



Gesundheitliche Wirkungen von niederfrequenten EMF in der Wohnumwelt

Zusammenfassung

In der Regel ist elektrische Energie günstiger als andere Energieformen zu bewerten, wobei die bedeutendere Umweltbelastung nicht beim Verbrauch, sondern bei der Erzeugung des Stroms erfolgt.

Jedoch induzieren Transport und Verwendung von Elektrizität elektrische und magnetische Felder, die nachweislich biologische Wirkungen entfalten können. Durch epidemiologische Studien recht gut belegt ist ein erhöhtes Risiko für kindliche Leukämien, wobei allerdings die Gefährlichkeit alltäglicher niedriger Feldstärken nicht beurteilt werden kann. Zu anderen Gesundheitsendpunkten (andere Krebsarten, Schwangerschaftskomplikationen und neurodegenerative sowie psychiatrische Erkrankungen) ist die Datenlage noch weit weniger klar. Einzelne Menschen dürften magnetische Felder (unbewusst) bereits ab wenigen μT wahrnehmen, was eventuell zu Stress und psychosomatischen Beschwerden führen könnte.

Die epidemiologischen Daten zur kindlichen Leukämie und (mit geringerer Sicherheit) zu Fehlgeburten legen nahe, dass magnetische Felder im Mittel auf deutlich unter $1 \mu\text{T}$, hinsichtlich kurzzeitiger Spitzen auf etwa $1 \mu\text{T}$ beschränkt werden sollten. Die in aktuellen Normen genannten Richtwerte (z.B. $100 \mu\text{T}$) liegen weit höher und sind angesichts der epidemiologischen Daten unverantwortlich. Die tatsächlich in der alltäglichen Wohnumwelt auftretenden Felder genügen jedoch in aller Regel dem Vorsorgegedanken.

Einleitung

Wir benötigen zum Beispiel Energie, um für uns Arbeit zu leisten oder um uns mit Wärme, Kälte oder Licht zu versorgen. Doch keine Form der Energie ist völlig frei von Nebenwirkungen und Gefahren. Unter allen Formen ist die elektrische Energie oftmals die sauberste und unbedenklichste: Die elektrisch betriebene Lokomotive emittiert weniger Schadstoffe als die Dampf- oder Diesellok, die elektrische Lampe ist sauberer als die Öllampe oder der Kienspan, selbst der elektrische Herd ist dem Gasherd vorzuziehen, vom alten Holzofen in der Rauchküche ganz zu schweigen.

Der elektrische Strom kommt jedoch nicht bloß „aus der Steckdose“. Vielmehr muss er irgendwo

erzeugt werden. Dies geschieht zu oft mit erschreckend schlechtem Wirkungsgrad über Dampfturbinen, die mittels fossiler Brennstoffe oder Uran betrieben werden. Doch selbst die Nutzung der Wasserkraft kann mit erheblichen Eingriffen in die Landschaft und in Ökosysteme verbunden sein, selbst Wind- und Solarkraftwerke sind nicht völlig unbedenklich.

Wenn Elektrizität als Energieform weitgehend sauber ist, so gilt dies zwar für Transport und Anwendung, nicht aber für deren Erzeugung. Allein deshalb sollte Elektrizität maßvoll eingesetzt werden. Vernünftiger und sparsamer Umgang wirkt sich nicht nur günstig auf die Erzeugung aus, sondern reduziert auch die Menge der im Leitungsnetz transportierten Energie und damit die dadurch erzeugten Felder.

Die gesundheitliche Bedeutung der Felder des Haushaltsstroms erscheint im Vergleich zu den Belastungen durch die Stromerzeugung zweitrangig. Sie ist dennoch Gegenstand dieser Abhandlung.

