

# Gesundheitsgefährdung durch Elektromagnetische Felder

Zum Thema Gesundheitsgefährdung durch Elektromagnetische Felder (EMF) gibt es zahlreiche (tausende) Studien (epidemiologisch, Laboruntersuchungen, theoretisch,...). Ergebnisse aus aktuellen Studien und Metaanalysen zeigen bei neutraler und objektiver wissenschaftlicher Betrachtung ein gesteigertes Risiko für schwerwiegende Erkrankungen wie Krebs (Ergebnisse belegen dies ganz besonders bei **Kinderleukämie**), aber auch degenerative Erkrankungen des Nervensystems.

In Folge werden diverse Auszüge aus Studien bzw. Kommentare zu diesen Studien angeführt. Zusammengefasst mit Literaturangaben sind die neuesten Erkenntnisse im Bericht der Bioinitiative (ab Seite 12).

## Grundlagen

Die Stärke des magnetischen Feldes beschreibt man durch die Angabe der magnetischen Flussdichte (bzw. magnetische Induktion) in ihrer Einheit *Tesla* (T). Der Grenzwert der WHO (in Österreich gültig) liegt bei 100 Mikrottesla (mT oder auch  $\mu\text{T}$ ).

## EMF in Abhängigkeit zur Entfernung

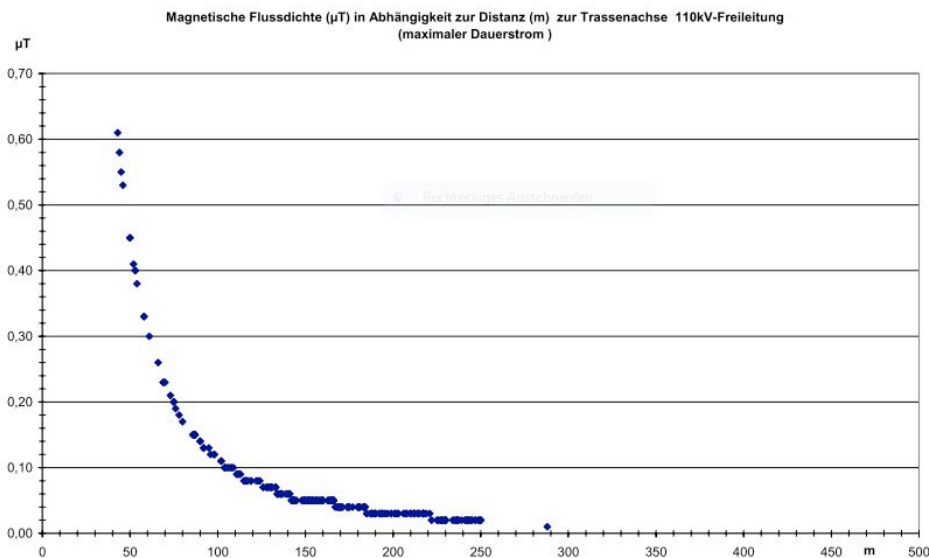


Abbildung: Ergebnisse der Berechnungen der magnetischen Flussdichte für die 110kV-Freileitung in  $0,01\mu\text{T}$  ( $10\text{nT}$ ) Schritten für den maximalen Dauerstrom.

0,1 mT werden demnach bei rund 110 m Abstand zur 110 kV Leitung gemessen. 0,02 mT (Empfehlung Baubiologen,...) bei 220 m.

Bei der Verlegung von **Erdkabeln** nimmt das EMF mit zunehmenden Abstand sehr stark ab, wie in der folgende Tabelle ersichtlich:

Art der Leitung	Abstand zur Einhaltung des Anlaggrenzwerts von 1 $\mu$ T
380-kV-Freileitung	60 – 80 m
220-kV-Freileitung	40 – 55 m
110-kV-Freileitung	20 – 30 m
50-kV-Freileitung	15 – 25 m
110-kV-Kabelleitung	3 – 6 m

## Auszüge Studienberichte

Brust-/Blutkrebsrisiko, Süddt. Zeitung Wissen, 15.6.2005

Welcher Aufwand nötig ist, um schwachen Risikofaktoren wie EMF auf die Spur zu kommen, zeigt eine nach allen Regeln der Kunst angefertigte britische Studie zum Einfluss elektromagnetischer Felder auf Leukämieerkrankungen bei Kindern *British Medical Journal*, Bd.330, S.1290, 2005.

Die Forscher haben die Wohnorte von 9700 Kindern, die zwischen 1962 und 1995 an Leukämie erkrankt waren, mit denen von gesunden Altersgenossen verglichen.

Nach der Analyse dieser „Fall-Kontroll-Studie“ haben an Blutkrebs erkrankte Kinder tatsächlich etwas häufiger in der Nähe von Hochspannungsleitungen gewohnt. Das Risiko war vor allem dann erhöht, wenn der Abstand zu den Leitungen weniger als 200 Meter betrug. Jenseits von 600 Metern war dagegen kein Unterschied mehr erkennbar.

Absolut gesehen war das Risiko allerdings nicht besonders groß: Umgerechnet hatten von 1000 an Leukämie erkrankten Kindern sieben in unmittelbarer Nähe von Hochspannungsleitungen gewohnt, von 1000 gesunden Kindern waren es nur vier.

Die Autoren geben sich alle Mühe, keine übertriebenen Ängste zu wecken. „Selbst wenn das Risiko real wäre, wäre nur einer von 100 Leukämiefällen auf Hochspannungsleitungen zurückzuführen“, schränken sie ein. In Deutschland ließe sich dann die Krankheit von sechs der etwa 600 Kinder, die pro Jahr an Leukämie erkranken, durch diesen Faktor erklären.

In einer ähnlichen Größenordnung scheint das Risiko für Brustkrebs durch Hochspannungsleitungen zu liegen. Die jüngste Studie dazu stammt aus Norwegen; dort haben Forscher die Wohnorte von 1830 Frauen mit Brustkrebs mit denen von 3600 gesunden Frauen verglichen *American Journal of Epidemiology*, Bd.159, S.852, 2004.

Das Ergebnis: Von 100 Brustkrebspatientinnen haben zwölf längere Zeit im unmittelbaren Bereich einer Hochspannungsleitung gewohnt, unter den gesunden Frauen waren es nur acht von 100. Diese Steigerung weise „auf eine Assoziation zwischen magnetischen Feldern und Brustkrebs hin“, schreiben die Wissenschaftler vorsichtig.

Insgesamt liegen heute knapp zwei Dutzend Studien an Frauen mit Brustkrebs und Kindern mit Leukämie vor – etwa die Hälfte findet einen Zusammenhang der Krankheiten mit elektromagnetischen Feldern.

Die Weltgesundheitsorganisation stuft elektromagnetische Wechselfelder vorsichtshalber als „mögliches“ Krebsrisiko ein.

