Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 87 (1996)

Heft: 25

Artikel: Das Phänomen "Elektrosmog" : Wirkung niederfrequenter EM-Felder auf den Menschen

Autor: Schierz, Christoph / Krueger, Helmut

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902404

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Trotz der engen Verbindung von Lebensqualität und elektrischer Energie breitet sich in den letzten Jahren ein Gefühl der Betroffenheit über vorhandene oder mögliche Schädigungen durch elektromagnetische Felder aus. Aus wissenschaftlicher Sicht stellen sich vier Problemfelder: Wie hoch ist die tägliche Exposition? Was ist über biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder bekannt? Welche Bedeutung hat eine Attributierung für die Bewertung in der Öffentlichkeit? Welche Bedeutung kommt der Erforschung der biologischen Wirkung elektromagnetischer Felder bei der Festlegung von Grenzwerten zu?

Das Phänomen «Elektrosmog»

Wirkung niederfrequenter EM-Felder auf den Menschen

■ Christoph Schierz, Helmut Krueger

Elektrische Geräte bestimmen unser Leben im Haus, in der Freizeit und am Arbeitsplatz. Ein Leben ohne «Licht, Kraft und Wärme», wie die Elektrogeschäfte früher anpriesen, ist heute kaum noch vorstellbar. Auch die modernen Errungenschaften der Kommunikations- und Gesundheitstechnologie wären ohne Strom nicht möglich. Mit dem elektrischen Strom untrennbar verbunden sind elektromagnetische Felder, die sich in der Umwelt mehr oder weniger stark ausbreiten.

Die Betroffenheit über tatsächliche oder mögliche Schäden besteht unabhängig davon, ob die elektromagnetischen Felder als Träger aller Vorteile an Lebenskomfort und -qualität vom einzelnen genutzt werden oder nicht. Der Begriff «Elektrosmog» kennzeichnet dieses zwiespältige Verhalten gegenüber dem Phänomen Elektrizität. Der negativ belegte Begriff Smog zeigt, dass elektromagnetische Felder trotz der erkannten Vorteile in der Öffentlichkeit vor allem *negativ attributiert* werden.

Es stellen sich vier Problemfelder für die Diskussion des Komplexes elektromagnetische Strahlung:

- Wie gross ist die *tägliche Exposition* in Beruf und Freizeit?
- Was wissen wir zurzeit über die *biologischen Wirkungen* elektromagnetischer Felder? Gibt es akute oder langzeitige biologische Wirkungen, die ein deutliches Umdenken im Umgang mit elektromagnetischen Feldern erfordern?
- Welche Bedeutung hat eine *Attributierung* für die Bewertung durch die Öffentlichkeit?
- Welchen Beitrag kann die Erforschung der biologischen Wirkung elektromagnetischer Felder für die Festlegung von *Grenzwerten* leisten?

Stärke der Belastung

Die Felder werden durch die Angabe einer Feldstärke sowie einer Richtung des Feldes im Raum gekennzeichnet. Tabelle I zeigt wichtige Kenngrössen elektromagnetischer Felder. Jedes elektrische Wechselfeld erzeugt ein magnetisches Wechselfeld und umgekehrt. Grundsätzlich wird zwischen statischen und zeitlich veränderlichen elektrischen bzw. magnetischen Feldern unterschieden. Beispiele für statische magnetische Felder sind das schwache erdmagnetische Feld ($\approx 45\ \mu T$) und das sehr starke Feld von Magnetresonanz-Tomographen ($\approx 1{,}5$ T). Die Wechselfelder werden durch die Angabe einer Frequenz ν bzw. einer Wellenlänge λ sowie einer Amplitude der Feldstärke gekennzeichnet. Beispiele für Wechselfelder sind Felder des technischen Wechselstroms mit $\nu = 50$ Hz, des Bahnstroms mit $\nu = 16^2/_3$ Hz sowie der Kommunikationstechnologie mit Frequenzen im kHz- und GHz-Bereich.

Adresse der Autoren
Dr. *Christoph Schierz* und Prof. Dr. *Helmut Krueger*
Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie
ETH-Zentrum, NW, 8092 Zürich
E-Mail: schierz@iha.bepr.ethz.ch
Internet: http://www.iha.bepr.ethz.ch

Exposition durch elektrische 50-Hz-Felder

Ein elektrisches Feld lässt sich gut abschirmen (Faraday-Käfig). Seine Feldstärke in Wohnräumen hängt zwar von der Installationsausführung ab, liegt jedoch im Mittel unter 100 V/m. Durch Wegschalten der Energieversorgung, zum Beispiel durch Spannungsfreischalten [6], reduziert sich dieser Wert um den Faktor 10 bis 100. An der Oberfläche von 220-V-Steckdosen können Werte von rund 700 V/m gemessen werden; in 10 cm Abstand betragen sie noch etwa 60 V/m. An der Oberfläche von unter Spannung stehenden Eindrahtleitungen sind Werte bis etwa 300 kV/m möglich. In 10 cm Entfernung liegen sie noch bei 440 V/m, und bei Berücksichtigung der stets vorhandenen Rückleitung sind selbst an der berührbaren Oberfläche nur noch Werte von 40 V/m feststellbar [1]. Elektrische Feldstärken von Geräten liegen im allgemeinen unter 1 kV/m. Sie können im Einzelfall in unmittelbarer Gerätenähe aber auch höher ausfallen (z. B. Heizdecken, Lötkolben).

