

**hintergrund**

Bund für  
Umwelt und  
Naturschutz  
Deutschland



**Schutz vor niederfrequenten  
magnetischen Wechselfeldern  
bei Hochspannungs-  
Freileitungen und Erdkabeln**

# Inhalt

<b>1 Sachstand, Problemstellung</b>	<b>3</b>
<b>2 Grundlagen</b>	<b>4</b>
<b>3 Der Schutzzumfang in der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV)</b>	<b>7</b>
<b>4 Gesundheitliche Wirkungen niederfrequenter Magnetfelder</b>	<b>8</b>
<b>5 Konkretisierung des Schutz- und Vorsorgeanspruchs</b>	<b>10</b>
<b>6 Fazit: BUND-Forderungen zum Schutz und zur Vorsorge beim Neubau und Umbau von Hochspannungsleitungen</b>	<b>15</b>

# 1 Sachstand, Problemstellung

Im vorliegenden Hintergrundpapier geht es um die Frage, unter welchen Bedingungen Hochspannungsnetze ohne Gefahren für die Gesundheit ausgebaut werden können. Zum Ausbaubedarf des deutschen Stromnetzes gibt es bisher keine gesicherten Erkenntnisse. Klar ist aber, dass für die Integration der Erneuerbaren Energien neue Stromleitungen benötigt werden. Fragen der Bedarfsreduzierung auch durch eher regional strukturierte Versorgungssysteme sind dabei vorrangig zu diskutieren. Bei der Netzplanung ist ein ausreichender Schutz bzw. die notwendige Vorsorge bei niederfrequenten elektromagnetischen Wechselfeldern unter Hochspannungs-Freileitungen und über Erdkabel zu konkretisieren. Nur anhand entsprechender Bewertungsmaßstäbe lässt sich dann abschätzen, unter welchen Bedingungen man möglicherweise notwendige Pläne und Maßnahmen mittragen kann – oder aber ablehnen muss.

Die Übertragung von Energie mit Hochspannungsgleichstrom (HGÜ) wird häufig als Alternative zu der bekannten Wechselspannungsübertragung genannt. Sie kann Vorteile bringen, verursacht aber neue gesundheitliche Fragen. Da diese Übertragung bisher vorrangig bei Unterwasserverbindungen eingesetzt werden soll, kommt hierzu erst später eine Ergänzung.

## 2 Grundlagen

Die in Betracht kommenden Feldquellen unterscheidet man zunächst generell in solche mit niederfrequenten Feldern (wie z. B. die 50-Hz-Hochspannungs-Freileitungen) einerseits und hochfrequente Anlagen andererseits<sup>2</sup>. Zu den Quellen niederfrequenter Felder, die mit Netzstrom betrieben werden und von außen auf Aufenthaltsbereiche des Menschen einwirken, zählen insbesondere Hochspannungs(frei)leitungen, Trafostationen und Umspannwerke mit einer Oberspannung unterhalb 220 kV. Die Felder werden unterschieden in elektrische und magnetische Felder:

- Ein elektrisches Feld beschreibt den Zustand eines Raums, in dem physikalische Kräfte zwischen elektrischen Ladungen wirken. Elektrische Ladungen sind permanent von einem elektrischen Feld umgeben. Niederfrequente elektrische Wechselfelder entstehen bei allen Leitungen und Geräten, die an die Stromversorgung angeschlossen sind. Die Feldstärke eines elektrischen Felds wird in der Maßeinheit „Volt pro Meter“ (V/m) gemessen. Grundbelastungen innerhalb von Gebäuden

durch haus eigene Gräte und Leitungen rangieren zwischen 5 und 50 V/m.

- Fließt Strom durch einen Leiter, umgibt ihn ein Magnetfeld. Im Bereich der niederfrequenten Felder haben die magnetischen Wechselfelder eine größere Bedeutung als die elektrischen Felder, da magnetische Felder Gegenstände in einem größeren Maß durchdringen und nicht ohne weiteres abgeschirmt werden können. Gemessen wird die magnetische Feldstärke in der Einheit „Ampere pro Meter“ (A/m). Als Indikator zur Beurteilung des Magnetfelds wird jedoch üblicherweise die magnetische Flussdichte mit der Maßeinheit „Tesla“ (T) angegeben, die unmittelbar mit der Feldstärke zusammenhängt. Die Grundbelastungen innerhalb von Wohnungen liegen etwa zwischen 0,02 und 0,2 Mikrottesla ( $\mu\text{T}$ ) in ländlichen Bereichen, in städtischen Bereichen zwischen 0,1 und 1  $\mu\text{T}$ .

Die elektrischen und magnetischen Felder einer Hochspannungsleitung unterscheiden sich grundsätzlich (siehe Abbildung 1 und Abbildung 2, vereinfachte Darstellung).

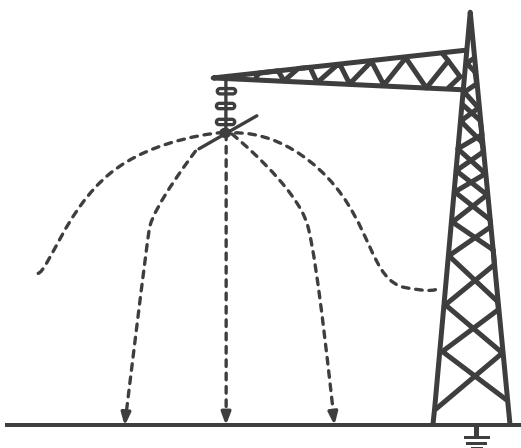


Abbildung 1: Ein elektrisches Feld entsteht zwischen den Polen

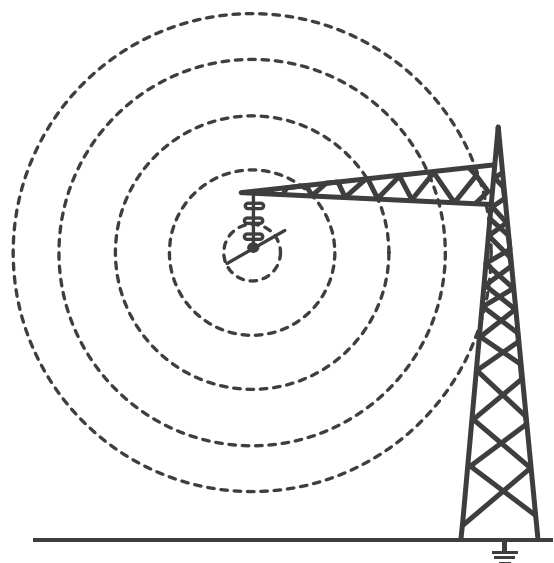


Abbildung 2: Jeder Stromdurchflussende Leiter ist von einem zylindrischen Magnetfeld umgeben

Bei diesen Abbildungen ist nicht berücksichtigt, dass die Hochspannungsleitungen aus mehreren Einzelleitungen bestehen. Meist werden Drehstromsysteme mit jeweils drei (Phasen-) Leitungen benutzt, deren Felder sich überlagern. Wesentliche Faktoren hinsichtlich Stärke und Verteilung der elektrischen und magnetischen Felder im Umfeld einer Hochspannungsfreileitung sind:

- Spannung,
- Stromstärke,
- Form des Mastes und Anordnung der Leiterseile,
- Anzahl der Leiterseile,
- Abstand der Leiterseile vom Boden.