## Erhöhtes Leukämierisiko – Studie Universität Oxford

Wissenschaftler haben die Wohnorte von 29.081 Kindern mit Krebserkrankungen, darunter 9700 Leukämien, mit den Jahrgängen 1962 bis 1995 aus England und Wales untersucht und festgestellt, dass überdurchschnittlich viele an Leukämie erkrankte Kinder in der Nähe von Überlandleitungen leben. Kinder, die zum Zeitpunkt ihrer Geburt weniger als 200 Meter von einer Hochspannungsleitung entfernt wohnen, haben demnach ein 70 Prozent höheres Risiko an Leukämie zu erkranken als Kinder, deren Zuhause mehr als 600 Meter davon entfernt liegt. Leben Kinder in einer räumlichen Entfernung von 200 bis 600 Metern zu den Überlandleitungen, ist das Risiko einer Leukämie um ein Fünftel größer.

Dr. Gerald J. Draper von der Universität von Oxford identifizierten diejenigen Personen, die im Umfeld von einem Kilometer von 275 kV und 400 kV Überlandstromleitungen lebten.

Draper G, Vincent T, Kroll ME, Swanson J (June 2005). "Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study"

## Hochspannungsmasten und Demenz

Huss et al. 2008 (s.u.), UK News vom 11.11.2008, Universität Bern vom 06.11.2008 und Medizinauskunft.de vom 13.11.2008. Evi Gaigg, 13.11.2008, Diagnose-Funk

Die Diskussion, ob elektromagnetische Felder das Risiko für eine neurodegenerative Krankheit wie Alzheimer erhöhen, wurde nun durch eine aktuelle Studie der Berner Universität neu entfacht. Die Studie wurde unter der Führung von Professor Matthias Egger am Institut für Sozial- und Präventivmedizin mit Geldern des Schweizerischen Nationalfonds durchgeführt.

Hierfür wurden die Daten von 4.7 Millionen Einwohnern der Schweiz ausgewertet. In dieser Population wurden die Todesfälle der Jahre 2000 bis 2005 untersucht. Man untersuchte die Todesursachen von Einwohnern, die 5, 10 und 15 Jahre lang näher als 50 Meter neben einer 220 bis 380 Kilovolt-Hochspannungsleitung lebten, und verglich diese mit den Todesursachen von Personen, die über 600 Meter weit entfernt von einer Hochspannungsleitung wohnten. Neben anderen neurodegenerativen Erkrankungen wurden 9200 Todesfälle durch Alzheimer in die Studie eingeschlossen. Davon traten 20 Fälle bei Personen auf, die weniger als 50 Meter von einer Hochspannungsleitung entfernt lebten.

Es fällt auf, dass das Risiko mit der Wohndauer anstieg. Die Wissenschaftler fanden bei der Auswertung eine Dosis-Reaktions-Beziehung zwischen der Alzheimer-Krankheit und der Lebensdauer in der Nähe einer Hochspannungsleitung: Personen, die 5 Jahre lang weniger als 50m entfernt von einer Hochspannungsleitung wohnten, hatten ein 1.5fach höheres Risiko an der Alzheimer-Krankheit zu sterben, als Personen, die über 600m weit entfernt wohnten. Lebten sie 10 Jahre lang näher als 50m an den Leitungen, stieg das Risiko auf das 1.78-fache. Nach 15 Jahren war das Risiko doppelt so hoch. Ebenso fand man eine Dosis-Reaktions-Beziehung zwischen der Alzheimer-Krankheit und der Nähe zur Leitung.

Das Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Bern erhärtete bereits in einer früheren Studie, dass Personen, die im Beruf starken magnetischen Feldern ausgesetzt sind, ein erhöhtes Risiko tragen, an Alzheimer zu erkranken (Rösli et al. 2007, s.u.). Mit dieser neuen Studie handelt es sich um die weltweit erste Studie, die sich im Wohnumfeld mit dem Zusammenhang von elektromagnetischen Feldern und neurodegenerativen Erkrankungen beschäftigt. Das Dokument wurde im American Journal of Epidemiologie veröffentlicht.

Der Zusammenhang zwischen Kinderleukämie und Hochspannungsleitungen wird mittlerweile in der Fachwelt akzeptiert, es gibt jedoch immer häufiger auch Hinweise auf andere Erkrankungen. Der Zusammenhang zu neurodegenerativen Erkrankungen wird mit dieser Studie erneut erhärtet.

Das britische Nachrichtenmagazin UK NEWS publizierte bereits ein erstes Interview mit einem der weltweit führenden Experten für gesundheitliche Auswirkungen von Hochspannungsleitungen, Prof. Denis Henshaw von der Universität Bristol. Henshaw schätzt, dass 150'000 Briten innerhalb der kritischen Zone von 50m von Hochspannungsanlagen leben.

Er sagte gegenüber der UK NEWS explizit, es sei nun an der Zeit, Hochspannungsmasten abzubauen und die Kabel in den Boden zu verlegen.

## Krebsfördernde Wirkung schwacher Magnetfelder ab 0,2 mT

Eine Untersuchung des Instituts für medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz (Häusliche Magnetfelder als Risikofaktor für akute Leukämie bei Kindern: Ergebnisse einer deutschen bevölkerungsbezogenen Fall-Kontroll-Studie. Von: Schüz J, Grigat JP, Brinkmann K, Michaelis J; Erschienen in: Int J Cancer 2001; 91 (5): 728 - 735), veröffentlicht im März 2001, bestätigte den Zusammenhang erneut: Schließen Kinder in Räumen, in denen die Magnetfeldstärke 0,2 Mikrottesla überstieg, war ihr Risiko, an Blutkrebs zu erkranken, gegenüber einer Kontrollgruppe etwa dreifach erhöht. „Wir sind überzeugt, dass diese Assoziation kein Zufall mehr ist“, sagt Mitautor Joachim Schüz.

Deutlicher wird der Biophysiker Peter Neitzke vom Ecolog-Institut in Hannover. „Hunderte von Studien zeigen eine Krebs fördernde Wirkung schwacher Magnetfelder ab 0,2 Mikrottesla“, erklärt er. „Daher müssen wir das Limit um den Faktor 1000 auf 0,1 Mikrottesla senken.“

## Hochspannungsleitungen erhöhen Krebsrisiko

Das zeigen neueste statistische Untersuchungen des Krebs-Forschungsinstituts der University Bristol. Personen, die in der Nähe von Hochspannungsleitungen leben, sind laut einer britischen Studie erhöhter allgemeiner Krebsgefährdung ausgesetzt. Bei Untersuchungen hat sich gezeigt, die höheren Krebsfälle befinden sich nur dort, wo der Wind vermehrt von den Stromleitungen her weht.