Leukämie bei Kindern

Die *International Agency for Research on Cancer* [1] stellte fest, dass niederfrequente magnetische Wechselfelder, wie sie beim Transport und bei der Verwendung von elektrischem Strom entstehen, möglicherweise krebserregend sind. Diese Aussage gründet insbesondere auf epidemiologischen Studien zu kindlichen Leukämien. Kinder sind u.a. deshalb für epidemiologische Studien zu Krebsursachen besonders wichtig, weil Krebserkrankungen bei Kindern nach einer viel kürzeren Latenzzeit auftreten als die meisten Krebsarten bei Erwachsenen. Damit sind Zusammenhänge zwischen Auslösern und Erkrankung leichter festzustellen. Auch sind Kinder weniger mobil als Erwachsene und weniger störenden Schadeinflüssen (z.B. am Arbeitsplatz) ausgesetzt, so dass eine Expositionsabschätzung bei Kindern einfacher bzw. weniger fehlerbehaftet ist.

Seltene Erkrankungen (z.B. Leukämien) eignen sich auch deshalb besser zur Untersuchung eines Zusammenhangs zwischen Umwelteinflüssen und Krankheiten, da bei häufigeren Erkrankungen (z.B. Lungenkrebs) etwaige geringe Zusatzrisiken im „statistischen Rauschen“ des allgemeinen Risikos leicht übersehen werden. Wenn aber angenommen wird, dass niederfrequente Magnetfelder das Risiko für kindliche Leukämie erhöhen, hätte dies möglicherweise auch Implikationen für Erwachsene und für andere Gesundheitsschäden, für die Zusammenhänge

auf Grund längerer Latenzzeiten und Dominanz anderer Risikofaktoren schwerer nachweisbar sind.

Hinweise auf einen statistischen Zusammenhang zwischen Elektrizität und Leukämie bei Kindern gibt es seit der Studie von Wertheimer und Leeper [2]. Diese und die meisten folgenden Studien sind Fall-Kontroll-Studien, aber auch eine Kohorten-Studie [3] wurde in Finnland durchgeführt und ergab eine 60% höhere Leukämierate bei Kindern, die im Durchschnitt über 0,2 μT exponiert waren, im Vergleich zur Gruppe mit einer Exposition unter 0,01 μT . Diese Ergebnisse waren allerdings nicht signifikant. Darin zeigt sich ein Nachteil einer Kohortenstudie, dass bei seltenen Erkrankungen selbst große Zahlen länger beobachteter Personen (in dieser Studie ca. 135.000 Kinder und Jugendliche unter 20 Jahren) oft nicht ausreichen, um zu statistisch abgesicherten Aussagen zu kommen. Ein Vorteil bei Kohortenstudien gegenüber Fall-Kontroll-Studien ist darin zu sehen, dass die Exposition bereits von Anfang an bestimmt wird, und nicht erst im Nachhinein in Kenntnis des Gesundheitsstatus erfragt, bestimmt oder berechnet werden muss. Bei Fall-Kontroll-Studien müssen ja im Nachhinein zu den Fällen Kontrollen gesucht werden und für Fälle und Kontrollen retrospektiv die Expositionen geschätzt werden. Dieser Unterschied zwischen Kohorten- und Fall-Kontroll-Studien ist allerdings für elektromagnetische Felder nicht so bedeutend, weil wegen der starken zeitlichen und räumlichen Variabilität der Felder auch bei einer anfänglichen Bestimmung der Exposition die Gefahr der Expositionsmissklassifikation besteht. Falls diese Missklassifikation unbeeinflusst vom Schadenseintritt erfolgt, führt dies zur Unterschätzung des wahren Risikos bzw. zu einer größeren Unsicherheit im Risikoschätzer. In Fall-Kontroll-Studien kann es zu Verzerrungen kommen, wenn sich die Kontrollen von den Fällen in anderen als den zu untersuchenden Eigenschaften unterscheiden (Selection-Bias). Das kann dann zu einer Verfälschung der Studienergebnisse führen, wenn dieser Unterschied sowohl mit der Exposition assoziiert als auch für die Erkrankung von Bedeutung ist. Leider ist bisher noch viel zu wenig bekannt, welche (anderen) Umstände zum Leukämie-Risiko bei Kindern beitragen. Es ist daher prinzipiell nicht auszuschließen, dass bei einer Studie ein bisher unbekannter Risikofaktor übersehen wurde, der das Ergebnis verfälscht.

