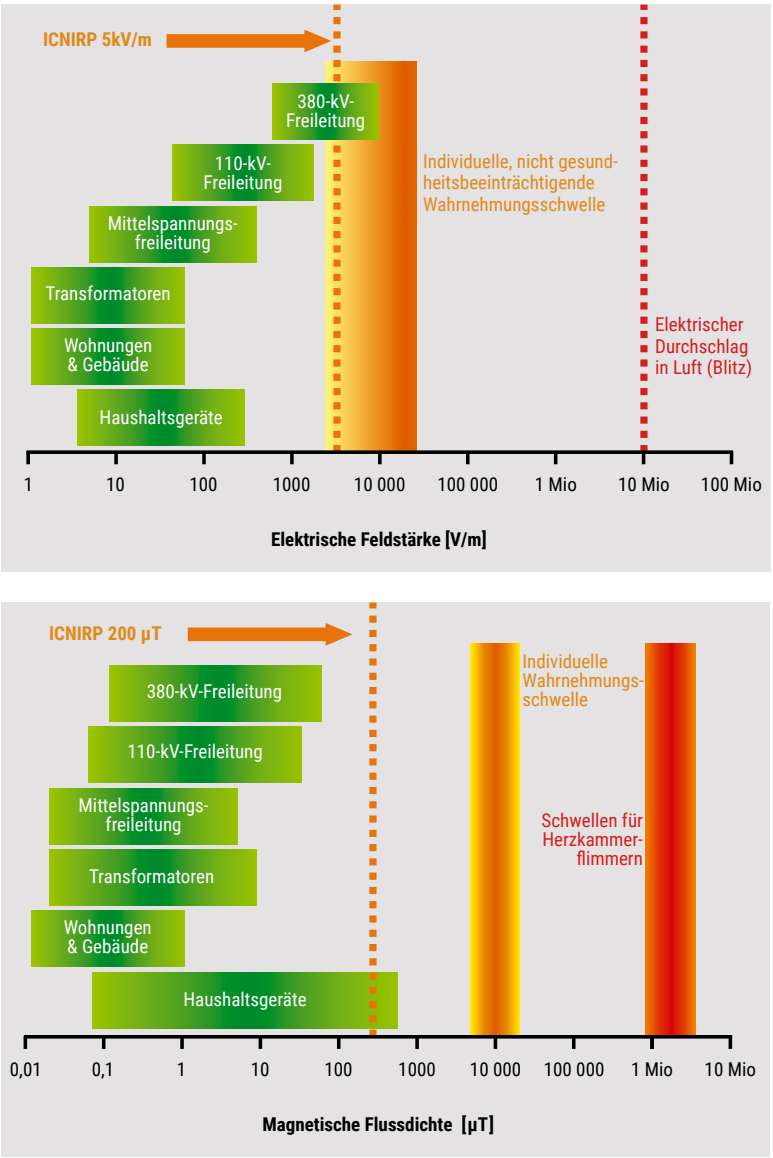


Abb. 32: Einordnung der ICNIRP-Empfehlung für die allgemeine Bevölkerung in elektrischen und magnetischen 50-Hz-Feldern

Strahlenschutzkommission (SSK)

Die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK) hat nach 1995 und 1998 in 2001 überarbeitete Empfehlungen zum Schutz vor niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern der Energieversorgung und -anwendung veröffentlicht. Darin schloss sie sich der Grenzwertempfehlung von IRPA (1990/1993) und ICNIRP (1998) an. Nach Sichtung weiterer wissenschaftlicher Veröffentlichungen hat die SSK im Februar 2008 ihre überarbeiteten Empfehlungen veröffentlicht. Die zentralen Aussagen im Wortlaut sind u. a.:

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

- „Die Strahlenschutzkommission kommt zu dem Schluss, dass auch nach Bewertung der neueren wissenschaftlichen Literatur keine wissenschaftlichen Erkenntnisse in Hinblick auf mögliche Beeinträchtigungen der Gesundheit durch niederfrequente elektrische und magnetische Felder vorliegen, die ausreichend belastungsfähig wären, um eine Veränderung der bestehenden Grenzwertregelung der 26. BImSchV[2] zu rechtfertigen. Aus der Analyse der vorliegenden wissenschaftlichen Literatur ergeben sich auch keine ausreichenden Belege, um zusätzliche verringerte Vorsorgewerte zu empfehlen, von denen ein quantifizierbarer gesundheitlicher Nutzen zu erwarten wäre."

- „Die SSK stellt fest, dass im häuslichen Bereich ortsfeste Anlagen zur Energieversorgung nur in einem kleineren Teil der Fälle für überdurchschnittlich hohe Magnetfeldexpositionen verantwortlich sind. In der überwiegenden Zahl der Fälle werden diese durch wohnungsinterne Feldquellen und durch die hauseigenen Elektroinstallationen verursacht. Eine vorsorgliche Expositionsreduktion wäre daher nicht nur auf ortsfeste Energieversorgungsanlagen zu beschränken, sondern müsste vor allem auch den privaten Bereich mit einschließen, z. B. im Hinblick auf die Planung und Ausführung der Elektroinstallation und die Beschaffung und Verwendung von Elektrogeräten."