Das Forschungsteam um Alan Preece (Power frequency electromagnetic fields and health. Where's the evidence? Alan W Preece et al 2000 Phys. Med. Biol.) vom Krebs- Forschungsinstitut der Bristol University hatte die Krebsfälle von Menschen, die maximal 400 Meter von Stromleitungen leben, für ganz Südwest-England statistisch ausgewertet. Laut Preece ist das Krebsrisiko dort im Durchschnitt 29 Prozent höher als anderswo. Da dies nur in Bereichen gilt, wo der Wind von den Hochspannungsleitungen her kommt, könnte es laut Preece an so genannten den Aerosolen liegen, die sich durch die elektrischen Felder aufladen. Diese Theorie wurde schon vor einiger Zeit vom Physiker Denis Henshaw (ebenfalls Bristol University) entwickelt. Henshaw hatte herausgefunden, dass die Stromleitungen die umgebende Luft ionisieren, was die Luftverschmutzung in den betroffenen Gebieten gefährlicher machte als es normalerweise der Fall ist. Die Schmutzteilchen werden durch die Stromleitungen aktiv aufgeladen und dann mit dem Wind fortgetragen. Wenn die unter Aufladung stehenden Schmutzteilchen vom Menschen eingeatmet werden, können sie sich wegen ihrer elektrischen Ladung viel leichter in der Lunge festsetzen und so leichter eine krebsauslösende Rolle spielen.

## Metaanalyse zu Kinderleukämie

Dr. Sander Greenland von der Universität von Kalifornien präsentierte in Los Angeles beim jährlichen Kongress der Gesellschaft für epidemiologische Forschung im Juni 1999 in Baltimore eine neue Metaanalyse von 13 epidemiologische Studien zu EMF und Kinderleukämie (Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C, Kelsh MA. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Epidemiology 2000; 11:624-634.).

In 6 Studien wurden Verkabelungscodes zur Expositionsabschätzung verwendet, in 10 wurden Magnetfeld-Messungen vorgenommen. Der Zusammenhang zwischen den gemessenen Magnetfeldern und Leukämie sei "über alle Studien bemerkenswert konsistent". Oberhalb einer Exposition von 0,2 m T nehme das Risiko "beständig" zu. Kinder mit einer Exposition über 0,6 m T wiesen ein signifikant um 80% erhöhtes Risiko auf (95%-Konfidenzintervall: 1,1-2,9). Greenland wies allerdings daraufhin, dass in allen Studien nur sehr wenige Kinder Expositionsstärken von mehr als 0,5 m T ausgesetzt gewesen seien. Dr. David Savitz von der Universität von North Carolina, der im Jahre 1986 selbst eine Studie zu diesem Thema durchgeführt hatte, erklärte in der Microwave News, diese Metaanalyse "präsentiere den deutlichsten positiven integrierten Hinweis auf Magnetfelder und Krebs, den ich je gesehen habe".

## Leukämie durch Hochspannungsleitung

Eine Fallkontrollstudie der University of Tasmania (Residential exposure to electric power transmission lines and risk of lymphoproliferative and myeloproliferative disorders: a case-control study. M. Lowenthal, D. M. Tuck, I. C. Bray, Article first published online: 2 JUN 2007) legte dar, dass Menschen, die in der Nähe von Hochspannungsleitungen leben, ein erhöhtes Risiko tragen, an Leukämie zu erkranken. Die in die Studie einbezogenen Personen lebten in geringerer Entfernung als 300m von einer solchen Hochspannungsleitung entfernt. Es waren 854 Patienten aus Tasmanien, die mit Leukämie, Lymphoma und ähnlichen Erkrankungen diagnostiziert worden waren. Verglichen mit den Patienten, die ihr ganzes Leben lang in einer größeren Entfernung als 300m von einer Hochspannungsleitung lebten, hatten Patienten, die immer im Umkreis von 50m von einer solchen Leitung lebten, ein 2,06-fach erhöhtes Risiko, an Leukämie und Lymphoma zu erkranken. Diejenigen, die zwischen 50 und 300 Meter davon lebten, hatten ein 1,30-fach höheres Risiko. Erwachsene, die in ihrer Kindheit während den ersten 15 Jahren im Umkreis von 300m von einer Hochspannungsleitung entfernt lebten, hatten ein 3,23-fach erhöhtes Risiko. Personen, die im gleichen Abstand während ihrer ersten fünf Lebensjahre an einer solchen Leitung lebten, hatten sogar ein fünffach erhöhtes Risiko.

### AUSZÜGE / ZUSAMMENFASSUNG BERICHT BIO-INITIATIVE 2007:

Cindy Sage, MA

Sage Associates USA

Erstellt für die Bioinitiative Group / August 2007

Deutsche Übersetzung Bio-Initiative Report, 2007 durch Katharina Gustavs.

A Rationale for a biologically-based public exposure standard for electromagnetic fields (ELF and RF). Author The BioInitiative Working Group

Der Report macht deutlich: Noch nie und nirgends hat der Einfluss einer kapitalstarken Industrie, verbunden mit Verstrickungen des Staates in ihre Geschäfte, so weit unabhängige Forschung, seriöse Aufklärung und einen verantwortlichen Gesundheits- wie Umweltschutz beeinträchtigt. untaugliche Grenzwerte, die von mehreren bekannten Faktoren der Schädigung nur einen einzigen berücksichtigen, anachronistische Forderungen (monokausaler) Beweise und Aussparungen von heiklen Fragestellungen wie der Gefährdung von Kindern und der Schädigung durch Langzeitwirkungen sind nur drei jener Bollwerke, die das Faktum einer längst unverantwortlichen Zwangsbestrahlung der Bevölkerung notdürftig verschleiern.

Der menschliche Körper ist ein bioelektrischer Organismus. Sowohl das Herz als auch das Gehirn werden von körpereigenen bioelektrischen Signalen gesteuert. künstliche elektromagnetische Felder aus der Umwelt können in grundlegende biologische Abläufe des menschlichen Körpers eingreifen. In manchen Fällen kann das zu Unwohlsein und Krankheit führen. Internationale wissenschaftliche Forschungsarbeiten aus den letzten Jahrzehnten bestätigen, dass elektromagnetische Felder in Tieren und Menschen biologisch aktiv sind, was schwerwiegende Folgen für Gesundheit und Umwelt haben könnte.

Wir sind weit davon entfernt, alles über dieses Thema zu wissen. Aber so viel ist klar: Die derzeit gültigen Richtlinien, die diese Strahlenexposition zum Schutz der Bevölkerung einschränken sollen, scheinen in fast jedem Land der Welt tausendfach zu hoch zu sein.