Die bisherigen Studien zu EMF und Leukämie bei Kindern fanden allerdings unter den unterschiedlichsten Umständen und mit verschiedenen Designs statt. Mögliche Störfaktoren, die in einer Studie nicht bedacht wurden, waren in anderen ausgeschlossen. Insgesamt listet die IARC 10 Fall-Kontroll-Studien zu EMF und Kinder-Leukämie auf; die Liste ist aber keinesfalls vollständig.

Entscheidend für die Einstufung waren 2 gepoolte Studien, die die Daten der vorherigen Einzelstudien zusammenfassten. Die erste Metastudie [4] fand eine Zunahme des Leukämierisikos um 20% je 0,2 μT Zunahme. Diese Risikozunahme war für die Studien,

bei denen die Feldstärke tatsächlich gemessen wurde, signifikant. Bei 106 Kindern (44 Leukämiefälle und 62 Kontrollen), die Feldern über 0,4 μT ausgesetzt waren, fand sich eine signifikante Erhöhung auf das Doppelte gegenüber Kindern mit Feldern unter 0,1 μT . Diese Risikoerhöhung war in den Studien, in denen die Belastung tatsächlich gemessen worden war, höher als in jenen Studien, wo die Belastung nur an Hand von Kabelkodes oder Entfernungangaben abgeschätzt wurde.

Ähnlich auch die Ergebnisse der zweiten Metastudie [5], die in der Auswahl der Einzelstudien weniger strenge Maßstäbe anlegte: Für Kinder mit Belastungen über 0,3 μT ergaben sich signifikant um 70% höhere Risiken als für Kinder mit Belastungen unter 0,1 μT . Auch Kabelkodes erwiesen sich als geeignet das Risiko vorherzusagen. Wie bei [4] erbrachten jedoch die gemessenen Expositionen deutlichere Ergebnisse. Beide Studien fanden bei der zweitniedrigsten Expositions-Kategorie (0,1 bis 0,2 μT) keine signifikante Risikoerhöhung gegenüber der niedrigsten Expositions-Kategorie unter 0,1 μT .

Nach den beiden Metastudien ist übrigens eine weitere Untersuchung aus Deutschland erschienen [6,7]. Diese bestätigte im Wesentlichen die Ergebnisse der Metaanalysen: Gemessene Feldstärken und insbesondere solche aus Langzeitmessungen im Schlafraum des Kindes hatten den deutlichsten Einfluss auf das Risiko, das bei nächtlichen Mittelwerten im Schlafraum über 0,4 μT sogar auf etwa das fünffache anstieg (in dieser Expositions-kategorie aber angesichts der geringen Fallzahl nicht mehr signifikant). Für Expositionen über 0,2 μT (Dauer-messungen nachts im Schlafraum) betrug die Risikoerhöhung etwa das dreifache und war statistisch signifikant.

Höhe des Risikos

Schüz und Michaelis [8] weisen allerdings darauf hin, dass Feldstärken über 0,2 μT in deutschen Kinderzimmern sehr selten sind und so das attribuierte Risiko (also der Anteil an Leukämie bei Kindern, der tatsächlich durch Magnetfelder verursacht wird) in Deutschland gering ist. Nur in 1,4 % der Wohnungen hatten sie in Deutschland Werte über 0,2 μT gefunden und nur in 0,2 % über 0,4 μT . Unter der Annahme, das Leukämierisiko für Kinder läge bei einer Magnetfeldbelastung über 0,4 μT kausal bei 2, schätzten die Autoren in Deutschland (bei etwa 620 Leukämieerkrankungen von Kindern insgesamt pro Jahr), dass etwa drei bis fünf Fälle einer Magnetfeldexposition zuzuschreiben wären. Für Österreich gibt es keine repräsentativen Expositionsdaten. Die Situation dürfte allerdings mit Deutschland weitgehend vergleichbar sein.