elektrische Feldstärke	Bezeichnung E; Masseinheit V/m oder kV/m
ungestörte elektrische Feldstärke	Das elektrische Feld in der Nähe von leitfähigen Gegenständen (z.B. biologischem Material) wird inhomogen. Im Labor und für die Ermittlung von Immissionen wird die ungestörte Feldstärke bei Abwesenheit des leitfähigen Materials gemessen.
magnetische Feldstärke	Bezeichnung H; Masseinheit A/m
magnetische Flussdichte (=magnetische Induktion)	Bezeichnung B; Masseinheit Tesla T Magnetische Felder werden üblicherweise in Einheiten von µT (10^{-6} T) und nT (10^{-9} T) gemessen. Eine ältere Masseinheit ist das Gauss G: 10 mG = 1 µT. Für Luft können magnetische Feldstärken wie folgt in magnetische Flussdichten umgerechnet werden: 1 A/m = 1,256 µT.
Nahfeld	Beim Nahfeld ist der Abstand zur Strahlungsquelle klein im Vergleich zur Wellenlänge der Strahlung. Elektrisches und magnetisches Feld sind inhomogen und nicht in Phase. Beide Feldkomponenten müssen gemessen werden. Im Frequenzbereich 50 Hz befindet man sich immer im Nahfeld.
Fernfeld	Beim Fernfeld ist der Abstand zur Strahlungsquelle gross gegenüber der Wellenlänge der Strahlung. Elektrisches und magnetisches Feld verändern sich gleichzeitig in gleicher Weise, sie sind in Phase. Daher ist es im Fernfeld ausreichend, nur eine Feldkomponente oder die Leistungsdichte zu messen.

Tabelle I Wichtige Grössen und Begriffe elektromagnetischer Felder

	magnetische Induktion [µT]		
	Abstand vom Gerät		
Gerät	3 cm	30 cm	100 cm
Backöfen	6 – 200	0,35 – 4	0,01 – 0,1
Bohrmaschinen	400 – 800	2 – 3,5	0,08 – 0,2
Büchsenöffner	1000 – 2000	3,5 – 30	0,07 – 1
Bügeleisen	8 – 30	0,12 – 0,3	0,01 – 0,025
Fernseher	2,5 – 50	0,04 – 2	<0,01 – 0,15
Fluoreszenzlampen	40 – 400	0,5 – 2	0,02 – 0,25
Haartrockner	6 – 2000	<0,01 – 7	<0,01 – 0,3
Handmixer	25 – 130	0,6 – 2	0,03 – 0,12
Heizöfen, tragbar	10 – 180	0,15 – 5	0,01 – 0,25
Kaffeemaschinen	1,8 – 25	0,08 – 0,15	<0,01
Kühlschränke	0,5 – 1,7	0,01 – 0,25	<0,01
Mikrowellenöfen	75 – 200	4 – 8	0,25 – 0,6
Mixer	60 – 700	0,6 – 10	0,02 – 0,25
Öfen	1 – 50	0,15 – 0,5	0,01 – 0,04
Rasierapparate	15 – 1500	0,08 – 9	<0,01 – 0,3
Spülmaschinen	3,5 – 20	0,6 – 3	0,07 – 0,3
Staubsauger	200 – 800	2 – 20	0,13 – 2
Stich- und Kreissägen	250 – 1000	1 – 25	0,01 – 1
Toaster	7 – 18	0,06 – 0,7	<0,01
Ventilatoren	2 – 30	0,03 – 4	0,01 – 0,35
Wäschetrockner	0,3 – 8	0,08 – 0,3	0,02 – 0,06
Waschmaschinen	0,8 – 50	0,15 – 3	0,01 – 0,15

Tabelle II Das magnetische 50-Hz-Feld im Umkreis von elektrischen Haushaltsgeräten
Das magnetische Feld nimmt mit dem Abstand vom Gerät deutlich ab.

Exposition durch 50-Hz-Magnetfelder

Niederfrequente Magnetfelder sind nur schwer abzuschirmen. Über die Exposition der schweizerischen Bevölkerung durch 50-Hz-Magnetfelder gibt es neuere Daten (Bild 1). Wie auch Ergebnisse der Expositionsmessungen in andern Ländern zeigen [5], liegen die Expositionen niedrig.