#### 1. Kinderleukämie

Die wissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse, die Stromversorgungsleitungen und andere niederfrequente Strahlungsquellen wiederholt mit einer erhöhten Kinderleukämierate in Verbindung bringen, haben dazu geführt, dass die Internationale Agentur für Krebsforschung, eine Zweigorganisation der Weltgesundheitsorganisation, extrem niederfrequente Magnetfelder als möglicherweise Krebs erregend (in Gruppe 2B der Karzinogenliste) eingestuft hat. Leukämie ist die häufigste Krebsart im Kindesalter. Es gibt kaum Zweifel daran, dass die Exposition gegenüber niederfrequenten elektromagnetischen Feldern Kinderleukämie verursacht (7).

Die Strahlungsintensitäten, bei denen ein erhöhtes Risiko beobachtet wurde, sind sehr niedrig - wenig höher als die Hintergrund- oder Umgebungsstrahlung und viel niedriger als die derzeit gültigen Grenzwerte. Der aktuelle ICNIRP-Grenzwert für magnetische Wechselfelder (NF) liegt bei 1.000 mG oder 100.000 nT (in den USA bei 904 mG oder 90.400 nT). Das Risiko für Kinderleukämie beginnt sich bei Strahlungsintensitäten zu erhöhen, die fast um den Faktor Tausend unterhalb der Sicherheitsrichtlinien liegen. In einer Studie wurde festgestellt, dass sich das Leukämierisiko für Jungen unter sechs Jahren bei bereits 1.4 mG (140 nT) und darüber verdoppelte. Die meisten anderen Studien fassen jüngere und ältere Kinder in einer Gruppe zusammen (0 bis 16 Jahre), so dass der Risikolevel erst statistische Signifikanz erreicht, wenn die Exposition bei 2 mG (200 nT) oder 3 mG (300 nT) liegt. Obgleich einige Literaturstudien zur Kinderleukämie die ausgewählten Studien so präsentiert haben, dass sich das Risiko erst ab 4 mG

oder 400 nT zu erhöhen scheint, wird diese Betrachtungsweise nicht jenen Studien gerecht, die von einem erhöhten Risiko bei Expositionen ab 2 mG (200 nT) und 3 mG (300 nT) berichten.

## **2. Andere Kinderkrebsarten**

Andere Kinderkrebsarten — einschließlich Hirntumore - sind ebenfalls untersucht worden. Aber die Forschung reicht bis jetzt nicht aus, um sagen zu können, ob ein Risiko besteht, wie hoch dieses Risiko sein könnte oder welche Strahlungsintensitäten mit einem erhöhtem Risiko in Zusammenhang stehen könnten. Der Mangel an gesichertem Wissen hinsichtlich anderer Kinderkrebsarten sollte jedoch nicht als Entwarnung verstanden werden: Es handelt sich vielmehr um einen Mangel an Untersuchungen.

In ihren Umwelt- und Gesundheitskriterien von 2007 (*ELF Health Criteria Monograph No. 322*) teilt die Weltgesundheitsorganisation mit, dass andere Kinderkrebsarten nicht ausgeschlossen werden können. (8) Es gibt einige Hinweise dafür, dass andere Kinderkrebsarten mit Expositionen gegenüber niederfrequenten Feldern in Zusammenhang stehen könnten. Aber bisher sind nicht genügend Studien durchgeführt worden. Mehrere Studien aus jüngster Zeit erbringen sogar noch stärkere Nachweise dafür, dass niederfrequente Felder einen Risikofaktor für Kinderleukämie und Krebs im späteren Leben darstellen. In der ersten Studie (9) hatten diejenigen Kinder, die während der Rekonvaleszenz einer hohen NF-Exposition ausgesetzt waren, schlechtere Überlebenschancen (das Risiko zu sterben erhöhte sich um 450%, wenn das magnetische Wechselfeld bei 3 mG (300 nT) oder darüber lag). In der zweiten Studie hatten diejenigen Kinder, die während der Rekonvaleszenz einem magnetischen Wechselfeld von 2 mG (200 nT) oder darüber ausgesetzt waren, eine 300-prozentig höhere Wahrscheinlichkeit zu sterben als jene, deren Feldbelastungen bei 1 mG (100 nT) oder darunter lagen. In dieser zweiten Studie hatten auch diejenigen Kinder schlechtere Überlebenschancen, die während der Rekonvaleszenz einer Umgebungsfeldstärke zwischen 1 und 2 mG (100 und 200 nT) ausgesetzt waren, wobei sich das Risiko zu sterben um 280% erhöhte. (10) Diese beiden Studien liefern wichtige neue Erkenntnisse darüber, dass im Kindesalter die Exposition gegenüber niederfrequenten Feldern bereits bei über 1 mG (100 nT) schädlich sein kann. Die dritte Studie beschäftigte sich damit, welches Krebsrisiko ein Kind später im Leben entwickeln würde, wenn es in einem Haus aufwächst, das im Umkreis von 300 Metern einer Hochspannungsleitung gelegen ist. (11) Kinder, die die ersten fünf Jahre ihres Lebens in Häusern verbrachten, die innerhalb des 300-Meter-Radius lagen, hatten ein Lebenszeitrisiko für das Auftreten bestimmter Krebserkrankung, das um 500% höher lag.

Laut einer Studie haben Kinder, die an Leukämie erkrankt sind und sich in der Rekonvaleszenz befinden, schlechtere Überlebenschancen, wenn sie zu Hause (oder wo sie sich zur Genesung aufhalten) magnetischen Wechselfeldern zwischen 1 und 2 mG (100 und 200 nT) ausgesetzt sind. Laut einer anderen Studie liegt der Schwellenwert bei 3 mG (300 nT) und darüber.

Angesichts der umfassenden Untersuchungen zu Kinderleukämierisiken und den damit verbundenen Magnetfeldexpositionen sowie angesichts der relativ übereinstimmenden Befunde, dass Expositionen im Bereich zwischen 2 und 4 mG (200 und 400 nT) mit einem erhöhten Risiko für Kinder verbunden sind, wird für Neubauten in Wohngebieten ein Grenzwert von 1 mG (100 nT, oder 0,1 mT) empfohlen. Obgleich es schwierig und teuer ist, bestehende Wohnungen so zu sanieren, dass 1 mG nicht überschritten wird, ist dieser Richtwert ebenfalls für bestehende Wohnungen und Orte anzustreben, an denen sich Kinder und schwangere Frauen dauerhaft aufhalten.

Angesichts der bestehenden wissenschaftlichen Befunde und der Notwendigkeit für eine gesundheitspolitische Intervention und Gesundheitsvorsorge sind heute neue Grenzwerte zum Schutz der Bevölkerung vor niederfrequenten Feldern erforderlich.