Die Feldstärke am Boden wird neben der Spannung und Stromstärke sowie Mastform vom Abstand der Leiterseile vom Boden bestimmt. Dieser verändert sich zwischen zwei Masten mit der Temperatur der Leiterseile: Je höher die Übertragungsleistung (Stromstärke) und Lufttemperatur, umso stärker ist aufgrund der thermischen Ausdehnung der Durchhang. Die höchsten Feldstärken entstehen direkt unterhalb der Leiterseile.

Konkrete Daten sind in erster Linie von den Betreibern der jeweiligen Anlagen zu erhalten. Zur Übersicht wird nachfolgend auf die Angaben zu Hochspannungsleitungen der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg zurückgegriffen<sup>3</sup>. Tabelle 1 zeigt einige typische Messwerte für eine 380 kV-Leitung. Angegeben ist der horizontale Abstand vom Ort des größten Seildurchhangs (die tiefsten Leiterseile befinden sich ca. 12 Meter über dem Boden). Gemessen wurde in 1 Meter Höhe über dem Erdboden. Unter Berücksichtigung von Topo-

graphie und Mastenkonfiguration können auch deutlich größere Werte auftreten.

Im Unterschied zum elektrischen Feld ändert sich die magnetische Feldstärke mit den tageszeitlichen Schwankungen des Strombedarfs. So kann die Stromstärke im Tagesverlauf um den Faktor 3 schwanken. Abbildung 3 zeigt beispielhaft die Schwankungen der magnetischen Flussdichte um eine 380 kV-Freileitung über einen Zeitraum von 24 Stunden. (Messort: etwa 50 m Abstand zur Freileitung in der Mitte zwischen zwei Masten, Messhöhe: 3 Meter).

Tabelle 1: Typische Messwerte für eine 380 kV-Leitung (Quelle: LfU BW)

Abstand in Meter (m)	Elektrische Feldstärke in Kilovolt pro Meter (KV/m)	Magnetische Flussdichte in Mikrottesla ( $\mu$ T)
0,0	4,50	3,80
8,2	3,73	3,65
12,0	2,92	2,15
25,2	1,97	0,87
34,4	0,89	0,86
62,0	0,35	0,30
64,3	0,37	0,30
94,2	0,15	0,14

<sup>2</sup> Die Problematik hochfrequenter Felder ist in der BUND-Position 46 aufgearbeitet: „Für zukunfts-fähige Funktechnologien – Begründungen und Forderungen zur Begrenzung der Gefahren und Risiken durch hochfrequente elektromagnetische Felder“; der BUND-Hintergrund „Die Energiesparlampe – Ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz. Beleuchtung muss umwelt- und gesundheitsverträglich werden“ beschäftigt sich auch mit den hochfrequenten Feldern durch Nutzung der Energiesparlampe.

<sup>3</sup> Siehe LfU BW zu Hochspannungsleitungen: <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/6514/> (Aufruf am 19.12.2010)

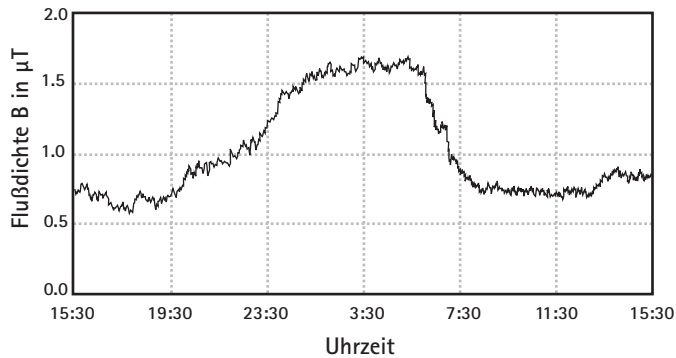


Abbildung 3: Schwankungen der magnetischen Flussdichte um eine 380 kV-Freileitung über einen Zeitraum von 24 Stunden  
Quelle: LfU BW

Zur konkreten Ermittlung einer möglichen Belastung durch elektrische und magnetische Wechselfelder in der Nähe von Hochspannungsleitungen sollten die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Wie groß ist die maximal mögliche Stärke der elektrischen und magnetischen Wechselfelder im Abstand von x Metern Entfernung von der Trassenmitte?
- Wie ist der zeitliche Verlauf der elektrischen und magnetischen Wechselfelder?
- Welche maximalen Stromstärken sind für die Leitungen insgesamt zugelassen?
- Welche technischen Maßnahmen sind vorgesehen, um die Belastung durch magnetische Wechselfelder zu minimieren? Hinweis: Durch die geeignete Anordnung der Phasenleiter kann eine erhebliche Reduzierung der magnetischen Flussdichte erreicht werden.

Entscheidend ist letztlich die gesamte, auf den Menschen einwirkende Feldstärke. Auch die örtlichen und häuslichen Stromversorgungsleitungen verursachen bei geringen Abständen durchaus Expositionen von  $>0,3$  Mikrottesla. Diese und höhere Belastungen findet man z.B. noch bei Radioweckern, Fernsehern oder auch Leuchtstofflampen in einem Abstand von 30 Zentimetern. Solche Einwirkungen in unmittelbarer Nähe werden oft unterschätzt. Die Frage eines ausreichenden Schutzes vor zusätzlich einwirkenden Feldern durch Hochspannungsleitungen ist aufgrund der vielfältigen Quellen im täglichen Lebensumfeld daher nicht leicht zu beantworten.

# 3 Der Schutzzumfang in der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV)

Eine der zentralen Fragen beim Neubau oder Ausbau von Energietrassen ist, ob der rechtlich festgelegte Schutzanspruch Betroffener vor einwirkenden Feldern ausreichend ist. Dieser Schutzanspruch ist in der 26. BImSchV geregelt, einer Verordnung des Bundes-Immissionschutzgesetzes (BImSchG). Dieses Gesetz zählt gemäß § 3 die elektrischen und magnetischen Felder zu den schädlichen Umwelteinwirkungen, vor denen Mensch und Umwelt geschützt werden müssen. Rechtlich gesehen sind Hochspannungsleitungen keine sog. „genehmigungsbedürftige Anlagen“ im Sinne des BImSchG. Die Betreiberpflichten gemäß § 5 BImSchG zum Schutz und zur Vorsorge vor schädlichen Umwelteinwirkungen greifen daher hier nicht. Auch die Regelungen zum Genehmigungsverfahren (Bürgerbeteiligung etc.) gemäß BImSchG finden keine Anwendung, sondern die Fachverfahren des Energierechts. Gleichwohl könnten in der 26. BImSchV entsprechende Vorschriften nicht nur zum Schutz, sondern auch zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen erlassen werden. Dies ist jedoch so gut wie gar nicht geschehen<sup>4</sup>. Weit reichende Festlegungen durch den Verordnungsgeber sind also bereits heute möglich, aber weder ausreichend ausgeschöpft noch hinreichend weit genug gefasst:

- Der Schutzanspruch der 26. BImSchV: Die dort festgelegten Immissionsgrenzwerte können zwar von Betroffenen eingeklagt werdend, liegen aber so hoch (siehe Tabelle 2), dass damit kein ausreichender Gesundheitsschutz erreicht werden kann. Sie berücksichtigen nicht die zum Teil seit Jahrzehnten bekannten, aber auch aktuellen Erkenntnisse über die gesundheitlichen Wirkungen. Genehmigungsbehörden und Gerichte sehen daher bei Einhaltung der in der 26. BImSchV genannten Grenzwerte keine gesundheitlichen Gefahren.