Kheifets et al. haben erst unlängst [9] versucht, auf ähnliche Weise das weltweite Schädigungspotential abzuschätzen. Diese Aufgabe war insbesondere wegen

der fehlenden Daten zur Exposition in vielen Teilen der Welt erschwert. Insgesamt kommen sie aber zum gleichen Schluss wie [8], dass das attribuibare Risiko, so der Zusammenhang zwischen kindlicher Leukämie und Magnetfeldern denn kausal ist, eher gering ist.

Allerdings betrachten sowohl Kheifits als auch Schüz und Michaelis nur das Risiko, das aus der Belastung über 0,3 oder 0,4 μT im Vergleich zur niedrigeren Belastung resultiert. Niemand kann jedoch derzeit mit Sicherheit sagen, ob auch Belastungen unter 0,2 μT , die ja viel häufiger auftreten, noch ein Risiko bergen und wie hoch dieses ist. Dies liegt insbesondere daran, dass die Feldstärken stark schwanken und einmalig gemessene Feldstärken unter 0,2 μT daher nur wenig über die tatsächliche (Langzeit-) Belastung des einzelnen Kindes aussagen. Milham und Ossiander [10] haben darauf hingewiesen, dass das kindliche Leukämierisiko seit etwa 1920 weltweit angestiegen ist und dass der Anstieg des Risikos in den von ihnen untersuchten Regionen zeitgleich mit der Elektrifizierung begann. Im zeitlichen und oft auch kausalen Zusammenhang mit der Elektrifizierung gab es jedoch zahlreiche einschneidende Änderungen der Lebenssituation, so dass nicht mit Sicherheit der Elektrizität die unmittelbare Schuld am Risikoanstieg gegeben werden kann.

Andere Gesundheitsstörungen

Eine kalifornische Fall-Kontroll-Studie untersuchte Frauen nach **Fehlgeburten** vor der 20. Schwangerschaftswoche. Als Kontrollen dienten schwangeren Frauen in der 30. Schwangerschaftswoche [11]. Für Kabelcode und persönliche Durchschnittsbelastung an magnetischen Feldern (die Teilnehmerinnen trugen für 1 Tag einen Datenlogger) zeigte sich kein Effekt. Die im Laufe des einen Tages aufgetretenen Maximalwerte zeigten jedoch eine Dosiswirkungsbeziehung, wobei der Unterschied oberhalb des Medians der Maximalwerte (2,3 μT) signifikant wurde.

Dieses Ergebnis wurde in einer weiteren kalifornischen Studie (Kohortenstudie, [12]) an Schwangerschaften vor der 10. Schwangerschaftswoche überprüft. Maximale Magnetfeldexpositionen (personengebundene Messung über 24 Stunden) über 1,6 μT standen mit einem erhöhten Risiko für Fehlgeburten in Zusammenhang. Die Autoren beider Studien sind überzeugt, dass die personengebundene Messung eine bessere Abschätzung der wahren Belastung erlaubt als stationäre Messwerte, Kabelcodes oder Spot-Messungen. Sie argumentieren, dass der Zusammenhang mit den Maximalwerten anstelle der Durchschnittswerte auf einen entsprechenden biologischen Wirkmechanismus hindeutet. Savitz meint in seinem Kommentar [13] allerdings, dass der scheinbare Effekt der Spitzenwerte bei fehlendem Effekt der Mittelwerte auch auf