Nur in seltenen Fällen rücken sie in die Nähe der heute diskutierten Grenzwerte. In Tabelle II sind die Daten für eine akute Exposition durch einige Haushaltsgeräte für das magnetische Feld zusammengestellt.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass heute die Exposition unter den aufgrund gesicherter Erkenntnisse diskutierten Grenzwerten liegt (vgl. Kap. «Festlegung von Grenzwerten»). Allerdings stellt sich bei allen diesen Erhebungen die Frage nach der Integration zeitlich veränderlicher Werte, wenn, wie im Haushalt, die kurzzeitigen Spitzenwerte einer Exposition über den Grenzwerten liegen, die für längere Expositionszeit gelten. Neben den Langzeitwerten müssen Grenzwertangaben daher Anweisungen für die Integration zeitlich variabler Werte enthalten. Diese Aufgabe ist einigermassen einfach zu lösen, solange definierte Wirkungsmodelle vorliegen wie bei der thermischen Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung. Schwierig wird es, wenn es keine einfachen Wirkungsmodelle gibt wie im niederfrequenten Wirkungsbereich.

Zur Wirkungsforschung

Elektromagnetische Felder unterschiedlicher Frequenz sind zwar physikalisch ein einheitliches Phänomen, das aber bezüglich seiner *biologischen Wirkung* keineswegs als Einheit zu betrachten ist.

Das Gebiet der Frequenzen elektromagnetischer Felder lässt sich prinzipiell in drei verschiedene Bereiche einteilen:

- Bei *niedrigen Frequenzen* (ν <30 MHz) ist die Wellenlänge deutlich grösser als die Dimensionen des Menschen. Das *magnetische Feld* durchdringt den menschlichen Körper vollständig und induziert darin Kreisströme, deren Lage sich mit der Richtung der magnetischen Felder ändert (Bild 2).
  Das *elektrische Feld* wird durch einen elektrisch leitfähigen Körper verzerrt

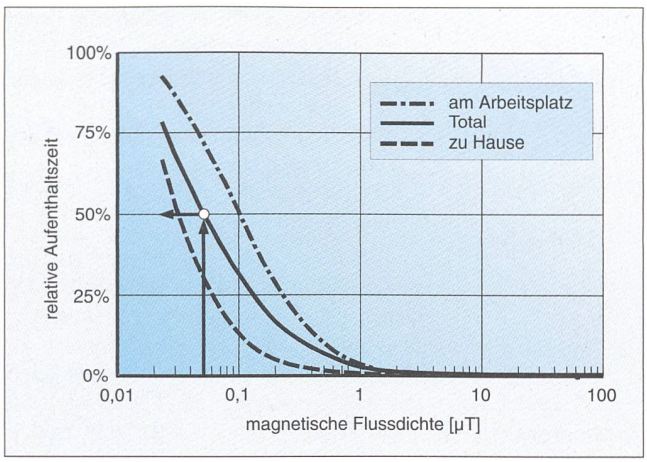


Bild 1 Prozentuale mittlere Aufenthaltszeit von Personen in einem 50-Hz-Magnetfeld einer Feldstärke grösser als der Abszissenwert

Eingezeichnetes Beispiel: 50% der Zeit befinden sich die Personen in einem Feld mit einer magnetischen Flussdichte >0,05 µT (nach [4]).

und an der Körperoberfläche verstärkt (Bild 3). Es induziert im Inneren des Körpers ebenfalls einen elektrischen Strom, was gleichbedeutend mit der Ausbildung eines inneren elektrischen Feldes ist. Dieses ist im Vergleich zur ungestörten externen Feldstärke um mehrere Grössenordnungen geringer.

- Bei *mittleren Frequenzen* (ν = 30 bis 400 MHz), wenn die Wellenlänge etwa der Grössenordnung der Dimensionen des Menschen nahekommt, gibt es Resonanz. Der Körper absorbiert von der eingestrahlten Energie deutlich mehr als bei niedrigeren oder höheren Frequenzen. Die Absorptionsrate hat ein Maximum zwischen 80 und 100 MHz.
- Im Bereich *hoher Frequenzen* (ν >400 MHz) gibt es wie bei Linsen und Licht «optische» Abbildungen. Der menschliche Körper wirkt auf die einfallende Strahlung wie eine «Linse». Es kann beispielsweise eine lokale Fokussierung der Strahlungsenergie in einem kleinen Areal geben («hot spots»). Oberhalb 3 GHz dominiert, analog zur Infrarot- oder Lichtstrahlung, die Absorption an der Körperoberfläche.

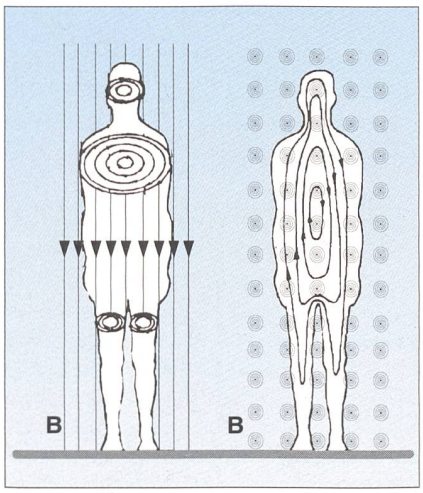


Bild 2 Ein magnetisches Wechselfeld erzeugt in einem leitenden Körper «kreisförmig» geschlossene Wirbelströme senkrecht zu den Feldlinien des Magnetfeldes.

Die Lage der Wirbelströme ändert sich mit der Richtung des magnetischen Feldes (nach [1]).