- „Die Ergebnisse von epidemiologischen Studien über einen möglichen Zusammenhang zwischen Leukämieerkrankungen von Kindern und Magnetfeldexpositionen werden nach wie vor weder durch Laborstudien (in vitro und in vivo) noch durch Wirkungsmodelle unterstützt und sind daher zu wenig gesichert, um Grenzwertregelungen zu rechtfertigen. Die SSK sieht daher in den alleinigen Ergebnissen der epidemiologischen Studien keine geeignete Basis, aufwendige Maßnahmen zu rechtfertigen, um Emissionen um mehrere Größenordnungen zu reduzieren."

International Agency for Research on Cancer (IARC)

Eine interessante Bewertung der Ergebnisse epidemiologischer Studien hat die International Agency for Research on Cancer (IARC) präsentiert. Die IARC nimmt eine Klassifizierung verschiedener Agenzien im Hinblick auf ihren möglichen Zusammenhang mit Krebserkrankungen vor. Hieraus resultieren folgende Einstufungsmöglichkeiten:

1: Gesichert krebserzeugend beim Menschen („carcinogenic to humans");

2A: Wahrscheinlich krebserzeugend beim Menschen („probably carcinogenic to humans");

2B: Möglicherweise krebserzeugend beim Menschen („possibly carcinogenic to humans");

3: Nicht einstufbar bzgl. der Humankanzerogenität („not classifiable").

Die IARC hat die Möglichkeit eines Zusammenhangs zwischen der Exposition mit elektrischen und magnetischen Feldern und dem Auftreten von Krebs bewertet und diese Felder in die Gruppe 2B „possibly carcinogenic to humans" eingestuft – gemeinsam mit über 200 anderen Agenzien. Elektrische und magnetische Felder sind damit in die Kategorie mit den geringsten Anhaltspunkten für eine, allenfalls als möglich erachtete, krebserzeugende Wirkung eingestuft worden. In diese Kategorie wurde auch der Verzehr von eingelegtem Gemüse oder Heißgetränken eingestuft.

FAZIT

- Nationale und internationale Expertengruppen und Fachleute unterschiedlicher Herkunft, Fachdisziplin und Interessenlage überprüfen ständig mögliche Beeinflussungsszenarien elektrischer und magnetischer Felder auf den menschlichen Organismus. Sie berichten, dass auch bei einer Dauerexposition mit elektrischen und magnetischen Feldern für den von ICNIRP genannten Frequenz- und Feldstärkebereich bisher kein Kausalzusammenhang zu Krankheitsbildern hergestellt werden konnte.
- Landwirtschaftlich genutzte Flächen in der Nähe von Leitungsanlagen der elektrischen Stromversorgung sowie der von ihnen geerntete Ertrag werden durch elektrische und magnetische Felder, welche solche Anlagen emittieren, nicht beeinflusst oder gar beeinträchtigt.

2 Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

5 Richtwerte – Grenzwerte – Anforderungen

Seit dem Beginn der Elektrizitätsnutzung finden mögliche Gefährdungen des Menschen große Aufmerksamkeit. Akute Gefährdungen, etwa durch Überschläge bei unzulässiger Annäherung an Stromleitungen oder bei der Berührung von Spannung führenden Leitern, führten schon früh zu Schutzvorschriften.

Mit Beginn der Forschung zur Wirkung elektrischer und magnetischer Felder auf den Menschen setzten Überlegungen ein, ob und wie Grenzwerte für die Exposition mit elektrischen und magnetischen Feldern festgelegt werden könnten. Seither befassen sich viele Studien mit möglichen Wirkungen dieser Felder auf den Menschen. Jede Festlegung von zulässigen Werten basiert auf einer soliden wissenschaftlichen Grundlage, wobei durch Sicherheitsfaktoren ein ausreichender Abstand zu Feldstärken, die zu gesundheitlich relevanten Effekten beim Menschen führen können, gewährleistet ist.

Auf Basis der Empfehlungen verschiedener internationaler Institutionen (siehe Kap. 4) wurden bzgl. der Allgemeinbevölkerung für die Felder im Niederfrequenzbereich die Anforderungen an ortsfeste Anlagen der Energieerzeugung, -übertragung und -verteilung in Deutschland verbindlich in der 26. Verordnung zum Bundesimmissions-Schutzgesetz (26. BImSchV) festgelegt.

Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Empfehlungen bzw. Anforderungen für die Allgemeinheit, die im Folgenden näher erläutert werden. Die in der Tabelle genannten Werte sind Effektivwerte.

Tab. 3: Übersicht über die verschiedenen Empfehlungen/Anforderungen für die Allgemeinbevölkerung

			Wechselfelder (50Hz)		Gleichfelder	
			Elektrische Feldstärke (kV/m)	Magnetische Flussdichte (µT)	Elektrische Feldstärke (kV/m)	Magnetische Flussdichte (µT)
	Empfehlung	ICNIRP 2009 ICNIRP 2010	5	200	-	400.000
	Empfehlung	EU-Rats-empfehlung 1999	5	100	-	40.000
	Verordnung	26. BImSchV	5 *	100 *	-	500
			Zusätzlich existieren Anforderungen zur Minimierung von Wechsel- und Gleichfeldern.			