- Der Vorsorgeanspruch der 26. BImSchV: Die 26. BImSchV bezieht sich zwar ausdrücklich in § 1 Abs. 1 (Anwendungsbereich) auf die Vorsorge, sie trifft konkrete Aussagen aber lediglich in § 4 für Niederfrequenz-Anlagen (allerdings mit nur unzureichenden Bestimmungen).

In der Begründung zur 26. BImSchV wurde darauf verzichtet, Anforderungen zur Vorsorge und zum Schutz der vielfältigen Wirkungen (siehe Abbildung 4) durch elektromagnetische Felder aufzunehmen. Dadurch ist der unhaltbare Zustand entstanden, dass bei den beobachteten Wirkungen durch elektromagnetische Felder quasi ein rechtsfreier Raum besteht und Betroffene keinen Rechtsschutz geltend machen können. Nur die Aufnahme der erkannten Gesundheitsgefahren und Risiken in die Wertableitung in Anhang 2 der 26. BImSchV kann dieser Verordnung den grund- und fachrechtlich gebotenen Schutz- und Vorsorgeumfang zuweisen.

Gefordert ist der Gesetzgeber, der sowohl die Wirksamkeit des Gefahrenschutzes anpassen als auch die Begrenzung der verschiedenen Wirkungen auf den menschlichen Organismus endlich mit wirksamen Vorsorgebestimmungen und -werten in der 26. BImSchV festlegen muss. Anhand solcher Immissionsstandards zur Vorsorge ließen sich dann Anforderungen an Betreiber formulieren bzw. der Stand der Technik festlegen. Auch könnten Festlegungen über erforderliche Abstände zu sensiblen Nutzungen die Immissionen begrenzen. Aus diesem Mangel heraus findet nachfolgend eine Auseinandersetzung mit dem erforderlichen Schutz- und Vorsorgeumfang und den daraus folgenden konkreten Wertmaßstäben statt.

<sup>4</sup> Eine ausführliche Auseinandersetzung mit dem Schutz- und Vorsorgegrundsatz im Immissionschutzrecht findet sich in der BUND-Position 46 „Für zukunftsfähige Funktechnologien“ und soll an dieser Stelle nicht wiederholt werden.

## 4 Gesundheitliche Wirkungen niederfrequenter Magnetfelder

**N**atürliche elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (EMF)<sup>5</sup> besitzen eine große Bedeutung für die Evolution und Organisation des Lebens. Dadurch gehören sie zu den natürlichen Lebensgrundlagen und Umweltbedingungen, die in Deutschland verfassungsgemäß geschützt werden müssen (Art 20a GG). Beispielsweise entstehen elektromagnetische Felder geringer Intensität, wenn die menschlichen Nervenzellen im Gehirn und Rückenmark Informationen verarbeiten und die Muskeln zu Aktivitäten anregen. Tiere (vor allem Vögel, Reptilien, aber auch einige Säugetiere) nutzen das Erdmagnetfeld bzw. lokale Feldanomalien für die Orientierung. Im Gegensatz zu vielen Tieren besitzt der Mensch offensichtlich kein direktes Sinnesorgan für solche Felder, er kann allenfalls deren Auswirkungen wahrnehmen.

Innerhalb nur einer Generation wurden die die Menschen und andere Lebewesen von jeher umgebenden natürlichen Felder massiv von künstlichen Feldern überlagert. Vor allem in bewohnten Gebieten treten heute diese künstlichen Magnetfelder nun großräumig, intensiv und dauerhaft überall dort auf, wo elektrischer Strom fließt: bei der Benutzung von elektrischen Geräten, bei Hochspannungsleitungen, Bahnstromleitungen, elektrischen Hausinstallationen und Transformatorenstationen. Die Feldstärken liegen in vielen Fällen bereits mehr als zehntausend- bis millionenfach höher als die natürlichen Felder und damit im Bereich von biologisch nachweisbaren oder vermuteten Wirkungen.

Im Bereich Niederfrequenz und untere Hochfrequenz (0 bis 30 kHz) können hohe Feldstärken zur Induktion starker Körperströme führen. Solche Reizwirkungen auf den Organismus sind gut untersucht und bilden die Grundlage für die Festlegung von Grenzwerten (siehe Abbildung 4). Die Abbildung 4 gibt zudem einen Überblick über wissenschaftliche Untersuchungsergebnisse zu gesundheitlichen Auswirkungen und biologischen Effekten durch niederfrequente Magnetfelder. Epidemiologische Untersuchungen an Bevölkerungsgruppen, die erhöhten magnetischen Feldern ausgesetzt waren, deuten auf höhere Risiken für bestimmte Erkrankungen und Befindlichkeitsstörungen bereits bei Flussdichten von weniger als 1  $\mu\text{T}$  hin. Die Stu-

dien weisen auch auf den starken Verdacht, dass niederfrequente Magnetfelder ab etwa 0,2  $\mu\text{T}$  zu einem erhöhten Leukämierisiko bei Kindern führen (in Übereinkunft mit internationalen Erfahrungen)<sup>6</sup>. Seit 30 Jahren stehen niederfrequente Magnetfelder im Verdacht, das Leukämierisiko für Kinder zu erhöhen. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) klassierte im Jahr 2007 niederfrequente Magnetfelder als möglicherweise krebserregend für Menschen. Auch bei Erwachsenen gibt es deutliche Hinweise auf ein erhöhtes Erkrankungsrisiko an Leukämie in Zusammenhang mit einer erhöhten Belastung durch Magnetfelder. Für Expositionen über 0,2  $\mu\text{T}$  werden statistisch signifikant erhöhte relative Risiken für Leukämie festgestellt. Diese Aussagen werden durch neue, wissenschaftliche Ergebnisse bestätigt, die in einem Bericht des schweizerischen Bundesamtes für Umwelt (BAFU) zusammengefasst sind<sup>7</sup>. Aus Zellexperimenten ergeben sich demnach auch Hinweise, dass niederfrequente Magnetfelder die Wirkung bekannter krebserzeugender Stoffe verstärken können.