Speziell in leitfähigen Materialien wie Metallen können durch elektromagnetische Felder an der Oberfläche Ladungen entstehen, die beim Anfassen des Materials über die Hand abfliessen. Das Feld wird erst durch Berühren wirksam.

Die Berichte über die Wirkung elektromagnetischer Felder bewegen sich auf verschiedenen Stufen:

- *anekdotische Berichte*, die Aufmerksamkeit erregen. Sie erfolgen aber mehr zufällig. Die Zuordnung von Ursache und Wirkung bleibt meist unklar.
- *Epidemiologische Studien* untersuchen das Auftreten von Beschwerden und Krankheiten in Bevölkerungsgruppen. Sie lassen Zusammenhänge zwischen Expositionen und Wirkungen erkennen und geben Aufschluss über Wichtigkeit und Grössenordnung eines Problems. Problematisch sind sie immer dann, wenn die Fallzahl klein ist, die Zahl möglicher anderer beeinflussender Variablen gross ist und die Exposition nur abgeschätzt werden kann. Dies ist bei den elektromagnetischen Feldern der Fall.
- *Modelle aus Laborexperimenten* mit Probanden, Versuchstieren und Zellkulturen sowie *Modellrechnungen* erlauben kausale, quantitative Verknüpfungen zwischen Ursache und Wirkung. Es ist allerdings fraglich, inwiefern diese Untersuchungen die Verhältnisse im Alltag wiedergeben. Sie können eine gesicherte quantitative Basis für Grenzwerte bieten, soweit sie eine gesicherte Abbildung der Realität erlauben.

Im folgenden seien beispielhaft Ergebnisse zur Wirkung niederfrequenter Felder dargestellt [7, 8].

Ergebnisse der Epidemiologie

In einer ersten Studie in Denver (Colorado, USA) wurde mit einer Schätzmethode (Verkabelungsindex) eine Wechselbeziehung zwischen diesem Verkabelungsindex und der Häufigkeit der Leukämieerkrankungen von Kindern gefunden. In der Folge wurde weltweit eine Reihe aufwendiger Studien in verschiedenen Gegenden mit verschiedenen Schätzmethoden für die Exposition durchgeführt. Eine letzte sehr sorgfältige Studie ist diejenige von Feychting und Ahlbom in Schweden (1992) [2]. Die Autoren untersuchten die Häufigkeit kindlicher Leukämiefälle im Umfeld von Hochspannungsleitungen. Die aktuelle Exposition und die aufsummierte Exposition der letzten Jahre berechneten sie für ihre Studie aufgrund bekannter Daten über die Stromflüsse in den stromführenden Leitungen. In ländlichen Gebieten fanden sie zwar im Vergleich zum Landesdurchschnitt kein gesamthaft erhöhtes Risiko, an Leukämie zu erkranken, aber sie fanden eine Dosis-Wirkungs-Kurve zwischen der Zahl der Leukämiefälle und der Stärke des Magnetfeldes. Kinder mit einer hohen Exposition, das heisst Kinder, die nahe zur Leitung wohnten, hatten ein höheres Risiko im Vergleich zu den einige hundert Meter entfernt wohnenden. Allerdings war die Zahl der Fälle, die in die Studie einbezogen werden konnten, sehr klein.

Alle diese Studien gaben zu Diskussionen Anlass, weil einmal die Zahl der Fälle gering ist; zum andern die Dosisschätzung in der Mehrzahl der Studien nicht unumstritten ist und meistens das unveränderte Risiko (1.0) im Vertrauensintervall von 95% liegt. Dennoch lässt die Tatsache aufhorchen, dass sich mehrheitlich eine asymmetrische Verschiebung des Risikos zu höheren Werten zeigt (Bild 4).

Ergebnisse aus Laborexperimenten

Durch starke, in der heutigen Umwelt nicht vorhandene Felder können im Körper Ströme induziert werden, die zu Reizungen von Zellen im Gewebe des Organismus führen. Aus Untersuchungen ging inzwischen deutlich hervor, dass auch niederfrequente Felder, welche um viele Grössenordnungen unterhalb der Erregungsschwelle liegen, zu biologischen Effekten führen können. Ein mögliches Modell zeigt Bild 5.

Negative Attributierung

Im Hinblick auf mögliche Befindlichkeitsstörungen durch die Einwirkung elektromagnetischer Felder auf den Menschen einerseits und die Akzeptanz technischer