* nur an Orten des nicht nur vorübergehenden Aufenthalts von Personen

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Für den Arbeitsschutz gilt in Deutschland die *Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch elektromagnetische Felder (Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern – EMFV)*, die Anforderungen an die Exposition in elektrischen und magnetischen Feldern und ggf. notwendige Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz verbindlich festschreibt.

Die Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Empfehlungen bzw. Anforderungen für den Arbeitsschutz, die im Folgenden näher erläutert werden. Die in der Tabelle genannten Werte sind Effektivwerte.

Die unterschiedlichen zulässigen Werte für die Allgemeinbevölkerung und Beschäftigte am Arbeitsplatz ergeben sich daraus, dass für die Allgemeinheit eine ununterbrochene Exposition aller Altersgruppen einschl. besonders schützenswerter Personengruppen (Kinder, Ältere usw.) berücksichtigt wird, während am Arbeitsplatz eine Exposition nur während der Arbeitszeit im Rahmen eines bestehenden Arbeitsschutzkonzepts mit Unterweisung und betriebsärztlicher Beratung (z. B. beim Tragen von Implantaten, wie z. B. Herzschrittmachern) gegeben ist.

Tab. 4: Übersicht über die Empfehlungen/Anforderungen zum Schutz von Beschäftigten

			Wechselfelder (50Hz)		Gleichfelder	
			Elektrische Feldstärke (kV/m)	Magnetische Flussdichte (µT)	Elektrische Feldstärke (kV/m)	Magnetische Flussdichte (µT)
	Empfehlung	ICNIRP 2009 ICNIRP 2010	10	1000	-	2.000.000/ 8.000.000 *
	Empfehlung	EU-Direktive 2013/35/EU	10/20 *	1000/6000 *	-	2.000.000/ 8.000.000 *
	Verordnung	EMFV	10/20 *	1000/6000 *	28,2	2.000.000/ 8.000.000 *

* angegeben sind die sogenannte untere und obere Auslöseschwelle

Anforderungen für die Öffentlichkeit/ Allgemeinbevölkerung

In Deutschland sind seit dem 1. Januar 1997 Grenzwerte des elektrischen und magnetischen Feldes für die Exposition der allgemeinen Bevölkerung verbindlich festgelegt. Die 26. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (26. BImSchV) basiert auf international anerkannten und empfohlenen Werten (siehe Ausführungen zur ICNIRP auf S. 37) und wurde 2013 novelliert (siehe Tabelle 5). Die dort festgelegten Anforderungen für Gleichfelder gelten für Orte zum vorübergehenden oder dauerhaften Aufenthalt von Personen. Für Wechselfelder gelten die dort festgelegten Anforderungen für Orte, an denen sich Personen nicht nur vorübergehend aufhalten. Damit wird berücksichtigt, dass diese Werte für den kontinuierlichen Aufenthalt zulässig sind. Abgestützt auf den Stand der wissenschaftlichen Kenntnisse werden in dieser Verordnung im Bereich bestehender Anlagen auch kurzzeitige oder kleinräumige Überschreitungen der Felder zugelassen, ohne dass es zu nachteiligen gesundheitlichen Auswirkungen kommt. Bei der Beurteilung ist die maximale Anlagenauslastung zugrunde zu legen, andere Niederfrequenzanlagen in der Nähe sind mitzuberücksichtigen, hier zusätzlich auch Hochfrequenzanlagen bis 10 MHz.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Tab. 5: Anforderungen nach 26. BImSchV

Frequenz	Elektrisches Feld	Magnetisches Feld
0-Hz-Gleichfeld	Kein Grenzwert	500 µT
16,7-Hz-Wechselfeld Bahnstrom	5 kV/m ×	300 µT × *
50-Hz-Wechselfeld Energieversorgung	5 kV/m ×	100 µT ×

× nur an Orten des nicht nur vorübergehenden Aufenthalts von Personen
* gerundeter Wert

Beim elektrischen Feld sind bei Gleich- und Wechselfeldern neben der Einhaltung der o. a. Werte äußerlich wahrnehmbare Wirkungen wie Funkenentladungen, auch zwischen Personen und leitfähigen Objekten, zu vermeiden, wenn sie zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen. Weiterhin sind die o. a. Werte aus Vorsorgegründen konsequent einzuhalten in der Nachbarschaft von Kindergärten, Schulen und anderen sensiblen Aufenthaltsbereichen. Darüber hinaus wurde 2013 ein Minimierungsgebot beim Neubau bzw. der wesentlichen Änderung von elektrischen Anlagen festgeschrieben. Nach der hierzu gültigen Verwaltungsvorschrift (26. BImSchVVwV) sind Orte, an denen sich Menschen bevorzugt längere Zeit oder dauerhaft aufhalten, im Bereich der Anlagen zu ermitteln und die Möglichkeiten einer Minimierung zu prüfen. Als mögliche Maßnahmen sind beispielsweise bei Freileitungen Abstandsoptimierung, elektrische Schirmung, Minimieren der Seilabstände, Optimieren der Mastkopfgeometrie oder das Optimieren der Leiteranordnung zu prüfen. Die Umsetzbarkeit der Minimierungsmaßnahme muss allerdings verhältnismäßig sein.