Es gibt sehr starke Hinweise auf ein erhöhtes Risiko für neurodegenerative Erkrankungen infolge Exposition durch niederfrequente Magnetfelder. Für Expositionen über 0,2  $\mu\text{T}$  wurden in epidemiologischen Untersuchungen statistisch signifikant erhöhte relative Risiken vor allem für eine Erkrankung an Amyotrophischer Lateralsklerose (eine degenerativen Erkrankung des Nervensystems), weniger deutlich auch für die Alzheimer-Krankheit und andere Formen dementer Erkrankungen nachgewiesen. Auch liegen zahlreiche wissenschaftliche Hinweise darauf vor, dass niederfrequente Magnetfelder zu Veränderungen am Erbmateriale, zur vermehrten Produktion von Zell-Stress-Proteinen und zu Beeinträchtigungen bestimmter Zellfunktionen führen können. Alle diese Effekte haben Bedeutung für die Kanzerogenese.

Damit kann – neben anderen Wirkungen – das erhöhte Leukämierisiko ab etwa 0,2  $\mu\text{T}$  als Schwelle zu einer adversen Wirkung (siehe Abbildung 5) angesehen werden, die zur Ableitung eines ausreichenden Schutzes oder der Vorsorge vor schädlichen Umwelteinwirkungen herangezogen werden kann.



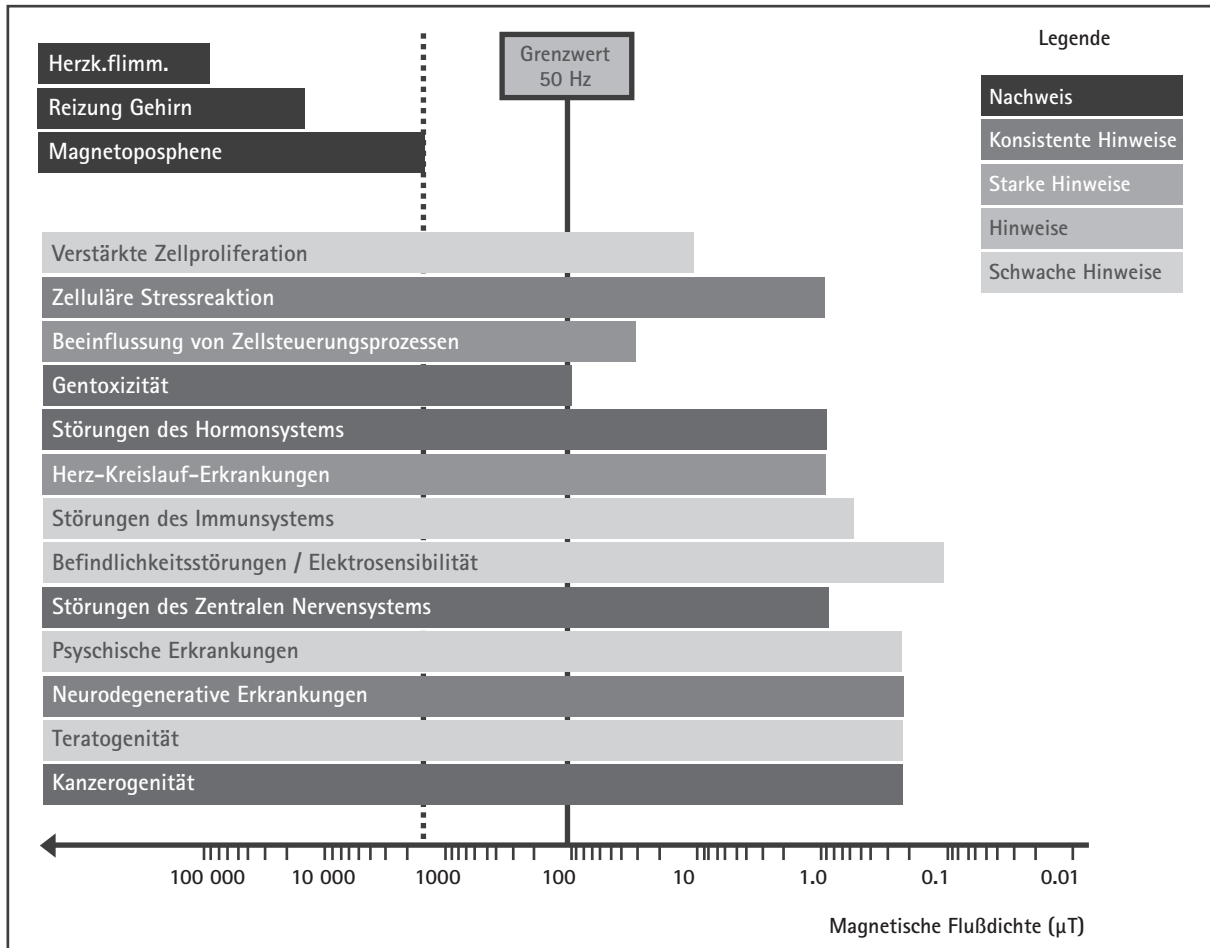


Abbildung 4: Wissenschaftliche Evidenzen für gesundheitliche Auswirkungen und biologische Effekte durch niederfrequente Magnetfelder sowie Wertebereiche der magnetischen Flussdichte, in denen diese Wirkungen festgestellt werden (Quelle: Neitzke 2006)<sup>8</sup>

<sup>5</sup> EMF wird oft als Abkürzung für die Gesamtheit aller elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder (elektromagnetisches Spektrum) verwendet. Es umfasst elektrische und magnetische Gleich- und Wechselfelder sowie elektromagnetische Wellen.

<sup>6</sup> Schüz, J.; Grigat J.-P., Brinkmann K. Et Michaelis J (2001): Residential magnetic fields as a risk for childhood acute leukemia, results from a german population-based case-control study. *Int. J. Cancer* 91: 728–735; zur Frage von Leukämie und niederfrequente Magnetfelder s. a. Ahlbom et al. (2000): A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. *British Journal of Cancer* 83: 689–692

<sup>7</sup> Bundesamt für Umwelt Schweiz (2009): Niederfrequente Magnetfelder und Krebs. Bewertung von wissenschaftlichen Studien im Niedrigdosisbereich. [www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01511/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01511/index.html?lang=de)

<sup>8</sup> Neitzke, H.-P.; Osterhoff, J.; Voigt, H.: EMF-Handbuch – Elektromagnetische Felder: Quellen, Risiken, Schutz. ECOLOG-Institut für Sozial-ökologische Forschung und Bildung gGmbH, ECOLOG: Hannover 2006, S. 2/11

# 5 Konkretisierung des Schutz- und Vorsorgeanspruchs

## Einordnungen

Der gesetzlich festgelegte Schutz der Bevölkerung vor Immissionen (jenseits des Arbeitsschutzes, der hier nicht betrachtet werden soll) gilt in der Regel für den Bereich außerhalb von Gebäuden und Wohnungen (siehe Luftverunreinigungen, Lärm). Die nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich daher weniger auf Quellen aus dem häuslichen Innenbereich, als auf den Raum außerhalb von Gebäuden, da der jeweilige Umgang mit dem Haushaltsstrom entsprechend individuelle Feldstärken hervorruft. Der Schutzanspruch muss allerdings so ausgestattet sein, dass auch der Innenraum ausreichend geschützt wird und der individuelle Anspruch auf das Freisein von schädlichen Einwirkungen erfüllt werden kann. Denn im Gegensatz zu anderen Immissionen führt die Durchdringung schützender Barrieren (zum Beispiel Wände) bei magnetischen Feldern zur dauerhaften Einwirkung von außen.