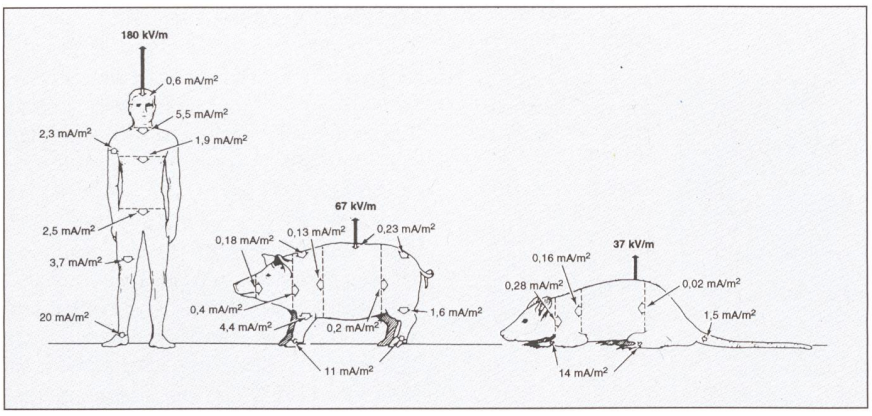


Bild 3 Elektrische Feldstärken an der Oberfläche und die von ihnen bewirkten Stromdichten [mA/m²]
Für den Menschen, das Schwein und die Ratte in einem senkrecht von unten nach oben verlaufenden elektrischen Wechselfeld mit einer Feldstärke von 10 kV/m bei idealer Erdung [10].

Angebote andererseits muss auch eine negative Attributierung berücksichtigt werden. Das was der Mensch von der Umwelt wahrnimmt, findet seine *Wirkung* in einer subjektiven Welt «mentaler Konzepte» (Bild 6). Diese wird einerseits *affektiv* (emotional) bewertet (z. B. «ich finde die vorliegende Situation angenehm bzw. unangenehm»), und es findet andererseits eine *Attributierung* statt (z. B. «die vorliegende Situation ist für mich gesund bzw. ungesund)». Affektive Bewertung und Attributierung beeinflussen sich gegenseitig.

Aus der Lärmforschung wissen wir, dass eine Attributierung sehr deutlich die Wahrnehmung physikalisch objektivierbarer Lautstärke von Schallquellen beeinflusst. Beispielsweise wird Musik in der Diskothek von Jugendlichen positiv attributiert und daher trotz erheblichen Schallpegels nicht als störend empfunden. So erklärt die physikalische Messgrösse des Reizes beim Lärm im besten Falle ein Drittel der Reaktionen der Bevölkerung auf den Lärm. Die gesamte Wirkung auf der psychosomatischen Seite hängt von den mentalen Konzepten ab, die die Betroffenen von der Wirkung auf sie selber haben [9]. Sie hängt davon ab, wie wir den objektivierbaren Reiz in unsere subjektive Welt einbauen. Sie ändert sich auch mit der Belastung durch zusätzliche Umweltfaktoren und hängt davon ab, ob wir Sorgen haben oder nicht. Die Wirkung findet sich auf der psychosomatischen Seite wieder, als diagnostizierbares Krankheitsgeschehen.

Festlegung von Grenzwerten

Wissenschaftliche Ergebnisse müssen im Hinblick auf eine Grenzwertfindung gewisse Anforderungen erfüllen. Wenn von Grenzwertfindung die Rede ist, beziehen sich die Ausführungen allein auf naturwissenschaftliche Begründungen von Grenzwerten, also nicht auf Grenzwerte, die pragmatisch gesetzt werden wie zum Beispiel der schwedische Standard für die Begrenzung von Magnetfeldern im Umfeld von Bildschirmen (z. B. MPR-II). Nicht jedes publizierte Ergebnis kann aus wissenschaftlicher Sicht für die Erarbeitung von Grenzwerten herangezogen werden. Die wissenschaftliche Literatur liefert Ergebnisse verschiedener Stufen. Die beste Ausgangslage ist dann im Sinne einer Grenzwertfindung gegeben, wenn *gesicherte* Ergebnisse *relevanter* Bedeutung vorliegen. In vielen Fällen handelt es sich um gesicherte Ergebnisse unklarer Relevanz: Nicht alle Belastungen des menschlichen Körpers sind schädlich. Zusätzlich gibt es ungesicherte Ergebnisse und viele offene Fragen.

Ein Ergebnis gilt im wissenschaftlichen Sinne als gesichert, wenn es bestimmte Anforderungen der Qualitätssicherung erfüllt. Diese sind anerkanntermassen:

- der Effekt muss relevant sein, statistische Signifikanz reicht nicht,
- er muss von verschiedenen Arbeitsgruppen reproduziert sein,
- es müssen genaue Angaben zur Dosis der Exposition vorliegen,
- die Versuchsdurchführung muss detailliert dokumentiert sein,
- es müssen Angaben zur Auswertung der Daten vorhanden sein,
- das untersuchte biologische Objekt muss spezifiziert sein.

Anekdotische Berichte erregen zumeist grosse öffentliche Aufmerksamkeit (Medien), sobald sie eine negative Attributierung unterstützen. Sie sind dennoch im naturwissenschaftlichen Verständnis keine tragfähige Basis für die Festlegung von Grenzwerten. Zumeist fehlt eine exakte Ursachenabklärung.