Erfasst werden von der 26. BImSchV alle ortsfesten Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsanlagen mit einer Betriebsspannung von 1.000 Volt und mehr. Nicht erfasst werden daher weder die Niederspannungsanlagen noch die Elektroinstallation im Haushalt oder die Elektrogeräte. Hier wird davon ausgegangen, dass diese Geräte jeweils nur kurzzeitig genutzt werden. Der Verordnungsgeber sieht daher in Bezug auf gesundheitliche Auswirkungen keine Probleme, auch gelten für Geräte die entsprechenden europäisch harmonisierten Normen, die der EU-Ratsempfehlung zu elektromagnetischen Feldern Rechnung tragen sollen.

Tab. 6: Anforderungen zum Schutz von Beschäftigten nach EMFV (als Effektivwerte angegeben)

Frequenz	Elektrisches Feld (kV/m)	Magnetisches Feld (µT)
0 Hz Gleichfeld	28,2	2.000.000
16,7 Hz Wechselfeld Bahnstrom	20	1.482/17.784 *
50 Hz Wechselfeld Energieversorgung	10/20 *	1.000/6.000 *

* angegeben sind die sogenannte untere und obere Auslöseschwelle

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

In der EU stützt sich die „Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz)“ noch auf die Empfehlungen der ICNIRP von 1998. Hierin werden neben den Basisgrenzwerten für den Niederfrequenzbereich auch abgeleitete Werte des elektrischen und magnetischen Feldes angegeben. Auch wenn dies als Empfehlung in Europa nicht einer rechtsverbindlichen Umsetzung in den einzelnen Mitgliedsstaaten bedarf, wurde diese Empfehlung dennoch zur Basis vieler nationaler Regelungen in Europa. 50-Hz-Felder in Deutschland, die von Anlagen der öffentlichen Stromversorgung ausgehen und den Anforderungen der 26. BImSchV genügen, erfüllen somit auch die Anforderungen der EU-Ratsempfehlung.

Hinweise zur Anwendung der 26. BImSchV hat auch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) gegeben. Hierin finden sich auch weitere Hintergrundinformationen („Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder in der Fassung des Beschlusses der 128. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 17. und 18. September 2014 in Landshut“).





Anforderungen zum Schutz von Beschäftigten

Für die berufliche Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern sind europaweit einheitliche Richtlinien verabschiedet worden. Die in der EU-Directive 2013/35/EU (Elektromagnetische Felder) festgelegten Anforderungen wurden in Deutschland mit der „Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern“ (EMFV, 15.11.2016) in nationales Recht umgesetzt (siehe Tabelle 6). Grundsätzlich liegen die zulässigen Werte am Arbeitsplatz höher als für die allgemeine Öffentlichkeit, weil die Exposition unter stärker kontrollierten Bedingungen stattfindet (vgl. Tabelle 5 und Tabelle 6). Dennoch sind auch die Expositionsgrenzwerte am Arbeitsplatz so bemessen, dass der Schutz der Beschäftigten jederzeit sichergestellt ist.

Für eine Anwendung in der Praxis wurden im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales „Technische Regeln EMF“ (TREMF) erarbeitet, für den Niederfrequenzbereich, für den Hochfrequenzbereich und für hohe statische Felder (Anwendungsgebiet: Magnet-Resonanz-Tomographen – MRT). Für eine erste Orientierung – insbesondere für Gewerbe und Kleinbetriebe – sind die in den TREMF NF und HF enthaltenen Übersichtstabellen hilfreich, die Hinweise auf hinsichtlich des Arbeitsschutzes nicht relevante Feldquellen geben. Dies sind beispielsweise typische IT-Ausstattungen mit Telefon, PC oder Laptop, Tastatur und Maus (Bluetooth), Drucker und WLAN, aber auch andere alltagstypische Beispiele aus dem beruflichen Umfeld sind dort aufgeführt.

Sind die Feldquellen nicht mit einfachen Mitteln bewertbar, muss eine detaillierte Analyse der Feldexposition am Arbeitsplatz nach den Vorgaben der TREMF erfolgen. Ein besonderes Augenmerk ist im beruflichen Umfeld auf eine mögliche Beeinflussung von aktiven medizinischen Hilfsmitteln wie beispielsweise Herzschrittmachern zu richten. Hier stellen die TREMF Hilfen zur Bewertung der Expositionssituationen zur Verfügung, um ein sicheres Arbeiten zu gewährleisten.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2022

FAZIT

- Grenzwerte sind in Deutschland verbindlich festgelegt. Sie sind abgeleitet aus soliden wissenschaftlichen Empfehlungen und werden anhand der neuesten wissenschaftlichen Erkenntnis kontinuierlich überprüft und ggf. angepasst.
- Grenzwerte werden mit großem Abstand, d. h. zusätzlichen Sicherheitsfaktoren, zu bekannten nachgewiesenen Wirkungen festgelegt.
- Deutschland hat zum Schutz und zur Vorsorge die internationale Grenzwertempfehlung für die magnetische Flussdichte für Anlagen der öffentlichen Stromversorgung halbiert und in der 26. BImSchV Grenzwerte für die Öffentlichkeit/Allgemeinbevölkerung festgelegt. Die 26. BImSchVVwV beschreibt darüber hinaus im Sinne der Vorsorge die zu prüfenden Minimierungspotenziale für elektrische Anlagen zur Stromübertragung, -verteilung und Umspannung.
- Mit der EU-Directive 2013/35/EU sind europaweit einheitliche Richtlinien für zulässige Expositionen an Arbeitsplätzen verabschiedet worden. Deutschland hat mit der „Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern“ (EMFV, 15.11.2016) die europäische Richtlinie in nationales Recht umgesetzt. Für eine Anwendung in der Praxis wurden „Technische Regeln EMF“ (TREMF) für den Nieder- und Hochfrequenzbereich sowie für hohe statische Felder erarbeitet.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