Die Begründung von Immissionswerten soll daher in zwei Richtungen erfolgen: zum einen wird ein Schutzanspruch (Gefahrenschutz) definiert, der an Orten gelten soll, die dem Aufenthalt von Menschen dienen. Durch den Schutzanspruch wird auch definiert, bei welchen Feldstärken bei bestehenden Leitungen eine Sanierung erforderlich erscheint (Handlungsbedarf). Zum anderen wird die zusätzlich einwirkende magnetische Feldstärke definiert, die bei dem geplanten Ausbau und Umbau von Hochspannungsleitungen/Erdkabel zur Vorsorge bei dem Aufenthalt dienenden Nutzungen/Räumen nicht überschritten werden soll.

Im Grunde gibt es möglicherweise keine Wirkungsschwellen, unterhalb derer mit Sicherheit ein ausreichender Schutz der menschlichen Gesundheit gewährleistet ist. Wie eine schwedische Studie eindrucksvoll belegt<sup>9</sup>, sind selbst bei Einhaltung der am Minimierungsprinzip orientierten Normen (TCO-Norm) erhebliche Schädigungen bei Betroffenen nicht auszuschließen. Auch aufgrund der offensichtlich nicht linear verlaufenden Dosis-Wirkungs-Beziehungen wird ein klarer Grenz- oder Zielwert problematisch. Gleichwohl ist unser rechtlich-gesellschaftliches System immer wieder auf einfache Wertsetzungen und

Standards hin fixiert, um nachprüfbar Entscheidungen über das Für und Wider treffen zu können. Von besonderer Bedeutung ist daher die Frage, wie eine unerwünschte Wirkung definiert wird wo der Beginn dieser Wirkung auf einer Dosis-Wirkungs-Skala liegt.

Gesundheitliche Schäden durch eine Schädigung (Noxe) gelten gemeinhin dann als nachgewiesen, wenn Ergebnisse aus unabhängig voneinander geführten Untersuchungen im Hinblick auf den Schadeffekt übereinstimmen oder Untersuchungen nach wissenschaftlichen Regeln durchgeführt werden und demnach als valide eingestuft werden können. Als Ausgangspunkt zur Begründung einer Schädigung gilt der so genannte „adverse Effekt“, in der Regel ein solcher mit Krankheitswert. Durch entsprechende Maßnahmen müssen adverse Effekte ausgeschlossen werden. Insbesondere bei langfristig einwirkenden, nicht akut toxisch wirkenden Noxen ist aber eine entsprechende Beweisführung oft schwierig, so auch bei den magnetischen Wechselfeldern. Für die hier anzugebenden Bewertungsmaßstäbe ist die VDI-Definition zur Adversität hilfreich. Sie erlaubt es, eine größere Bandbreite von Beurteilungsgrundlagen zu berücksichtigen (Abbildung 5).

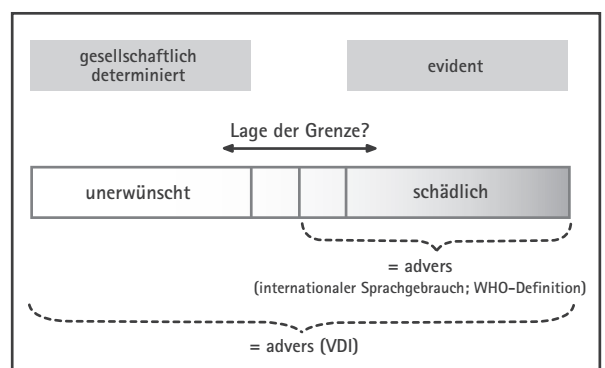


Abbildung 5: VDI-Modell zur Begrifflichkeit der Adversität (eigene Darstellung nach: VDI 2308 Bl. 1 Abschätzung des gesundheitlichen Risikos im Immissionsschutz, Juni 2009)

### **Bewertungsmaßstab zur Gefahrenabwehr: 0,01 $\mu$ T**

Auf Grundlage der oben aufgezeigten gesundheitlichen Effekte und Einordnungen werden nachfolgende Bewertungsmaßstäbe abgeleitet. Als Begründung von Immissionswerten wird von den „konsistenten Hinweisen“ als Maß einer hohen Evidenz für gesundheitliche Auswirkungen und biologische Effekte ausgegangen. Ein Schwellenwert für die magnetischen Flussdichte, der ein Tausendstel bis ein Hundertstel unterhalb der heute noch gültigen Grenzwerte beträgt, kann mit 0,2  $\mu$ T angegeben werden. Zusätzlich gibt es „starke Hinweise“<sup>10</sup> als Maß der Evidenz für neurodegenerative Erkrankungen bei ebenfalls 0,2  $\mu$ T und Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei 1  $\mu$ T.

Solche Störungen wären als erhebliche gesundheitliche (adverse) Wirkung gemäß BImSchG auszuschließen, wenn die Evidenz der genannten Untersuchungen offiziell anerkannt würde. Der erweiterte Begriff von Adversität durch den VDI erlaubt jedoch, zumindest von diesem Schwellenwert auszugehen. Wenn man (in Analogie zu anderen Noxen) zum Ausschluss dieser Effekte einen Standard definiert, so ist im Allgemeinen ein – eher niedrig angesetzter – Unsicherheitsfaktor 10 üblich. Dieser Unsicherheitsfaktor begründet sich auch aufgrund der Tatsache, dass bei mutagenen kanzerogenen Effekten kein Schwellenwert angegeben werden kann. Ein weiterer Faktor zum Schutz empfindlicher Bevölkerungsgruppen wird hinzukommen müssen (für Kinder, Kranke, Schwangere, Ältere). Bei der Standardfindung im stofflich-toxikologischen Bereich liegen Sicherheitsabstände mit einem Gesamt-Faktor 10–100 unterhalb einer anerkannten Wirkungsschwelle im üblichen Rahmen. Setzt man hier den Sicherheitsfaktor mit lediglich 20 an, so erhält man als erforderlichen Gefahrenschutzstandard 0,01  $\mu$ T. Dieser Unsicherheitsfaktor ist sicherlich in speziellen Fällen einer Elektrosensibilität oder

bei einem individuell erhöhten Schutzanspruch unzureichend. Er soll das Maß eines grundrechtlich gebotenen und EU-weit eingeforderten hohen Schutzniveaus insgesamt konkretisieren.