Epidemiologische Studien sind einmal für die Einordnung der allgemeinen, quantitativen Bedeutung eines Problems wichtig, zum andern aber dann Grundlage für Grenzwerte, wenn sie zu einer definierten Dosis-Wirkungs-Kurve führen. Im Falle der elektromagnetischen Felder reichen die Fallzahlen hierfür bisher nicht aus. Die EM-Felder können für begrenzte kurze Zeit (akut) oder auch während einer langen Zeit (chronisch) auf den Menschen und seine Zellen einwirken. Chronische Wirkungen lassen sich nur in epidemiologischen Studien erfassen. In epidemiologischen Studien richtet sich die Aufmerksamkeit auf die ganze Bevölkerung eines Gebietes oder spezielle Gruppen dieser Bevölkerung und nicht auf einzelne Personen. Nur wenn ein Modell der Wirkung vorliegt, ist der Zusammenhang zwischen dem wirkenden Faktor (EM-Feld) gesichert.

Neben den epidemiologischen Studien muss also zusätzlich im *biologischen Experiment* nach möglichen kausalen Zusammenhängen von Ursache und Wirkung gesucht werden. Den derzeitigen Grenzwerten liegt die Modellvorstellung zugrunde, dass das natürliche Zusammenspiel elektrischer Potentiale des Nervensystems nicht gestört wird. Mit einem Sicherheitsfaktor führt das nach den Vor-

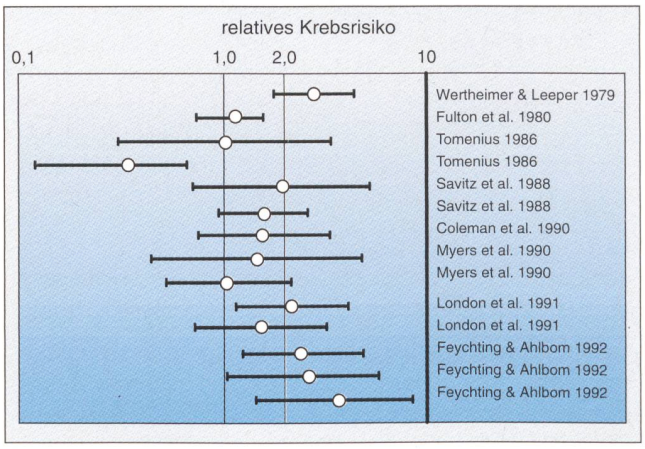


Bild 4 Die verschiedenen Studien zur Leukämie von Kindern
Sie lassen weiterhin einen Verdacht für ein wenn auch geringes Risiko bestehen, welches allerdings auf schweizerische Verhältnisse umgerechnet im ungünstigsten Falle ½ bis 1 Fall im Jahr bedeuten könnte.

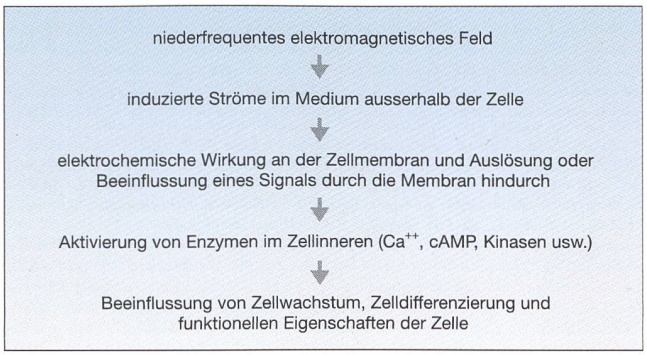


Bild 5 Mögliche hypothetische Sequenz der einzelnen Schritte bei der Beeinflussung von Zellfunktionen durch niederfrequente elektromagnetische Felder [11].

schlägen der WHO für 50-Hz-Wechselfelder zu einem oberen Grenzwert des elektrischen Feldes von 5 kV/m und zu einem oberen Wert der magnetischen Flussdichte von 100 µT. Diese Werte werden in der Schweiz als Immissionsgrenzwerte vorgeschlagen [3]. Bild 7 können die vorgeschlagenen Immissionsgrenzwerte anderer Frequenzen entnommen werden. Dabei wird berücksichtigt, dass die Stärke im Körper induzierter Ströme proportional zur Feldfrequenz ist.

Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es für die Grenzwertfestlegung von EM-Feldern naturwissenschaftliche Modelle gibt. Im allgemeinen liegt die Exposition in der Umwelt jedoch deutlich unter den aus den Modellen abgeleiteten Grenzwerten.

Es gibt immer mehr experimentelle Studien über Effekte, die mit den vorliegenden Modellen nicht erfasst werden. Die in den Studien betrachtete Stärke der EM-Felder, speziell die in «Verhaltensstudien», ist teilweise ausserordentlich niedrig. So wird es weiterer Forschungsarbeit bedürfen, um die Bedeutung der Ergebnisse für die Gesundheit abschätzen zu können.