6 Glossar

Allgemeinbevölkerung
Gesamtheit der Personen in der Bevölkerung, welche Personen jeden Alters, inklusive Schwangere und deren ungeborene Kinder, sowie möglicherweise besonders gefährdete Personen wie (chronisch) Kranke etc. einschließt. Expositionssituationen sind den Betroffenen mangels konkreter Unterweisung möglicherweise nicht vollumfänglich bewusst (vgl. *Arbeitnehmer)*.

Arbeitnehmer
Arbeitnehmer stellen gegen Entgelt einem Arbeitgeber ihre Arbeitskraft zur Verfügung. Bei dieser Tätigkeit gelten diverse arbeitsrechtliche und arbeitschutztechnische Bestimmungen. Arbeitnehmer müssen für die Tätigkeiten geeignet sein, sowie über diese und gegebenenfalls nötige Schutzmaßnahmen unterwiesen sein, was eine wesentliche Unterscheidung zu Expositionssituationen der Allgemeinbevölkerung darstellt (vgl. *Allgemeinbevölkerung)*.

Drehstrom
Als Drehstrom bzw. Dreiphasenwechselstrom wird in der Elektrotechnik eine Form von Mehrphasenwechselstrom benannt, die aus drei einzelnen Wechselströmen oder Wechselspannungen gleicher Frequenz besteht, die zueinander in ihren Phasenwinkeln fest um 120° verschoben sind.

Elektrische Feldstärke
Maß für die von einem elektrischen Feld ausgehende Kraftwirkung. Die elektrische Feldstärke wird in Volt pro Meter (V/m) gemessen.

Frequenz
Anzahl der Schwingungen, Durchläufe (allgemein Wiederholungen eines wiederkehrenden Ereignisses) pro Zeiteinheit, z. B. bei einer Pendelbewegung oder einem Wellenvorgang. Einheit: Hertz (Hz), 1 Hz = 1/s.

Gleichstromanlagen
Ortsfeste Anlagen nach 26. BImSchV zur Fortleitung und Umrichtung, einschließlich der Schaltfelder, von Gleichstrom mit einer Nennspannung von 2.000 Volt oder mehr.

HDÜ
Hochspannungs-Drehstrom-Übertragung ist ein Verfahren der Energieübertragung mit Drehstrom, d. h. ein Wechselstrom bzw. eine Wechselspannung mit drei Phasen.

HGÜ
Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung ist ein Verfahren der Energieübertragung mit Gleichstrom bzw. mit Gleichspannung.

Hochfrequenzanlagen
Ortsfeste Anlagen nach 26. BImSchV, die elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 9 Kilohertz bis 300 Gigahertz erzeugen, ausgenommen sind Anlagen, die breitbandige elektromagnetische Impulse erzeugen und der Landesverteidigung dienen.

IARC
Die IARC ist eine Unterorganisation der Weltgesundheitsorganisation (WHO).

ICNIRP
Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung. Eine 1992 gegründete, unabhängige Organisation von internationalen Experten, die offiziell von der WHO als Beratungsgremium anerkannt ist und Empfehlungen zu Grenzwerten zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung ausarbeitet. Der Vorläufer der ICNIRP war International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association (IRPA/INIRC).

Implantat
Ein Implantat ist ein Körperhilfsmittel, das dazu bestimmt ist, durch einen klinischen Eingriff ganz oder teilweise in den menschlichen Körper eingeführt zu werden und nach dem Eingriff mindestens 30 Tage dort zu verbleiben.

Magnetische Feldstärke
Maß für die von einem Magnetfeld ausgehende Kraftwirkung. Die magnetische Feldstärke wird in Ampere pro Meter (A/m) gemessen.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Magnetische Flussdichte
Auch magnetische Induktion genannt. Bezeichnung für die vektorielle Größe $\vec{B}$, die zusammen mit der magnetischen Feldstärke $\vec{H}$ den magnetischen Zustand des Raumes vollständig beschreibt. Für das Magnetfeld wird jedoch meistens die Maßeinheit Tesla (T) der Flussdichte benutzt. Es gilt in Luft die Umrechnung: 1 A/m = 1,25 Mikro Tesla (Millionstel Tesla, µT). In älteren Fachbüchern findet sich auch noch die Einheit Gauß (G). Hierfür gilt: 1 A/m = 12,5 mG (Tausendstel Gauß). 1 G = 10^{-4} T = 0,1 mT = 100 µT.

Niederfrequenzanlagen
Sind ortsfeste Anlagen nach 26. BImSchV zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität mit einer Nennspannung von 1.000 Volt oder mehr, einschließlich Bahnstromfern- und Bahnstromoberleitungen und sonstiger vergleichbarer Anlagen im Frequenzbereich von 1 Hertz bis 9 Kilohertz.