## **4. Andere Krebsarten im Erwachsenenalter**

Es gibt mehrere Studien, die trotz größerer Einschränkungen bei der Expositionsabschätzung einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition und Leukämie im Erwachsenenalter zeigen (siehe Kapitel 11). Eine erst kürzlich erschienene Studie von Löwenthal et al. (2007) untersuchte Leukämie bei Erwachsenen im Verhältnis zu ihrem Wohnstandort in der Nähe von Hochspannungsleitungen. Während ein erhöhtes Risiko für alle in der Nähe von Hochspannungsleitungen lebenden Erwachsenen zu beobachten war, betrug das Chancenverhältnis 3,23 (95% KI = 1,26-8,29) für diejenigen, die die ersten 15 Jahre ihres Lebens in einem 300-m-Umkreis einer Hochspannungsleitung verbrachten. Diese Studie untermauert zwei wichtige Schlussfolgerungen: Auch Leukämie im Erwachsenenalter ist mit EMF-Expositionen assoziiert, und die Exposition im Kindesalter erhöht das Krebsrisiko im Erwachsenenalter.

In einer Metaanalyse (einer Übersicht vieler Einzelstudien) von Kheifets et al. (1995) wurde für Angestellte in elektrischen Berufen sowie in anderen Berufen mit EMF Exposition ein deutlich höheres Hirntumorrisiko im Erwachsenenalter festgestellt. Der Grad dieses Risikos entspricht in etwa dem für Lungenkrebs und Passivrauchen (US DHHS, 2006). Insgesamt 29 Studien mit Untersuchungsgruppen aus 12 Ländern flossen in diese Metaanalyse ein. Das relative Risiko wurde mit 1,16 (KI = 1,08-1,24) angegeben, oder anders ausgedrückt, das Risiko war für alle Hirntumoren um 16% erhöht. Für Gliome wurde die Risikoabschätzung mit 1,39 (KI = 1,07-1,82) angegeben, oder anders ausgedrückt, das Risiko war für diejenigen in elektrischen Berufen um 39% erhöht. Eine zweite von Kheifets et al. (2001) veröffentlichte

Metaanalyse ließ die Ergebnisse von 9 neuen Studien, die nach 1995 veröffentlicht worden waren, einfließen. In dieser Analyse wurde eine neue gepoolte Schätzung erstellt (OR = 1,16, KI = 1,08- 1,01), deren Gesamtschätzung des Risikos sich im Vergleich zu 1995 kaum geändert hatte. Die Befunde für einen Zusammenhang zwischen EMF-Exposition und Brustkrebs bei Männern sind ziemlich deutlich (Erren, 2001); und manche Studien (auf keinen Fall alle) zeigen bei einer erhöhten Exposition auch ein erhöhtes Brustkrebsrisiko für Frauen (siehe Kapitel 12). Hirntumoren und Akustikusneurinome treten in exponierten Personen häufiger auf (siehe Kapitel 10). Was andere Krebsarten betrifft, gibt es weniger Veröffentlichungen. Aber Charles et al. (2003) berichten, dass Angestellte in der höchsten EMF-Expositionsklasse (10%) ein zweimal so hohes Risiko haben an Prostatakrebs zu sterben wie diejenigen, die geringeren Expositionen ausgesetzt sind (OR 2,02, 95% KI = 1,34-3,04). Villeneuve et al. (2000) berichten von statistisch signifikanten Erhöhungen für Non-Hodgkin-Lymphome im Verhältnis zur EMF-Exposition bei beruflich exponierten Personen, während Tynes et al. (2003) von erhöhten Raten an malignen Melanomen bei in der Nähe von Hochspannungsleitungen lebenden Personen berichten. Obgleich diese Beobachtungen noch repliziert werden müssen, weisen sie auf eine Verbindung zwischen EMF-Expositionen und Krebserkrankungen im Erwachsenenalter hin, die über Leukämie hinausgeht. Insgesamt sind die wissenschaftlichen Befunde für mit EMF-Expositionen in Zusammenhang stehende Krebserkrankungen im Erwachsenenalter überzeugend genug, dass Vorsorgemaßnahmen ergriffen werden sollten, selbst wenn nicht alle Untersuchungen genau den gleichen eindeutigen Zusammenhang belegt haben. Letzteres trifft besonders dann zu, wenn so viele verschiedene Faktoren eine Rolle spielen, dass das Erkennen von Krankheitsmustern, die mit EMF-Expositionen verbunden sein könnten, sehr erschwert wird. Zum Beispiel gibt es keine Bevölkerungsgruppe, die nicht exponiert wäre, so dass immer nur mehr oder weniger exponierte Gruppen miteinander verglichen werden können. Daher gibt es eine ganze Reihe von Schwierigkeiten bei der Klassifizierung von Expositionsklassen. Die Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen EMF-Expositionen und Krebserkrankungen sowie neurodegenerativen Erkrankungen im Erwachsenenalter sind bis heute bereits überzeugend genug, dass Präventivmaßnahmen zur Reduktion von EMF-Expositionen ergriffen werden sollten.