Tabelle 2 zeigt deutlich, dass die bisher gültige Norm der 26. BImSchV dem nationalen und internationalen Vergleich nicht standhalten kann. Deutlich wird auch, dass viele Bewertungsmaßstäbe auf das Risiko für die Krebs erzeugende Wirkung durch Felder abstellen. Die Tabelle 3 fasst die Begründungen des BUND zum Schutz und zur Vorsorge zusammen und schätzt die Abstände bei Freileitungen unter der Annahme einer 380 kV-Freileitung ab. Aus diesem Schutzanspruch heraus begründen sich auch die verschiedenen Abstände bei Erdkabel.

---

9 Schwedischer Verband für Industrieangestellte (SIF): Elektrizitätsüberempfindlichkeit unter SIF-Mitgliedern, Mitgliederuntersuchung 1993, Schlussbericht, Postadresse: 105 32 Stockholm  
10 Fachbegriff, der eine hohe Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit ausdrückt

Tabelle 2: Standards zum Schutz und zur Vorsorge vor magnetischen Feldern der elektrischen Energieversorgung und -anwendung im internationalen Vergleich

Herkunft	Magnet. Flussdichte in $\mu\text{T}^{11}$	Horiz. Abstand v. d. Trassenmitte in m <sup>12</sup>	Geltungsbereich, Verbindlichkeit
ICNIRP	100		Empfehlung
26. BImSchV (50 Hz/ 16,7 Hz)	100/300	(Keine Abstandsvorgabe)	Verbindlicher Grenzwert zum Schutz der Allgemeinheit, Nachbarschaft (Kurzzeitige Überschreitungen bis 100 % in 5 % des Beurteilungszeitraums; kleinräumige Überschreitungen bis 100 % außerhalb von Gebäuden).
26. BImSchV	100	(Keine Abstandsvorgabe)	Verbindliche Vorsorge für sensible Bereiche, z. B. Schulen, Kindergärten: Keine Überschreitungen erlaubt
Abstandserlass NRW <sup>13</sup> (in einigen Bundesländern gelten abweichende Werte)	(10) (8) (3)	40 20 10 5	50 Hz, 380 kV 50 Hz, 220 kV 50 Hz, 110 kV 16,7 Hz, 110 kV
Bremen	0,3	(180)	Planungsempfehlung
ENLAG <sup>14</sup>	(0,15)  (0,2)	400  200	Bei Unterschreitung dieses Abstands zu Wohngebäuden im Bebauungsplan sollen Erdkabel verwendet werden Bei Unterschreitung dieses Abstands zu Wohngebäuden im Außenbereich sollen Erdkabel verwendet werden
EU-Parlamentsausschuss für Umwelt, öffentliche Gesundheit und Verbraucherschutz	0,25	(180)	Grenzwertvorschlag
Irland	16	22	Verbindlicher Wert für Schulen oder Wohnhäuser
Italien	10	(40)	Verbindlicher Wert (Bereiche mit Aufenthaltsdauer >4 h/d)
Italien	3	10	Qualitätsziel für Planungen (Bereiche mit Aufenthaltsdauer >4 h/d)
Italien	0,2	(200)	Qualitätsziel in einzelnen Regionen
Schweiz	1	100	Vorsorge-Grenzwert für Orte, an denen sich Menschen länger aufhalten. Orientiert sich an technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten
Schweden	(0,2)	200	Qualitätsziel
Dänemark	6	50	Zum Schutz der Kinder (380 kV)
Großbritannien	(0,5)	150	380 kV
Niederlande	0,4  (1,33)	(160)  (90)	Zum Schutz der Kinder (Bereiche mit längerem Aufenthalt) bei 30 % Auslastung (Abschätzung bei 100 % Auslastung)

Herkunft	Magnet. Flussdichte in $\mu\text{T}^{11}$	Horiz. Abstand v. d. Trassenmitte in $\text{m}^{12}$	Geltungsbereich, Verbindlichkeit
USA (Californien)	1 6 8	30 50 80	110 kV (Schutz der Kinder) 220 kV (Ziel: 0,2 $\mu\text{T}$ ) 380 kV
NCRP	0,2	(200)	Empfehlung einer Kommission des US-Kongresses
Ecolog	0,1	(470)	Bei 380 kV-Leitungen
TCO-Norm (Schweden)	0,2		Norm für Bildschirme

### Bewertungsmaßstab zur Vorsorge: <0,01 $\mu\text{T}$

Das nicht nur in Deutschland geltende, sondern international eingeführte Vorsorgeprinzip ermöglicht, auch bei noch unvollständigem Wissen um die Wirkungszusammenhänge und bei nicht exakt abschätzbaren Eintrittswahrscheinlichkeiten von Schäden, bereits wirkungsvolle und rechtlich verbindliche Maßnahmen zur Vorsorge bzw. Begrenzung von Risiken einzuleiten. Das Bundesverwaltungsgericht hat hierzu schon sehr früh herausgestellt: Es müssen „auch solche Schadensmöglichkeiten in Betracht gezogen werden, (...) (für die noch) keine Gefahr, sondern nur ein Gefahrenverdacht oder ein ‚Besorgnispotential‘ besteht“<sup>16</sup>. Das bedeutet, einem Schädlichkeitsverdacht ist vor der Gefahrengrenze vorzubeugen (mit ausreichendem Sicherheitsabstand), bzw. kann Vorsorge eine Risikominimierung (durch entsprechende Maßnahmen) bereits dann verlangen, wenn kausale, empirische oder statistische Verursachungszusammenhänge nicht oder nicht hinreichend bekannt oder nachweisbar sind<sup>17</sup>.

Die Notwendigkeit eines Vorsorgestandards ergibt sich aus dem möglicherweise ungenügenden Sicherheitsabstand von 20 bei der Ableitung eines Schutzstandards und der kanzerogenen Eigenschaft von Magnetfeldern. Eine wei-

tere Minimierung der technischen Feldstärken und Unterschreitung des angegebenen Schutzstandards in Höhe <0,01  $\mu\text{T}$  ist daher sinnvoll und folgt auch aus dem immissionschutzrechtlichen Minimierungsgebot bei Krebs erzeugenden Noxen.

### Anwendung einer einheitlichen Schutzsystematik im Immissionschutz

Wegen der nicht mehr wegzudenkenden generellen Ausstattung unserer Lebensumwelt mit elektrischen Geräten und deren Versorgungsleitungen soll kein pauschaler zusätzlicher Sicherheitsfaktor zur Begründung von Vorsorge angegeben werden. Stattdessen soll dem Prinzip der Minimierung und dem ALARA-Prinzip – „As Low As Reasonably Achievable“ (so gering, wie dies mit vernünftigen Mitteln machbar ist) gefolgt werden. Dieser Ansatz folgt der international und national eingeführte Vorsorge zur Erreichung einer angestrebten Umweltqualität und ist verbindlich konkretisiert. So verfolgt die Umweltpolitik der Union gemäß Artikel 191 Abs. 1 AEUV (ex-Artikel 174 EGV) die Ziele: Erhaltung und Schutz der Umwelt sowie Verbesserung ihrer Qualität bzw. Schutz der menschlichen Gesundheit. Gemäß Abs. 2 zielt die Umweltpolitik der Union auf ein hohes Schutzniveau ab und beruht auf den

<sup>11</sup> In Klammern angegebene Werte sind Abschätzungen aufgrund der angegebenen Abstände (angenommen sind ungünstige Verhältnisse und eine Auslegung auf 380 kV).