eine geringere Mobilität der Frauen mit erfolgreichen Schwangerschaften hinweisen könnte. Dies hätte eine höhere Variabilität in der Exposition und somit auch eine Chance zu höheren Spitzenwerten zur Folge. Die Studie [11] hätte Schwangere in der 30. Woche mit Frauen nach einer Fehlgeburt in ihrer Belastung verglichen. Die unterschiedliche Belastung könnte also anstatt Ursache auch Folge des unterschiedlichen Schwangerschaftserfolges sein. Die Messungen in der Studie [12] erfolgten hingegen in der Frühschwangerschaft vor einer allfälligen Fehlgeburt. Übelkeit in der Frühschwangerschaft weist auf eine regelrechte hormonelle Reaktion hin und erhöht somit die Wahrscheinlichkeit für einen komplikationslosen Schwangerschaftsverlauf, während sie die Mobilität der Schwangeren in dieser Phase reduziert. Li et al. [12] haben tatsächlich Schwangerschaftserbrechen abgefragt und einen protektiven Effekt gefunden. Ob sie für diesen Effekt statistisch kontrolliert haben, geht aus ihrer Arbeit nicht eindeutig hervor. Bemerkenswert ist, dass sie ein deutlicher erhöhtes Risiko mit den Magnetfeldspitzen fanden, wenn sie nur Fehlgeburten vor der 10. Woche betrachteten. Dies könnte einerseits das Argument von Savitz stützen. Andererseits wäre es sehr schwer, ein tatsächliches Risiko durch magnetische Felder auf die Schwangerschaft nachzuweisen, wenn das höchste Risiko in den ersten Schwangerschaftswochen besteht, wo eine Schwangerschaft und in der Folge eine Fehlgeburt oft nicht bemerkt wird.

Frühere Untersuchungen zu Fehlgeburten und EMF wurden großteils zu Arbeitsplatz-Belastungen oder zu elektrischen Heizkissen durchgeführt (z.B. [14]). Die Arbeiten kamen zu unterschiedlichen, teilweise widersprüchlichen Ergebnissen. Insgesamt sind das Risiko von Fehlgeburten und Schwangerschaftskomplikationen somit nicht zur Ableitung einer Grenzwertempfehlung für EMF geeignet. Durchschnittsbelastungen, die mit kindlicher Leukämie in Zusammenhang gebracht werden, dürften jedenfalls für den Schwangerschaftsverlauf nicht gefährlich sein. Interessant an der Diskussion um die kalifornischen Arbeiten ist jedenfalls der Aspekt der kurzzeitigen Spitzenbelastungen. Vorsorglich sollten Schwangere hohe Spitzenwerte (z.B. aus Haushaltsgeräten) meiden.

Zu sonstigen möglichen Reaktionen und Gesundheitsbeeinträchtigungen fasst die Strahlenschutzkommission [15] wie folgt zusammen, wobei sie drei Evidenzgrade und „kein Hinweis“ unterscheidet (N = Nachweis, V = Verdacht, H = Hinweis):

Krebs: tierexperimentelle Studien: H, Epidemiologie Leukämie bei Kindern: V, Epidemiologie Erwachsene: H; **Andere Effekte:** Epidemiologie neurodegenerative Erkrankungen: V, Teratogenität: kein Hinweis, Herz-Kreislauf: H, Melatonin Mensch: kein Hinweis, Tier: H, ZNS und kognitive Funktionen: H, Schlaf: H, Psychische Beeinflussungen: kein Hinweis und Elektrosensibilität: H

Insgesamt sieht die SSK also außer bei Leukämien bei Kindern nur bei **neurodegenerativen Erkrankungen** einen epidemiologisch begründeten Verdacht. Dieser begründet sich insbesondere auf Studien zur **amyotrophen Lateralsklerose**. Diese Erkrankung wurde mit einer großen Zahl von Umwelteinflüssen einschließlich elektromagnetischer Felder am Arbeitsplatz in Zusammenhang gebracht [16]. Insgesamt sind Aussagen durch die lange Latenz bis zur klinischen Manifestation neurodegenerativer Erkrankungen und somit dem großen zeitlichen Abstand zwischen vermuteter Exposition und Schadensfeststellung erschwert. Auch die IARC [1] beschreibt die Zusammenhänge von EMF mit neurodegenerativen Erkrankungen (sowie Depression, Suizid und kardiovaskulären Erkrankungen) als schwach und inkonsistent.