## 5. Brustkrebs

Aus vielen Bereichen wissenschaftlicher Untersuchungen gibt es ziemlich deutliche Hinweise dafür, dass zwischen Expositionen gegenüber niederfrequenten Feldern und Brustkrebs ein Zusammenhang besteht. In den letzten zwei Jahrzehnten gab es zahlreiche epidemiologische Studien (Untersuchungen zum Krankheitsaufkommen in Bevölkerungsgruppen) über Brustkrebs sowohl bei Männern als auch bei Frauen, obgleich der Zusammenhang unter Wissenschaftlern umstritten geblieben ist. Viele dieser Studien zeigen, dass Expositionen gegenüber niederfrequenten Feldern mit einem erhöhten Brustkrebsrisiko verbunden sind. (Nicht alle Studien belegen diese Wirkungen, andererseits erwarten wir aber auch keine 100- oder 50-prozentige Übereinstimmung der Forschungsergebnisse in der Wissenschaft und benötigen diese auch nicht, um angemessene Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen.) Die Befunde aus Studien zu beruflich exponierten Frauen machen es sehr wahrscheinlich, dass chronische Expositionen durch niederfrequente Felder von 10 mG (1000 nT) und darüber einen Risikofaktor für Brustkrebs bei Frauen darstellen. Brustkrebsstudien an beruflich exponierten Personen, die relativ hohen niederfrequenten Feldern (10 mG/1000 nT und darüber) ausgesetzt sind, zeigen eine höhere Rate für diese Krankheit. In den meisten Studien zu beruflich exponierten Personen wird die hohe Expositionsklasse irgendwo zwischen 2 mG/200 nT und 10 mG/1000 nT angesiedelt. Bei dieser Art der Einteilung werden jedoch relativ niedrige EMF Expositionen mit relativ hohen vermischt, was dazu führt, dass das tatsächliche Risiko verschleiert wird. Bei vielen Expositionsstudien am Arbeitsplatz werden die Expositionsklassen so eingeteilt, dass die am höchsten exponierte Gruppe bei 4 mG/400 nT beginnt. Das hat zur Folge, dass a) nur wenige Personen wesentlich höheren Expositionen ausgesetzt sind und b) Erkrankungen bei relativ niedrigen Strahlungsintensitäten von 4 mG/400 nT und darüber auftreten. Das ist eine andere Art zu zeigen, dass die bestehenden Grenzwerte für niederfrequente Felder zwischen 933 und 1000 mG (93.300-100.000 nT) irrelevant sind, da erhöhte Risikorate bei viel niedrigeren Strahlungsintensitäten auftreten. Laborstudien an menschlichen Brustkrebszellen haben gezeigt, dass die Exposition gegenüber magnetischen Wechselfeldern zwischen 6 mG (600 nT) und 12 mG (1.200 nT) die schützende Wirkung des Melatonins beeinträchtigt, das ansonsten das Wachstum der Brustkrebszellen hemmt. Seit einem Jahrzehnt gibt es bereits Belege dafür, dass menschliche Brustkrebszellen schneller wachsen, wenn sie im Alltag vorkommenden NF-Strahlungsintensitäten ausgesetzt sind. Man geht davon aus, dass das damit zusammenhängt, dass niederfrequente elektromagnetische Felder den Melatoninspiegel im Körper reduzieren können. Es ist bekannt, dass Melatonin in Kulturen von Brustkrebszellen das Wachstum der Krebszellen reduziert. Wenn allerdings kein Melatonin vorhanden ist (aufgrund von niederfrequenten elektromagnetischen Feldern oder aus anderen Gründen), dann nimmt das Wachstum der Krebszellen zu. Laborstudien an Tieren mit Brustkrebs haben gezeigt, dass die Tiere mehr und größere Tumoren aufweisen, wenn sie gleichzeitig elektromagnetischen Feldern und chemischen Tumorpromotern ausgesetzt sind. In ihrer Gesamtheit deuten diese Studien darauf hin, dass niederfrequente Felder ein

wahrscheinlicher Risikofaktor für Brustkrebs sind und dass die Strahlungsintensitäten, die hier von Bedeutung sind, kaum höher liegen als diejenigen, denen viele Menschen zu Hause oder bei ihrer Arbeit ausgesetzt sind. Es besteht also ein begründeter Verdacht, der ausreichen sollte, neue Grenzwerte für niederfrequente elektromagnetische Felder einzuführen und entsprechende Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen.

Angesichts des sehr hohen Lebenszeitriskos für Brustkrebs und der entscheidenden Bedeutung vorbeugender Maßnahmen sollte die Exposition gegenüber niederfrequenten elektromagnetischen Feldern für alle Personen reduziert werden, die sich für längere Zeit in Bereichen mit hohen Strahlungsintensitäten aufhalten.

Für Menschen mit Brustkrebs ist es besonders wichtig, ihre Exposition gegenüber niederfrequenten Feldern zu reduzieren. Angesichts der Studienergebnisse, die belegen, dass während der Heilungsphase die Überlebenschancen für Patienten mit Kinderleukämie in einer Umgebung mit magnetischen Wechselfeldern über 2 mG (200 nT) oder 3 mG (300 nT) schlechter sind, sollten die den Patienten umgebenden Feldstärken entsprechend niedriger sein. Außerdem sind auch denjenigen vorbeugende Maßnahmen anzuraten, die eventuell ein erhöhtes Risiko für Brustkrebs haben. (Das gilt ganz besonders für Personen, die Tamoxifen einnehmen, um ihr Brustkrebsrisiko zu reduzieren, weil niederfrequente Felder nicht nur die Wirksamkeit des Melatonins reduzieren, sondern in demselben Niedrigdosisbereich auch die Wirksamkeit des Tamoxifens). Es gibt keine Entschuldigung dafür, die umfangreichen Befunde zu ignorieren, die bereits vorliegen und die einen Zusammenhang zwischen Brustkrebs und der Exposition gegenüber niederfrequenten Feldern belegen. Angesichts der enormen Kosten und der gesellschaftlichen sowie persönlichen Belastungen, die durch diese Krankheit verursacht werden, ist das Warten auf den endgültigen Beweis nicht vertretbar.

Studien an menschlichen Brustkrebszellen und einige Tierstudien zeigen, dass niederfrequente elektromagnetische Felder wahrscheinlich einen Risikofaktor für Brustkrebs darstellen. Es gibt stützende Befunde aus Zell- und Tierstudien sowie Studien zu menschlichem Brustkrebs, die eine Verbindung zwischen Brustkrebs und der Exposition gegenüber niederfrequenten elektromagnetischen Feldern belegen.

Die obige Diskussion der Krebserkrankungen hat nur einige wenige Aspekte berührt. Es scheint aber durchaus angemessen, von der Annahme auszugehen, dass alle Krebsarten sowie andere Krankheitsendpunkte mit der Exposition durch elektromagnetische Felder (sowohl niederfrequente als auch hochfrequente) in Zusammenhang stehen oder dadurch verschlimmert werden können.

Wenn eine Krebsart oder auch mehrere damit in Zusammenhang stehen, warum sollten dann nicht alle Krebsrisiken zur Debatte stehen? Auf jeden Fall kann nicht mehr behauptet werden, dass der aktuelle Kenntnisstand keine Hinweise auf Risiken für die menschliche Gesundheit gibt. Enorme gesellschaftliche Kosten und Folgen menschlichen Leidens werden in Kauf genommen, wenn in dieser Frage nicht zügig gehandelt wird. Das macht es notwendig, dass die für die öffentliche Gesundheitspolitik Verantwortlichen mit energischen Maßnahmen durchgreifen und die mit dem Schutz der öffentlichen Gesundheit beauftragten Regierungsbehörden auf der Grundlage verfügbarer Erkenntnisse entsprechende Vorsorgemaßnahmen durchsetzen.

## **B. Veränderungen des Nervensystems und der Hirnfunktion**

Die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern ist in Verbindung mit Alzheimer Krankheit, Motoneuronen-Erkrankungen und Parkinson-Krankheit untersucht worden.