SSK
Die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK) ist das Beratungsgremium des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) in allen Angelegenheiten des Schutzes vor ionisierenden und nicht-ionisierenden Strahlen. Die ehrenamtlichen Mitglieder der Kommission werden durch das BMUV berufen, sind unabhängig und nicht an Weisungen gebunden. Die Ergebnisse der Beratungen der Strahlenschutzkommission werden als naturwissenschaftliche und technische Empfehlungen oder Stellungnahmen an das BMUV gerichtet.

Statische Felder
Statische Felder, oftmals auch Gleichfelder genannt, sind an einem Punkt im Raum ihrem Betrag und Richtung nach zeitunabhängig (gleichbleibend). Ein ruhender Permanentmagnet ist ein Beispiel für ein statisches Magnetfeld, ebenso auch das Magnetfeld der Erde.

Stromdichte, elektrische Stromdichte
Die elektrische Stromdichte *J* ist die Ladungsmenge, die pro Zeiteinheit durch eine Fläche transportiert wird. Die Einheit ist Ampere pro Quadratmeter (A/m^2).

Reizschwelle
Die minimale Stärke eines Reizes, die zur Auslösung einer Erregung oder Reizempfindung ausreicht.

Stromrichter
Stromrichter bzw. Konverter wandeln Wechselstrom in Gleichstrom um, damit elektrische Energie in Gleichstromtechnik in einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung an einen anderen Standort übertragen werden kann. Dort wird der Gleichstrom dann wieder durch einen weiteren Stromrichter bzw. Konverter in Wechselstrom umgewandelt.

Tesla
SI-Einheit der magnetischen Induktion oder Flussdichte. 10^{-6} T = 1 µT.

WHO
Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) ist eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen, die sich mit der Gesundheit und dem Wohlbefinden aller Menschen befasst. Sie unterstützt die Länder in Gesundheitsfragen und überwacht und beurteilt die gesundheitliche Entwicklung, sie finanziert Programme zur Kontrolle der Ausbrüche von Infektionskrankheiten sowie deren Vorbeugung und Behandlung und setzt Normen und Standards fest.

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Von Nano bis Giga

Besonders kleine oder große Werte einer physikalischen Größe werden oft durch Abkürzungen in praxisgerechte, handhabbare Einheiten gebracht. International festgelegt sind dabei Abstufungen in 1.000er-Schritten.

Nano	(n) bedeutet ein Milliardstel	0,000000001
Mikro	(µ) bedeutet ein Millionstel	0,000001
Milli	(m) bedeutet ein Tausendstel	0,001
Kilo	(k) bedeutet ein Tausendfaches	1.000
Mega	(M) bedeutet ein Millionenfaches	1.000.000
Giga	(G) bedeutet ein Milliardenfaches	1.000.000.000

Beispiele:

1 kV = 1000 Volt

1 MHz = 1 Million Hertz = 1.000.000 Hertz

1 µT = 1 Millionstel Tesla = 0,000001 Tesla

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

7 Weiterführende Literatur

Nachfolgend ist eine Auswahl von weiterführender Literatur zum Thema elektrische und magnetische Felder zusammengestellt.

Publikationen im Bereich der Energieversorgung und -anwendung

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Niederfrequente elektrische und magnetische Felder
Website, Aktualisierung fortlaufend
https://www.bfs.de/DE/themen/emf/nff/nff_node.html

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Elektrische und magnetische Felder in der Stromversorgung
Broschüre, Juni 2021
https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/emf/stko-strom.pdf?__blob=publicationFile&v=10

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Strahlung und Strahlenschutz
Broschüre, April 2019
https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/str-u-strschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=13

Strahlenschutzkommission (SSK)
Empfehlungen zu Elektromagnetischen Feldern
Gesamtliste der Veröffentlichungen
https://www.ssk.de/DE/Beratungsergebnisse/ElektromagnetischeFelder/elektromagnetischefelder_node.html

Strahlenschutzkommission (SSK)
Biologische Effekte der Emissionen von Hochspannungs-Gleichstromübertragungsleitungen (HGÜ); Empfehlungen der Strahlenschutzkommission mit wissenschaftlicher Begründung
263. Sitzung, 12. September 2013
https://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse_PDF/2013/HGUE.pdf?__blob=publicationFile

Strahlenschutzkommission (SSK)
Schutz vor elektrischen und magnetischen Feldern der elektrischen Energieversorgung und -anwendung
221. Sitzung, 21./22. Februar 2008
https://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse_PDF/2008/Felder_Energieversorgung.pdf?__blob=publicationFile

Fachverband für Strahlenschutz (FS)
Leitfaden „Elektromagnetische Felder“
FS-2019-180-AKNIR, November 2019
https://www.fs-ev.org/fileadmin/user_upload/04_Arbeitsgruppen/08_Nichtionisierende_Strahlung/02_Dokumente/Leitfaeden/Leitfaden_Elektromagnetische_Felder-FS-2019-180-AKNIR_20191017_c.pdf

Fachverband für Strahlenschutz (FS)
Strahlung durch Hochspannungsleitungen
Strahlenschutz KOMPAKT Nr. 13, März 2021
https://www.fs-ev.org/fileadmin/user_upload/93_Oeff.-Arbeit/StrahlenschutzKompakt/SK13_Final_Einzelaus13_Kompakt_FSeV_01-2021_HigRes_V2.pdf