<sup>12</sup> In Klammern angegebene Werte sind Abschätzungen aufgrund der angegebenen Magnetischen Flussdichte (angenommen sind ungünstige Verhältnisse und eine Auslegung auf 380 kV).

<sup>13</sup> Die genannten Abstände sollen dazu dienen, gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse im Sinne des § 1 Abs. 5 Nr. 1 BauGB zu gewährleisten. Die Bemessung der Abstände basiert auf dem von der Strahlenschutzkommission in ihren Empfehlungen zum Schutz vor niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern der Energieversorgung und -anwendung vom 16./17. Februar 1995 genannten Ermessungsspielraum für die magnetische Flussdichte von 10  $\mu\text{T}$  zur Berücksichtigung des Vorsorgegesichtspunktes und auf den Erläuterungen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zu § 4 der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV).

<sup>14</sup> Energieleitungsausbaugesetz vom 21. August 2009 (BGBl. I S. 2870), geändert durch Artikel 5 d. Gesetzes vom 7. März 2011 (BGBl. I S. 338)

<sup>16</sup> BVerwG, Urteil v. 19. Dez. 1985, – 7 C 65.82

<sup>17</sup> Di Fabio, U. (1991): Entscheidungsprobleme der Risikoverwaltung. In: Natur und Recht 13 (8), 357

Tabelle 3: BUND-Ableitungen zum Schutz und zur Vorsorge vor magnetischen Feldern der elektrischen Energieversorgung und -anwendung

Herkunft	Magnet. Flussdichte in $\mu\text{T}$	Horiz. Abstand v. d. Trassenmitte in $\text{m}^{15}$	Geltungsbereich, Verbindlichkeit
BUND	0,01	(600)	Gefahrenschutz für dem Aufenthalt dienende Bereiche (Freileitung 380 kV), abgeleitet aus Wirkungsuntersuchungen
BUND	<0,01	(>600)	Vorsorge (Freileitung 380 kV)
<b>Vergleichsabstände Erdkabel (Abstandsangaben bei derzeit verfügbarer Technik)</b>			
BUND	0,01	(30)	Erdkabel 110 kV, Abstand bei zu erwartendem magn. Wechselfeld
BUND	0,01	(60)	Erdkabel 220 kV, Abstand bei zu erwartendem magn. Wechselfeld
BUND	0,01	(150)	Erdkabel 380 kV, Abstand bei zu erwartendem magn. Wechselfeld
<b>Natürliche Stärke magnetischer Wechselfelder</b>			
	0,000.001		

Grundsätzen der Vorsorge und Vorbeugung. Ein Beispiel für die Umsetzung dieses hohen Schutzniveaus in deutsches Recht zeigen die Vorgaben für die Luftqualität:

- § 50 Satz 2 BImSchG: Bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen in Gebieten, in denen die in Rechtsverordnungen (...) festgelegten Immissionsgrenzwerte nicht überschritten werden, ist bei der Abwägung der betroffenen Belange die Erhaltung der bestmöglichen Luftqualität als Belang zu berücksichtigen.
- Analog dazu bestimmt § 26 der 39. BImSchV, dass sich die zuständigen Behörden darum bemühen, die bestmögliche Luftqualität unterhalb der genannten Werte, die mit einer nachhaltigen Entwicklung in Einklang zu bringen ist, aufrechtzuerhalten und berücksichtigen dies bei allen relevanten Planungen.
- Ebenso klar äußert sich § 1 Abs. 6 Ziffer 7 Lit. h BauGB, wonach die Erhaltung der bestmöglichen Luftqualität in Gebieten, in denen die durch Rechtsverordnung zur Erfüllung von bindenden Beschlüssen der Europäischen

Gemeinschaften festgelegten Immissionsgrenzwerte nicht überschritten werden, als Belang zu berücksichtigen ist. Es spricht nichts dagegen, diese grundsätzliche Schutzsystematik im Immissionsschutz auf die magnetischen Felder zu übertragen. Besonders angesprochen sind die räumliche Planung und andere Ermessensentscheidungen. Es werden damit Anforderungen gestellt, die im Rahmen des Abwägungsgrundsatzes zwingend eine „Berücksichtigung“ (und damit eine nachprüfbare Auseinandersetzung) dahingehend erfahren müssen, ob die „bestmögliche Qualität“ erreicht wird. Darüber hinaus kann eine „bestmögliche Qualität“ auch im Sinne der EU als Verbesserungsgebot interpretiert werden. Dieser ausnutzbare Abwägungsspielraum deutlich unterhalb verbindlicher Mindeststandards wird auch sichtbar mit der rechtlichen Interpretation der planerischen Vorsorge. Maßnahmen zur Qualitätssicherung lassen sich also bereits deutlich unterhalb festgelegter Normen und Standards sowohl fachlich als auch rechtlich begründen.

# 6 Fazit: BUND-Forderungen zum Schutz und zur Vorsorge beim Neubau und Umbau von Hochspannungsleitungen

**D**ie oft vorzufindende Grundbelastung in Wohngebieten liegt aufgrund vorhandener Versorgungsleitungen, Ausstattung mit elektrischen Geräten etc. i. d. R. oberhalb von 0,01  $\mu\text{T}$  und damit im Bereich möglicher gesundheitlicher Effekte. Damit sich Hochspannungsnetze dort nicht zusätzlich belastend auswirken, sind sorgfältige und kleinräumige Untersuchungen bei geplanten oder umzubauenden Trassen – auch im Hinblick auf technische Optimierungen – erforderlich. Als Fazit aus der Betrachtung niederfrequenter magnetischer Wechselfelder ergeben sich die folgenden Grundforderungen:

- Trassen für die Hochspannungsleitungen (Freileitungen und Erdkabel) sind aufgrund der möglichen Wirkungen für Mensch und Umwelt durch Raumordnungspläne bzw. die kommunale Bauleitplanung vorzubereiten (Flächennutzungsplan) und zu sichern (Bebauungsplan). Nur hierdurch ergeben sich weitreichende Möglichkeiten, um den Schutz empfindlicher Nutzungen vor magnetischen Wechselfeldern planerisch zu sichern, insbesondere durch erforderliche Schutzabstände. Die Pflicht zur Aufstellung von Bauleitplänen für diesen Zweck ergibt sich aus § 1 Abs. 3 BauGB, wonach die Gemeinden Bauleitpläne aufzustellen haben, sobald und soweit es für die städtebauliche Entwicklung und Ordnung erforderlich ist. Konkrete Erfordernisse zur Berücksichtigung von Gesundheit und Umweltschutz sind dort weiter ausgeführt, womit sich der hier abgeleitete Schutzstandard in Höhe von 0,01 Mikrottesla einführen lässt.
- Errichtung und Betrieb von Hochspannungsfreileitungen sind gemäß Anlage 1 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) einer Umweltverträglichkeitsprüfung zu unterziehen. Hierbei sind die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, Flora und Fauna explizit im Hinblick auf eine „wirksame Umweltvorsorge“ zu berücksichtigen. Die wirksame Umweltvorsorge vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen wird

durch den BUND-Wert in Höhe von 0,01  $\mu\text{T}$  als zu unterschreitende zusätzliche Belastung durch das magnetische Wechselfeld konkretisiert. Für die Auseinandersetzung im konkreten Verfahren sollte eingefordert werden, dass der Vorrang des UVPG vor den jeweiligen Fachgesetzen (z. B. BImSchG) berücksichtigt wird. So bestimmt der § 4 UVPG, dass dieses Gesetz vorgeht, soweit Bestimmungen der Fachgesetze ihm nicht entsprechen (Subsidiaritätsklausel)<sup>18</sup>.

- Neue Trassen (Freileitung) werden ohnehin nicht in unmittelbarer Nähe der dem Aufenthalt von Menschen dienenden Gebäude bzw. anderen schutzbedürftigen Nutzungen errichtet werden können. Aufgrund des erforderlichen Schutzanspruchs in Höhe von 0,01  $\mu\text{T}$  wird ein Abstand von etwa 600 m bei Leitungen mit 380 kV einzuhalten sein, wenn keine konkreten Aussagen über die Verringerung von Emissionen vorliegen (zum Beispiel durch technische Optimierung). Bei der Erdverkabelung ergeben sich wesentlich geringere Schutzabstände.
- Beim Umbau und bei der Renovierung vorhandener Leitungen sind alle Maßnahmen zur Minimierung zu ergreifen, um das angestrebte Schutzziel zu erreichen. Insbesondere ist auch an die Anordnung der Leiterseile zur Minimierung der magnetischen Wechselfelder zu denken.
- Die Sicherstellung eines hinreichenden Schutzniveaus erfordert ein transparentes Regelungskonzept unter Beteiligung der Betroffenen und Akteure, auf dessen Basis Entscheidungen generell und im Einzelfall nachvollzogen werden können.

<sup>15</sup> Kursiv angegebene Werte sind Abschätzungen aufgrund der angegebenen Magnetischen Flussdichte (angenommen sind ungünstige Verhältnisse).

<sup>18</sup> Bunge, T.: Kommentar zum UVPG, § 4. In: Handbuch der Umweltverträglichkeitsprüfung (HdUVVP), Storm, P.-C.; Bunge, T. (Hg.), Berlin: Erich Schmidt, Losebl.-Ausg., 21. Lfg., S. 1–9



# Die Erde braucht Freundinnen und Freunde

Der BUND ist ein Angebot: an alle, die unsere Natur schützen und den kommenden Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen erhalten wollen. Zukunft mitgestalten – beim Schutz von Tieren und Pflanzen, Flüssen und Bächen vor Ort oder national und international für mehr Verbraucherschutz, gesunde Lebensmittel und natürlich den Schutz unseres Klimas.

Der BUND ist dafür eine gute Adresse. Wir laden Sie ein, dabei zu sein.

## Ich will mehr Natur- und Umweltschutz

Bitte (kopieren und) senden an:

**Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.,**  
**Friends of the Earth Germany, Am Köllnischen Park 1, 10179 Berlin**

Ich möchte

- ... mehr Informationen über den BUND  
 ... Ihren E-Mail-Newsletter \_\_\_\_\_

## Ich will den BUND unterstützen

Ich werde BUNDmitglied

Jahresbeitrag:

- Einzelmitglied (ab 50 €) .....  
 Familie (ab 65 €) .....  
 SchülerIn, Azubi,  
StudentIn (ab 16 €) .....  
 Erwerbslose, Alleinerziehende,  
KleinrentnerIn (ab 16 €) .....  
 Lebenszeitmitglied (ab 1.500 €) .....

Wenn Sie sich für eine Familienmitgliedschaft entschieden haben, tragen Sie bitte die Namen Ihrer Familienmitglieder hier ein. Familienmitglieder unter 27 Jahren sind automatisch auch Mitglieder der BUNDjugend.

\_\_\_\_\_  
Name, Geburtsdatum

\_\_\_\_\_  
Name, Geburtsdatum

Ich unterstütze den BUND  
mit einer Spende

- Spendenbetrag  €  
 einmalig  
 jährlich

Um Papier- und Verwaltungskosten zu sparen, ermächtige ich den BUND, den Mitgliedsbeitrag/die Spende von meinem Konto abzubuchen. Diese Ermächtigung erlischt durch Widerruf bzw. Austritt.

\_\_\_\_\_  
Name

\_\_\_\_\_  
Vorname

\_\_\_\_\_  
Straße, Hausnummer

\_\_\_\_\_  
PLZ, Ort

\_\_\_\_\_  
Kreditinstitut

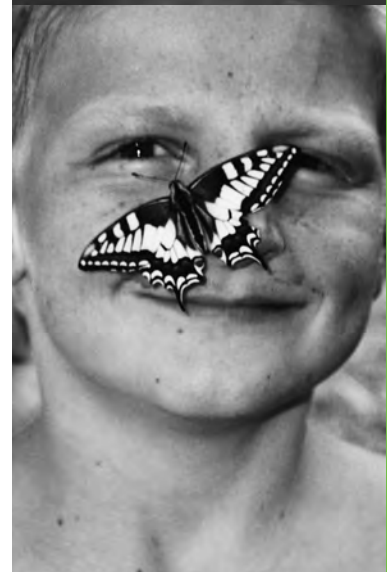
\_\_\_\_\_  
Bankleitzahl

\_\_\_\_\_  
Kontonummer

\_\_\_\_\_  
E-Mail, Telefon

\_\_\_\_\_  
Datum, Unterschrift

Ihre persönlichen Daten werden ausschl. für Vereinszwecke elektronisch erfasst und – ggf. durch Beauftragte des BUND e.V. – auch zu vereinsbezogenen Informations- und Werbezwecken verarbeitet und genutzt. [ABA TSTETECH]



Redaktion: Dr. Herbert Wefers  
V.i.s.d.P.: Dr. Norbert Franck  
Produktion: Natur & Umwelt GmbH  
Bestellnummer: 45 088  
Januar 2012, 2. Auflage

AutorInnen: BUND-Bundesarbeitskreis  
Immissionsschutz, Prof. Dr. Wilfried Kühling,  
Bernd Rainer Müller

www.bund.net  
Telefon: 030/2 7586-40  
Fax: 030/2 7586-440  
E-Mail: info@bund.net

**Impressum**  
Herausgeber:  
Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland  
e.V. (BUND), Friends of the Earth Germany  
Am Köllnischen Park 1 · 10179 Berlin