(4) Diese Krankheiten haben alle mit dem Absterben von spezifischen Neuronen zu tun und werden als neurodegenerative Krankheiten bezeichnet. Es gibt Beweise dafür, dass hohe Konzentrationen von Amyloid-Beta-Proteinen einen Risikofaktor für Alzheimer darstellen und die Exposition gegenüber niederfrequenten Feldern zu einer Erhöhung dieser Substanz im Hirn führt. Es gibt deutliche Belege dafür, dass Melatonin das Hirn vor Schäden schützen kann, die zu Alzheimer führen, und es gibt auch umfangreiche Belege dafür, dass die Exposition gegenüber niederfrequenten Feldern den Melatoninspiegel senken kann. Daher wurde die Hypothese aufgestellt, dass einer der wichtigsten Schutzmechanismen, der dem Körper im Kampf gegen die Alzheimer Krankheit zur Verfügung steht, durch die Exposition gegenüber niederfrequenten Feldern geschwächt wird. Die dauerhafte Exposition gegenüber niederfrequenten Feldern konnte Kalziumkonzentrationen (Ca<sup>2+</sup>) verändern und oxidativen Stress induzieren (4). Es besteht auch die Möglichkeit, dass die anhaltende Exposition gegenüber niederfrequenten Feldern Neuronen (insbesondere große Motoneuronen) zum synchronen Feuern anregt, was dann durch die Ansammlung von Giftstoffen zu Schädigungen führen würde.

Die Belege für einen Zusammenhang zwischen Expositionen durch elektromagnetische Felder und neurodegenerativen Krankheiten wie Alzheimer und Amyotropher Lateralsklerose (ALS) sind überzeugend und relativ konsistent (siehe Kapitel 12). Auch wenn nicht jede Veröffentlichung einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Exposition und Krankheit aufweist, kann man die Chancenverhältnisse nicht einfach ignorieren: für Alzheimer liegt die OR bei 2,3 (95% KI = 1,0-5,1 in Qio et al., 2004), bei 2,3 (95% KI = 1,6-3,3 in Feychting et al., 2003) und bei 4,0 (95% KI = 1,4, 11,7 in Hakansson et al., 2003) und für ALS liegt die OR bei 3,1 (95% KI = 1,0-9,8 in Savitz et al., 1998) und bei 2,2 (95% KI = 1,0-4,7 in Hakansson et al., 2003).

Die Alzheimer-Krankheit ist eine Erkrankung des Nervensystems. Es gibt überzeugende Belege dafür,



dass Langzeitexpositionen gegenüber niederfrequenten elektromagnetischen Feldern einen Risikofaktor für Alzheimer Krankheit darstellen.

Es wird auch vermutet, dass Menschen mit epileptischen Erkrankungen gegenüber hochfrequenter Strahlung empfindlicher sein könnten. Hochfrequente Strahlung im Niedrigdosisbereich könnte ein Stressauslöser sein, insbesondere wenn man die Ähnlichkeiten mit neurologischen Wirkungen anderer Stressauslöser bedenkt. Hochfrequente Strahlung im Niedrigdosisbereich aktiviert sowohl endogene Opiate als auch andere Substanzen im Gehirn, die ähnlich wie psychoaktive Drogen wirken. In Versuchstieren ähneln diese Wirkungen den Wirkungen von Drogen, und zwar in dem Teil des Gehirns, der an der Entstehung einer Sucht beteiligt ist.

Laborstudien zeigen, dass das Nervensystem sowohl bei Menschen als auch bei Tieren empfindlich auf niederfrequente Felder (NF) und hochfrequente Strahlung (HF) reagiert. Niederfrequente (NF) und hochfrequente (HF) Strahlungsintensitäten im Niedrigdosisbereich können das Verhalten von Tieren verändern.

Veränderungen, mit denen das Gehirn und das Nervensystem reagieren, hängen sehr stark von den Besonderheiten der jeweiligen Strahlenexposition ab. Die meisten Studien beschäftigen sich nur mit Kurzzeltwirkungen, so dass Langzeitfolgen von Strahlenexpositionen nicht bekannt sind.

Faktoren, durch welche die Auswirkungen bestimmt werden, hängen von der Form und Größe des Kopfs ab sowie der Lage, Größe und Form der inneren Gehirnstrukturen, dem Hydrierungsgrad von Geweben, der Schichtdicke verschiedener Gewebe, der dielektrischen Konstante der Gewebe und so weiter. Alter und Gesundheitszustand einer Person scheinen ebenfalls wichtige Einflussfaktoren zu sein. Die Randbedingungen einer Exposition haben starken Einfluss auf die Ergebnisse einer Studie: in Abhängigkeit von Frequenz, Wellenform, Expositionsrichtung, Expositionsdauer, Anzahl der Exposition(en), jeder Pulsmodulation eines Signals und dem Zeitpunkt der Messungen (einige Reaktionen auf HF-Strahlung treten verzögert auf) kann es zu entgegengesetzten Resultaten kommen. Bei der Erforschung von niederfrequenten Feldern und hochfrequenter Strahlung ist die Variabilität der Untersuchungsergebnisse recht groß, was angesichts der großen Variabilität möglicher Einflussfaktoren nicht verwunderlich ist. Es konnte jedoch eindeutig gezeigt werden, dass sich unter manchen Expositionsbedingungen Funktionen des Gehirns und Nervensystems verändern. Die Folgen von Langzeitexpositionen oder lang anhaltenden Expositionen sind weder für Erwachsene noch für Kinder eingehend untersucht worden.

Für Kinder, deren Nervensystem sich kontinuierlich bis ins junge Erwachsenenalter hinein entwickelt, sind die Folgen von lang anhaltenden Expositionen derzeit unbekannt. Das könnte aber für die Gesundheit im Erwachsenenalter sowie für das Funktionieren in der Gesellschaft schwerwiegende Folgen haben, wenn die Exposition gegenüber niederfrequenten Feldern (NF) und hochfrequenter Strahlung (HF) im Kindesalter später zu verminderter Leistungsfähigkeit führt, besonders im Hinblick auf Denken, Urteilsvermögen, Erinnerungsvermögen, Lernfähigkeit und Kontrolle über das eigene Verhalten.

### **C. Auswirkungen auf die Gene (DNA)**

Das Krebsrisiko ist mit Schäden an der DNA verbunden, wobei die genetische Bauanleitung für Wachstums und Entwicklung verändert wird. Wenn die DNA Schaden erleidet (also Gene beschädigt werden), dann besteht das Risiko, dass diese geschädigten Zellen nicht absterben, sondern die beschädigte DNA weiterhin vervielfältigt wird. Das aber ist eine der notwendigen Vorbedingungen für die Krebsentstehung. Eine reduzierte DNA-Reparaturkapazität spielt dabei ebenfalls eine wichtige Rolle. Wenn die DNA-Schadensrate das DNA-Reparaturvermögen übersteigt, dann besteht die Möglichkeit, dass Mutationen beibehalten werden und Krebs initiiert wird. Aufgrund dieser möglichen Verbindung zu Krebs sind Studien zur Erforschung des Einflusses von niederfrequenten und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf Gene und DNA besonders wichtig.