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW)
Elektromagnetische Felder im Alltag
Fachbroschüre, Februar 2020
https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/10537

Bayrisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Elektromagnetische Felder (EMF) – Monitoring in Bayern
Messungen von elektromagnetischen Feldern (EMF) in Wohngebieten
https://www.lfu.bayern.de/strahlung/emf_monitoring/index.htm

Weltgesundheitsorganisation (WHO)
Health topic Electromagnetic fields
https://www.who.int/health-topics/electromagnetic-fields

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Weltgesundheitsorganisation (WHO)
Extremely Low Frequency Fields
Environmental Health Criteria 238, 13. März 2007
https://www.who.int/publications/i/item/9789241572385

Weltgesundheitsorganisation (WHO)
Static Fields
Environmental Health Criteria 232, 13. Juni 2006
https://www.who.int/publications/i/item/9241572329

Conseil International des Grands Réseaux Électriques (Cigré)
Responsible management of electric and magnetic fields (EMF)
Technical Broschure, WG C3.19, 2020
https://e-cigre.org/publication/806-responsible-management-of-electric-and-magnetic-fields-emf

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)
Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz – 100 kHz);
Health Physics 99(6): 818-836, 2010
https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPLFgdl.pdf

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)
Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields
Health Physics 96(4):504-514, 2009
https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPstatgdl.pdf

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)
Exposure to Static and Low Frequency Electromagnetic Fields, Biological Effects and Health Consequences (0–100 kHz)
Review of the Scientific Evidence and Health Consequences, 2003; ISBN 978-3-934994-03-4
https://www.icnirp.org/en/publications/article/static-and-low-frequency-review-2003.html

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)
Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)
Health Physics, 74(4): 494-522, 1998
https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz
IEEE C95.1-2019
https://standards.ieee.org/standard/C95_1-2019.html

Barnes F, Greenebaum B
Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields
Two Volume Set, 3. Auflage, 2006; eBook ISBN 9781315217734
https://doi.org/10.1201/9781315217734

Haubrich HJ
Das Magnetfeld im Nahbereich von Drehstrom-Freileitungen
Elektrizitätswirtschaft Jg. 73, H. 18, S. 511-517, 1974

Bauhofer P
Handbuch für Hochspannungsleitungen – Niederfrequente elektromagnetische Felder und deren wirksame Reduktion
Verband der Elektrizitätswerke Österreichs, 1994; ISBN 3901411003, 9783901411007

Normen und Technische Regelwerke

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)
DIN EN 50341-2-4 (VDE 0210-2-4)
Freileitungen über AC 1 kV. Teil 2-4, Nationale Normative Festlegungen (NNA) für Deutschland (basierend auf EN 50341-1:2012); September 2019; VDE Verlag

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)
DIN EN 50413 (VDE 0848-1)
Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz); Oktober 2020; VDE Verlag

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)
DIN EN 50527-1
Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten (AIMD) gegenüber elektromagnetischen Feldern, Teil 1: Allgemeine Festlegungen; Ausgabe Dezember 2017; VDE Verlag

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)
DIN EN 50527-2-1
Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten (AIMD) gegenüber elektromagnetischen Feldern, Teil 2-1: Besondere Beurteilung für Arbeitnehmer mit Herzschrittmachern; Ausgabe Dezember 2017; VDE Verlag

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)
DIN EN 50527-2-2
Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten gegenüber elektromagnetischen Feldern, Teil 2-2: Besondere Beurteilung für Arbeitnehmer mit Cardioverter-Defibrillatoren (ICDs); Ausgabe November 2019; VDE Verlag

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)
E DIN EN 50527-2-3
Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten gegenüber elektromagnetischen Feldern, Teil 2-3: Besondere Beurteilung für Arbeitnehmer mit implantierbaren Neurostimulatoren; Entwurf gültig, Ausgabe März 2021; VDE Verlag

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)
DIN EN 61786-1 (VDE 0848-786-1)
Messung von magnetischen Gleichfeldern und von elektrischen und magnetischen Wechselfeldern von 1 Hz bis 100 kHz im Hinblick auf die Exposition von Personen, Teil 1: Anforderungen an Messgeräte; Oktober 2014; VDE Verlag

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)
DIN EN 62110 (VDE 0848-110)
Elektrische und magnetische Felder, die von Wechselstrom-Energieversorgungssystemen erzeugt werden – Messverfahren im Hinblick auf die Exposition der Allgemeinbevölkerung; August 2010; VDE Verlag

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)
DIN EN 62226-2-1 (VDE 0848-226-2-1)
Sicherheit in elektrischen oder magnetischen Feldern im niedrigen und mittleren Frequenzbereich – Verfahren zur Berechnung der induzierten Körperstromdichte und des im menschlichen Körper induzierten elektrischen Feldes, Teil 2-1: Exposition gegenüber magnetischen Feldern – 2D-Modelle; September 2005; VDE Verlag

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)
DIN EN 62226-3-1 (VDE 0848-226-3-1)
Sicherheit in elektrischen oder magnetischen Feldern im niedrigen und mittleren Frequenzbereich – Verfahren zur Berechnung der induzierten Körperstromdichte und des im menschlichen Körper induzierten elektrischen Feldes, Teil 3-1: Exposition gegenüber elektrischen Feldern – Analytische Modelle und numerische 2D-Modelle; Mai 2019; VDE Verlag