Die Frage nach dem Zusammenhang zwischen EMF und **Depression** ist schwer zu untersuchen, weil bei psychischen Erkrankungen kaum der direkte biophysikalische Einfluss des Feldes von der Angst vor der Exposition zu unterscheiden ist, da die Belastung in natura ja niemals gänzlich „blind“ erfolgt. Eine der wenigen Untersuchungen, die sich bemühte beide Faktoren zu unterscheiden [17], fand jedenfalls (nach Kontrolle von Ängsten bzw. der Wahrnehmung der Belastung) ein mehr als verdoppeltes Risiko für Depressionen bei einem Wohnort in unmittelbarer Nähe einer Hochspannungsleitung.

Auch das Thema „**Allergie**“ wird wiederholt im Zusammenhang mit EMF angesprochen. Hierzu ist anzumerken, dass die entsprechende wissenschaftliche Literatur nicht sehr ausführlich ist und großteils auf Fallberichte beschränkt bleibt. Einige Arbeiten verwenden den Begriff „Allergie“ eher unspezifisch bzw. symbolisch und meinen darunter nicht eine spezifische Umstimmung des Immunsystems, sondern eine individuelle Überempfindlichkeit anderer Genese. Dieser Aspekt wird unter „Elektrosensibilität“ abgehandelt. Die restlichen Arbeiten behandeln eher Hautprobleme bei Arbeit an Bildschirmen. Jucken und Rötung der Gesichtshaut könnten durch allergische Mechanismen in Reaktion auf die Felder, die von den Bildschirmen ausgehen, auftreten. Dies wird jedoch nur als ein Erklärungsmodell diskutiert. Andere Erklärungen (ergonomische Probleme, geringe Luftfeuchtigkeit, Ionisation von Staubteilchen, u.s.w.) sind ebenfalls plausibel bzw. tragen eventuell zu den Beschwerden bei. Die in Frage kommenden Felder sind auch nicht direkt mit den hier interessierenden 50 Hz Feldern vergleichbar. Gangi und Johansson [18] zeigten, dass Mastzellen in vitro durch Felder zur Degranulation veranlasst werden können. Auch diese Ergebnisse sind nicht spezifisch für 50 Hz Felder, ihre Bedeutung für den Gesamtorganismus unter realen Expositionsbedingungen kann derzeit nicht abgeschätzt werden.

Elektrosensibilität und -sensitivität

Zur Frage der Elektrosensibilität gibt es verschiedene Forschungsansätze. Leitgeb [19, 20] untersuchte Wahr-

nehmungsschwellen und Unterschiede in Reaktionsmustern auf elektromagnetischen Stimulationen bei gesunden Probanden, während Rea et al. [21] nach Eigendefinition „Elektrosensible“ in Doppelblind-Versuchen elektromagnetischen Feldern aussetzte. Er zeigte, dass einzelne Probanden tatsächlich auf Felder bestimmter (individuell unterschiedlicher) Frequenz empfindlich reagierten. Dem Komplex der Elektrosensibilität (bezüglich 50 Hz Feldern) hat sich mittels feldexperimenteller Ansätze eine Arbeitsgruppe an der ETH Zürich genähert. Die Ergebnisse der Untersuchungen dieser Gruppe sind u.a. in einem Skriptum der ETH Zürich [22] dargestellt.