Die Ergebnisse epidemiologischer Studien könnten in der Summe auf ein wenn auch sehr geringes Krebsrisiko hindeuten, auch wenn in der einzelnen Studie mehrheitlich das normale Krebsrisiko im Vertrauensintervall enthalten ist. Die noch laufenden internationalen epidemiologischen Studien sind daher aufmerksam zu verfolgen. Epidemiologische Studien benötigen eine ausreichende Fallzahl, so dass

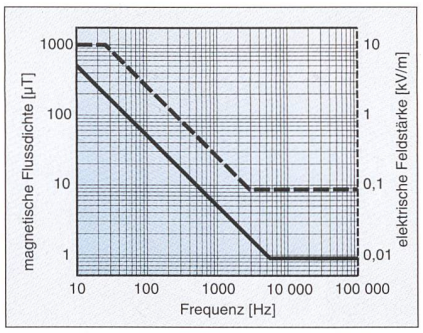


Bild 7 Vom Buwal empfohlene Immissionsgrenzwerte für den Effektivwert der elektrischen Feldstärke (obere gestrichelte Kurve, rechte Skala) und der magnetischen Flussdichte (untere ausgezogene Kurve, linke Skala)

Nach [3]

sie mit Erfolg nur in grossen Populationen durchgeführt werden können.

Besondere Aufmerksamkeit muss wohl den zwar beobachteten, aber nicht gesicherten Befindlichkeitsstörungen geschenkt werden, die in den bisherigen Grenzwertmodellen nicht berücksichtigt werden.

Ein weiteres Feld zukünftiger wissenschaftlicher Tätigkeit sind Risikogruppen und sogenannt EM-sensible Personen. Zur EM-Sensibilität gibt es keine grösseren Studien. So bleibt weiterhin unklar, wo die Grenzwerte der EM-Sensibilität liegen. Vereinzelte Studien, die allerdings nicht von unabhängigen anderen Untersuchergruppen bestätigt wurden, deuten auf sehr niedrige Schwellenwerte hin. In diesem Bereich der Lästigkeit und vielleicht auch der gesundheitlichen Betroffenheit sind weitere Untersuchungen notwendig.

Literatur

[1] *N. Leitgeb:* Strahlen, Wellen, Felder. Ursachen und Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit. DTV Wissen und Praxis Nr. 11265, 1990.

[2] *M. Feychting, A. Ahlbom:* Childhood Leukemia and residential exposure to weak extremely low frequency magnetic fields. Environmental Health Perspectives; V 103, Suppl. 2, March 1995.

[3] *Buwal:* Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder. 2. Teil: Frequenzbereich 10 Hz bis 100 kHz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 214, 1993.

[4] *M. Stratmann, Ch. Wernli, U. Kreuter, S. Joss:* Messung der Belastung der Schweizer Bevölkerung durch 50-Hz-Magnetfelder. Paul-Scherrer-Inst., Abt. für Strahlenhygiene. PSI-Ber. Nr. 95-09, 1995.

[5] *A. Stamm:* Untersuchung zur Magnetfeldexposition der Bevölkerung im Niederfrequenzbereich. Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme. Band 3, Vde-Verlag, Berlin, 1993.

[6] *H. L. König, E. Folkerts:* Elektrischer Strom als Umweltfaktor. Pflaum-Verlag, München, 1992.

[7] *E. L. Carstensen:* Biological effects of transmission line fields. Elsevier Sci. Publ. New York, 1987.

[8] *D. O. Carpenter, S. Ayrapetyan* (Eds.): Biological Effects of Electric and Magnetic Fields. Vol. 1+2: Academic Press, San Diego, 1994.

[9] *O. Renn:* Risikowahrnehmung. In: Risikoakzeptanz aus technischer und soziologischer Sicht. Schrift 19 der SATW, Schrift 1/94 des Suva-Fonds, 1995.

[10] *W. T. Kaune* and *R. D. Phillips:* Comparison of the Coupling of Grounded Humans, Swine and Rats to Vertical, 60 Hz-Electric Fields. Bioelectromagnetics 1(1980), p. 117–129.

[11] *T. S. Tenforde:* Biological Interactions and Human Health Effects of Extremely Low Frequency Magnetic Fields. In: *B. W. Wilson, R. G. Stevens, L. E. Anderson* (ed.): Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields: The Question of Cancer, Batelle Press, Columbus (Ohio), p. 291, 1990.