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)
DIN VDE V 0210-9 (VDE V 0210-9)
Freileitungen über 45 kV, Teil 9: Hybride AC/DC-Übertragung und DC-Übertragung, März 2018; VDE Verlag

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)
VDE-AR-E 2750-10
Regeln zum technisch optimalen Gebrauch von implantierbaren Herzschrittmachern, Defibrillatoren und CRT-Geräten; Ausgabe September 2010; VDE Verlag

Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)
Minimierung elektrischer und magnetischer Felder von Übertragungs-, Verteilungs- und Bahnstromnetzen
FNN-Hinweise, Oktober 2012
https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/umwelt-naturschutz/elektromagnetische-felder

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Gesetze, Verordnungen und Hinweise

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)
Sechsundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV)
Verordnung über elektromagnetische Felder in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266)
https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_26/BJNR196600996.html

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)
Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV (26. BImSchVVwV)
BAnz AT 03.03.2016 B5, BAnz AT 03.03.2016 B6 vom 26. Februar 2016
https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_26022016_159820101.htm

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)
Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder
128. Sitzung, 17./18. September 2014
https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/ack_1503575775.pdf

Veröffentlichungen zu Leukämie im Kindesalter und Magnetfeldexposition

EMF-Portal der RWTH Aachen University
Epidemiologische Studien zu Leukämie im Kindesalter
Gesamtliste der Veröffentlichungen
https://www.emf-portal.org/de/article/overview/power-line-frequencies-epidem/childhood-leukemia#level-2

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Gemeinsame Auswertung von internationalen Studien zum Zusammenhang zwischen Leukämie im Kindesalter und dem Abstand zu Stromleitungen
Fachliche Stellungnahme, Aktualisierung fortlaufend
https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/stellungnahmen/leukaemie-stromleitungen.html

Strahlenschutzkommission (SSK)
Vergleichende Bewertung der Evidenz von Krebsrisiken durch elektromagnetische Felder und Strahlungen; Stellungnahme der Strahlenschutzkommission mit wissenschaftlicher Begründung
248. Sitzung, 14./15. April 2011
https://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse_PDF/2011/2011_06.pdf?__blob=publicationFile

International Agency for Research on Cancer (IARC)
Non-ionizing Radiation, Part-1: Static and Extremely Low frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields
IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 80, 2002
https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Non-ionizing-Radiation-Part-1-Static-And-Extremely-Low-frequency-ELF-Electric-And-Magnetic-Fields-2002

Schüz J, Michaelis J
Epidemiologische Studie zur Assoziation von Leukämieerkrankungen bei Kindern und häuslicher Magnetfeldexposition – Abschlussbericht der EMF II-Studie
Bundesamt für Strahlenschutz, Kennzeichen: StSch 4148, Dezember 2000
http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201004211560

Draper G, Vincent T, Kroll ME, Swanson J
Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study
BMJ, 2005, 330(7503), 1290
https://www.emf-portal.org/de/article/12023

Amoon AT, Crespi CM, Ahlbom A, Bhatnagar M et al.
Proximity to overhead power lines and childhood leukaemia: an international pooled analysis
British journal of cancer, 2018, 119(3), 364-373
https://www.emf-portal.org/de/article/35210

Swanson J, Bunch KJ
Reanalysis of risks of childhood leukaemia with distance from overhead power lines in the UK
Journal of radiological protection, 2018, 38(3), N30-N35
https://www.emf-portal.org/de/article/35229

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026

Swanson J, Kheifets L, Vergara X
Changes over time in the reported risk for childhood leukaemia and magnetic fields
Journal of radiological protection, 2019, 39(2), 470-488
https://www.emf-portal.org/de/article/37362

Amoon AT, Swanson J, Magnani C, Johansen C, Kheifets L
Pooled analysis of recent studies of magnetic fields and childhood leukemia
Journal of environmental research, 2022; 204 Pt A: 111993
https://www.emf-portal.org/en/article/45596

Organisationen, die sich mit Wirkungen elektromagnetischer Felder befassen

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
https://www.bfs.de/

Strahlenschutzkommission (SSK)
https://www.ssk.de/

EMF-Portal des Forschungszentrums für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (femu) an der RWTH Aachen University
http://www.emf-portal.de

Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (femu) an der RWTH Aachen University
http://www.femu.rwth-aachen.de/

Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BGETEM), Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle
https://www.bgetem.de/arbeitssicherheit-gesundheitsschutz/institute/institut-zur-erforschung-elektrischer-unfaelle

Forschungsstelle für Elektropathologie (FfE)
http://www.ffe-emf.de/

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)
https://www.icnirp.org/

International Committee on Electromagnetic Safety (ICES)
https://www.ices-emfsafety.org/

Weltgesundheitsorganisation (WHO)
https://www.who.int/

International Agency for Research on Cancer (IARC)
http://www.iarc.fr/

The Bioelectromagnetics Society (BEMS)
https://www.bems.org/

Conseil International des Grands Réseaux Électriques (Cigré)
http://www.cigre.org/

The Union of the Electricity Industry (EURELECTRIC)
http://www.eurelectric.org/

© Forschungsstelle für Elektropathologie 2026