Schierz und Müller unterscheiden „Elektrosensibilität“ als einer subjektiven Überzeugung, dass Symptome und Beschwerden auf elektrische und magnetische Felder zurückzuführen sind, und „Elektrosensitivität“, unter der sie eine nachweisbare, direkte oder indirekte Wahrnehmung elektrischer oder magnetischer Felder verstehen.

Sie fanden bei einzelnen Probanden überzufällig häufig feldabhängig unterschiedliche Reaktionen bei Feldern in der Größenordnung von einigen μT . Auch die Arbeitsgruppe von Rea exponierte gegenüber Feldern um $1 \mu\text{T}$. Oberhalb von etwa $50 \mu\text{T}$ [15] sind Wahrnehmungsphänomene eventuell bereits bei „normalen“ Personen möglich. Leitgeb wies nach, dass es eine distinkte Gruppe von Personen gibt (etwa 2% der Normalbevölkerung), die elektromagnetische Exposition bei mehr als 10-fach geringerer Intensität wahrnehmen können. Diese Elektrosensitiven nach Leitgeb waren allerdings nicht elektrosensibel im Sinne von Beschwerden, die sie mit EMF in Verbindung brachten. Müller und Schierz diskutieren allerdings, ob nicht unterbewusste Wahrnehmung im Sinne einer Konditionierung zu Stress führt und bei entsprechend sensiblen Personen psychosomatische Beschwerden auslösen kann.

Argumentativ unterstützt werden die Beobachtungen zur Elektrosensibilität (im Sinne einer Wahrnehmbarkeit bzw. dem Auftreten von physiologischen Reaktionen ab Feldstärken von ca. $1 \mu\text{T}$) auch durch Beobachtungen an Tieren. So fanden sich bei Rindern erhöhte Futtermittelaufnahme und Veränderungen im Östruszyklus [23-25] sowie eine Verringerung der Milchleistung [26] ab $12-18 \mu\text{T}$ ohne elektrische Feldkomponente. Eine größere Sensibilität gegenüber elektromagnetischen Feldern dürften übrigens manche Insekten aufweisen, wobei Studien an Bienen überwiegen, deren Sinneshaare und Fühler durch die Felder in Vibration geraten können [27]. Die Wirkung auf deren Verhalten ist allerdings nicht linear. So zeigte sich bei hohen Feldstärken (um $100 \mu\text{T}$) eine sedierende Wirkung mit geringerer Flugaktivität und längerer Lebensdauer [28], während bei etwa $1 \mu\text{T}$ höhere Schwarmneigung, größeren Futtermittelverbrauch und verringerte Lebensdauer auftreten [29-31].