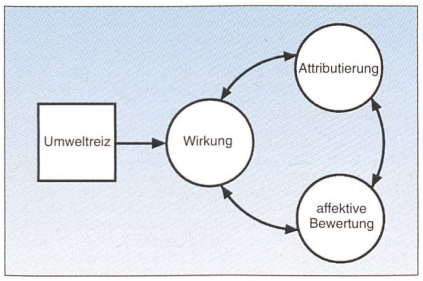


Bild 6 Vereinfachtes Wirkungsmodell von Umweltreizen

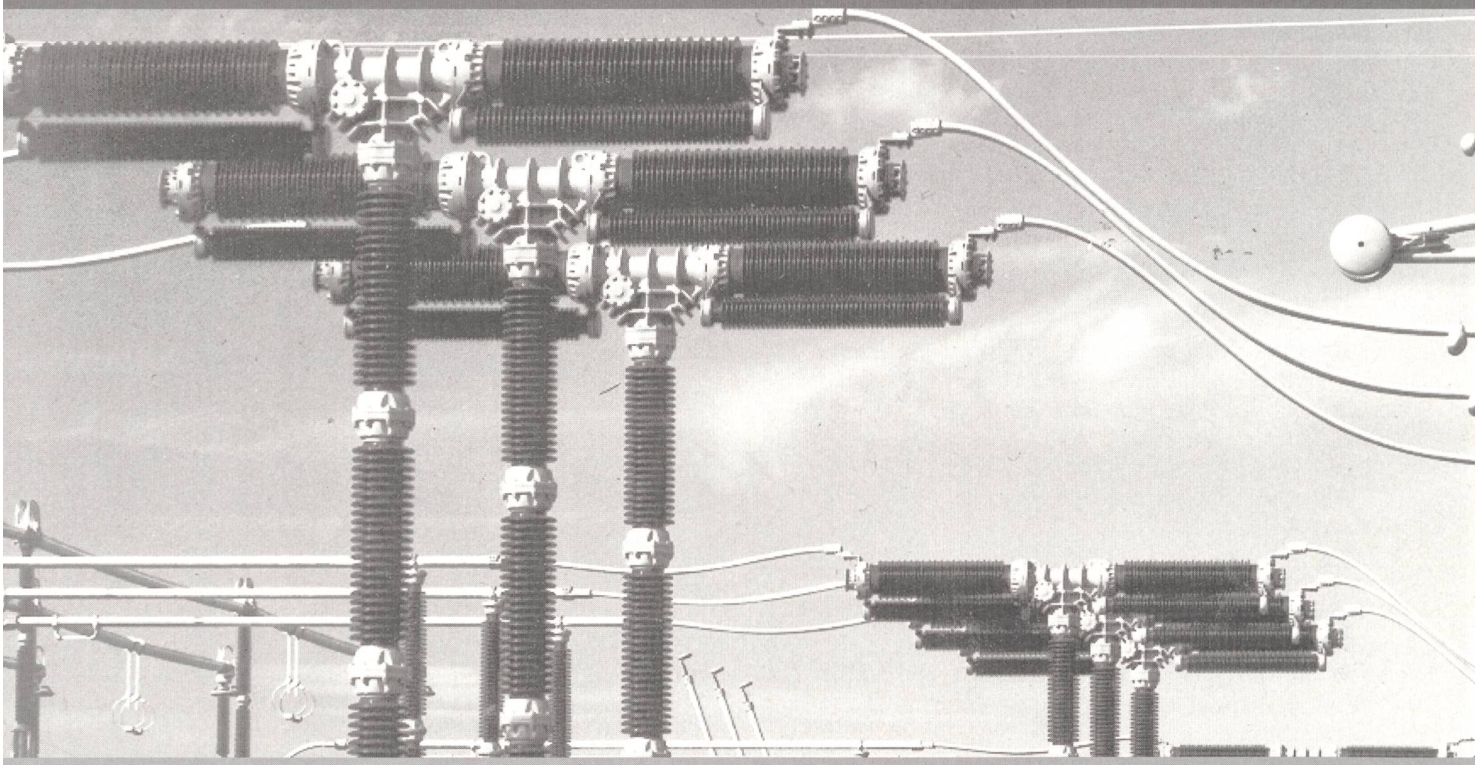
Ein Reiz wird als «krankmachend» oder «gesundheitsförderlich» eingestuft und damit «attributiert». Er wird auch «affektiv» (emotional) bewertet.

Le phénomène «smog électrique»

Effets des champs électromagnétiques à basse fréquence sur l'homme

Malgré le lien étroit entre la qualité de vie et l'énergie électrique, un sentiment de désarroi se répand ces dernières années sur les affections existantes ou possibles dues aux champs électromagnétiques. Dans la vue scientifique se posent quatre champs de problèmes: Quel est le niveau d'exposition journalière? Que sait-on sur les effets biologiques des champs électromagnétiques? Quelle importance a une attribution pour l'évaluation dans l'opinion publique? Quelle importance revêt la recherche des effets biologiques des champs électromagnétiques lors de la définition de valeurs limites?

Wir schaffen Verbindungen.



Im Jahre 1854 wurde Ferdinand Lesseps von den ägyptischen Behörden mit dem Bau eines Kanals zwischen Port Said und Suez beauftragt. Fünfzehn Jahre später befuhren die ersten Schiffe den Wasserweg, der das Mittelmeer mit dem Roten Meer verbindet. Lesseps nächstes Projekt war der Panamakanal.

Verbindungen herstellen und unterbrechen gehört zu den Hauptaufgaben der ABB Hochspannungstechnik AG. Unsere LTB-Leistungsschalter sind für Nennspannungen bis 800 kV und für Kurzschlussströme bis 80 kA konzipiert. Dank Forschungserfolgen – speziell auf dem Gebiet der Lichtbogenunterbrechung – sind wir heute in der Lage, noch zweckmässigere Schaltanlagen mit noch geringeren Wartungskosten anzubieten,

damit Sie sicher dem Erfolg entgegensegeln können.

Performance on line

ABB Hochspannungstechnik AG
Postfach 8546
CH-8050 Zürich/Schweiz
Telefon: + 41 (0)1 318 33 00
Telefax: + 41 (0)1 312 56 43

ABB

© Copyright ABB High Voltage Technologies Ltd.