Literaturverzeichnis

- [1] IARC (International Agency for Research on Cancer, 2002): IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 80. Non-ionizing Radiation, Part I: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. Lyon, ISBN 92 832 1280 0.
- [2] Wertheimer N und Leeper E (1979): Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 109: 273-284.
- [3] Verkasalo PK et al (1993): Risk of cancer in Finnish children living close to power lines. *Br Med J* 307: 895-899.
- [4] Ahlbom A et al. (2000): A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer* 83: 692-698.
- [5] Greenland S et al. (2000): A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Epidemiology* 11: 624-634.
- [6] Schüz J et al. (2001): Residential magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukaemia: Results from a German population-based case-control study. *Int J Cancer* 91: 728-735.
- [7] Schüz J et al. (2005): Ursachen von Leukämien im Kindesalter. *Deutsches Ärzteblatt* 102: 2557-2564.
- [8] Schüz J und Michaelis J (2001): Epidemiologie nicht-ionisierender elektromagnetischer Felder - eine Übersicht. *Umweltmed Forsch Prax* 6: 67-76.
- [9] Kheifets L, Afifi AA, Shimkhada R (2006): Public Health Impact of Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields. *Environ Health Perspect* 114:1532-1537.
- [10] Milham S und Ossiander EM (2001): Historical evidence that residential electrification caused the emergence of the childhood leukemia peak. *Med Hypotheses* 56: 290-295.
- [11] Lee G.M. et al. (2002): A nested case control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages. *Epidemiology* 13, 21-31.
- [12] Li DK et al. (2002): A population based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. *Epidemiology* 13, 9-20.
- [13] Savitz D (2002): Magnetic fields and miscarriage (commentary). *Epidemiology* 13: 1-3.
- [14] Lee GM et al. (2000): The use of electric bed heaters and the risk of clinically recognized spontaneous abortions. *Epidemiology* 11, 406-415.
- [15] Strahlenschutzkommission (2001): Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern. Empfehlung der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet in der 173. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 4. Juli 2001.
- [16] ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2002): Motor Neuron Disease/Amyotrophic Lateral Sclerosis: Preliminary Review of Environmental Risk Factors and Mortality in Bexar County, Texas. March 5, 2002. Noonan C. W., Sykes L., Hilsdon R. <http://www.atsdr.cdc.gov/NEWS/alsreport.html> (besucht 1.1.2007).
- [17] Poole C. et al. (1993): Depressive symptoms and headaches in relation to proximity of residence to an alternating-current transmission line right-of-way. *Am J Epidemiol* 137, 318-330.
- [18] Gangi S und Johansson O (2000): A theoretical model based upon mast cells and histamine to explain the recently proclaimed sensitivity to electric and/or magnetic fields in humans. *Medical Hypotheses* 54: 663-671.
- [19] Leitgeb N (1994): Electromagnetic hypersensitivity: Quantitative assessment of an ill-defined problem. *Int. Workshop on Electrical Hypersensitivity*. Graz.
- [20] Leitgeb N (1997): Was ist „Elektrosensibilität“? Standortbestimmung eines Phänomens. Zürich, IHA, ETH Zürich.
- [21] Rea WJ al. (1991): Electromagnetic field sensitivity. *Journal of Bioelectricity* 10, 241-256.
- [22] Schierz C (2001): Elektromagnetische Felder. Skript für die Vorlesung „Umwelteinwirkungen und Gesundheit“, Umweltnaturwissenschaften, ETH-Zürich; (5. Juli 2001).
- [23] Burchard J.F., Nguyen D.H., Block E. (1998): Progesterone concentrations during estrous cycle of dairy cows exposed to electric and magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 19, 438-443.
- [24] Burchard JF et al. (1996): Biological effects of electric and magnetic fields on productivity of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79, 1549 -1554.
- [25] Rodriguez M et al. (2003): Responses of the estrous cycle in dairy cows exposed to electric and magnetic fields (60 Hz) during 8-h photoperiods. *Animal Reproduction Science* 77, 11-20.
- [26] Broucek J et al. (2001): Einfluss eines niedrigen Magnetfeldes auf Milchkühe. *Tierärztl. Umschau* 56, 364-369.
- [27] Bindokas VP, Gauger JR, Greenberg B (1989): Laboratory investigations of the electrical characteristics of honey bees and their exposure to intense electric fields. *Bioelectromagnetics* 10, 1-12.
- [28] Martin H, Korall H, Förster B (1989): Magnetic field effects on activity and ageing in honeybees. *J. Comp. Physiol. A* 164: 423-431.
- [29] Horn H (1982): Einfluß elektrischer Felder auf Bienen. *Imkerfreund*, Heft 2, 54-55.
- [30] Horn H (1983): Bienen im elektrischen Feld. *Allgem. Deutsche Imkerzeitung* 17, 350-356.
- [31] Altmann G und Warnke U (1987): Thermographie der Honigbienen-Wintertraube unter Einfluß von Hochspannungswechselfeldern. *J. Appl. Ent.* 104, 69-73. Müller Ch. (2000): Projekt NEMESIS. Niederfrequente elektrische und magnetische Felder und Elektrosensibilität in der Schweiz. *Dis-sertation ETH Nr. 13903*.