Noch vor zehn Jahren glaubten die meisten Menschen, dass sehr schwache niederfrequente Felder und hochfrequente Strahlung auf keinen Fall irgendwelche Wirkungen auf die DNA und darauf ausüben könnten, wie eine Zelle funktioniert (oder beschädigt wird und ihrer täglichen Arbeit nicht richtig nachgehen kann). Es wurde das Argument angeführt, dass diese schwachen Felder nicht genügend Energie besitzen (oder physikalisch stark genug sind), um Schäden auslösen zu können. Heute wissen wir jedoch, dass es vielfältige Wege der Schädigung gibt, bei denen der Energiegehalt der Strahlung nicht die entscheidende Rolle spielt. Die Exposition gegenüber giftigen Chemikalien kann zum Beispiel Schaden auslösen.

Veränderungen im Gleichgewicht der empfindlichen biologischen Prozesse einschließlich des Hormongleichgewichts können Zellen schädigen oder gar zerstören und damit Krankheit verursachen. Es ist Tatsache, dass viele chronische Krankheiten mit jener Art von Schaden, für die überhaupt keine Erwärmung notwendig ist, in Zusammenhang stehen. Durch die Störung der Zellkommunikation (wie Zellen miteinander interagieren) kann Krebs entweder direkt ausgelöst oder bestehender Krebs zu schnellerem Wachstum angeregt werden.

Der Einsatz von modernen Gentestverfahren wird in der Zukunft wahrscheinlich viele nützliche Informationen darüber zutage fördern, wie elektromagnetische Felder die Moleküle im Körper anvisieren und beeinflussen. Auf genetischer Ebene gibt es inzwischen einige Belege dafür, dass elektromagnetische Felder (sowohl NF als auch HF) Veränderungen in der Arbeitsweise der DNA hervorrufen können. Es sind Laborstudien durchgeführt worden, um herauszufinden, ob (und wie) schwache elektromagnetische Felder Einfluss darauf nehmen können, wie Gene und Proteine funktionieren. Solche Veränderungen sind in

einigen Studien beobachtet worden, aber nicht in allen.

Genveränderungen der Protein- oder Genexpression können unter Umständen die Zellphysiologie verändern und dadurch zu einem späteren Zeitpunkt Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden haben. Die Erforschung der Zusammenhänge zwischen Genen, Proteinen und elektromagnetischen Feldern steckt noch in den Kinderschuhen. Jede Bestätigung, dass auf der Ebene der Gene und Proteine die Einwirkung schwacher elektromagnetischer Felder tatsächlich mit Veränderungen registriert wird, kann ein wichtiges Hilfsmittel sein, um die Art der möglichen Gesundheitsrisiken abzuklären.

Diese Studien über DNA, Gene, Proteine und elektromagnetischen Felder sind so bemerkenswert vor allem auch deshalb, weil es diesbezüglich überhaupt keine Wirkungen geben sollte, falls elektromagnetische Felder tatsächlich zu schwach wären, Schäden auszulösen. Wissenschaftler, die daran glauben, dass die Energie nichtionisierender Strahlung zu gering sei und es daher für unwahrscheinlich halten, dass sie Schäden hervorruft, tun sich schwer damit, die beobachteten Veränderungen zu erklären und ziehen es daher vor, sie einfach zu ignorieren. Das Problem dieser Sichtweise aber bleibt, dass es die Wirkungen tatsächlich gibt. Dass man sie nicht erklären kann, ist kein ausreichender Grund, sie als erfunden oder unwichtig abzutun.

Das europäische Forschungsprogramm REFLEX dokumentierte in seinen DNA-Tests viele Veränderungen im normalen biologischen Geschehen der DNA (3). Die Bedeutung dieser Ergebnisse liegt darin, dass die Effekte unmittelbar mit der Frage zusammenhängen, ob es für Menschen gesundheitliche Auswirkungen geben kann, wenn solche Veränderungen in Genen und der DNA tatsächlich auftreten. Mehr als ein Dutzend verschiedener Forscher war an diesem großen Forschungsprojekt beteiligt, das Informationen zu den Wirkungen elektromagnetischer Felder erbrachte. Zu den Hauptergebnissen gehören folgende Erkenntnisse:

„Genmutationen, Zellproliferation und Apoptose werden durch Veränderungen im Ablauf der Gen- und Proteinexpression verursacht oder sind eine Folge davon. Das Zusammentreffen dieser Vorgänge ist für die Entstehung aller chronischen Krankheiten notwendig.“ (3)

Es konnte mit großer Sicherheit gezeigt werden, dass nach der Einwirkung von EMF-Expositionen genotoxische Effekte und eine veränderte Expression zahlreicher Gene und Proteine auftraten. (3)

„HF-Strahlung erzeugte in Fibroblasten, HL-60-Zellen, Granulosazellen von Ratten und neuronalen Progenitorzellen, die aus embryonalen Stammzellen von Ratten gewonnen wurden, genotoxische Effekte. (Teilnehmer 2, 3 und 4). (3)

Sowohl die Exposition durch niederfrequente Felder als auch hochfrequente Strahlung kann unter bestimmten Bedingungen als erbgutschädigend (die DNA schädigend) eingestuft werden. Dies gilt auch für Strahlensexpositionen unterhalb bestehender Grenzwerte.

## **E. Auswirkungen auf das Immunsystem**

Das Immunsystem ist ein weiterer Abwehrmechanismus gegen Eindringlinge (z.B. Viren, Bakterien und andere Fremdmoleküle). Es schützt uns gegen Krankheit, Infektionskrankheiten und Tumorzellen. Es gibt viele verschiedene Typen von Immunzellen. Jeder Zelltyp dient einem bestimmten Zweck und wird aktiviert, um den Körper gegen verschiedenste Expositionen, die der Körper als möglicherweise schädlich einstuft, zu schützen.

Es gibt gewichtige Belege dafür, dass niederfrequente Felder und hochfrequente Strahlung entzündliche und allergische Reaktionen auslösen und normale Immunfunktionen verändern können, selbst bei Strahlungsintensitäten, die nach den derzeit gültigen Sicherheitsgrenzwerten zulässig sind.

Das Immunsystem des Körpers nimmt niederfrequente Felder und hochfrequente Strahlung als eine Gefahr wahr und mobilisiert seine Abwehrkräfte, wobei die Reaktion des Körpers ähnlich wie bei der Produktion von Stressproteinen ausfällt. Das sind weitere Indikatoren dafür, dass sehr niedrige Expositionen gegenüber niederfrequenten Feldern und hochfrequenter Strahlung

a) von den Zellen erkannt werden und b) Reaktionen auslösen können, so als ob diese Expositionen schädlich wären. Die chronische Exposition gegenüber Faktoren, die ständig allergische und entzündliche Reaktionen hervorrufen, ist wahrscheinlich gesundheitsschädlich. Chronisch entzündliche Vorgänge können im Laufe der Zeit zu Schäden auf Zell-, Gewebs- und Organebene führen. Man geht davon aus, dass viele chronische Krankheiten mit chronischen Problemen des Immunsystems in Zusammenhang stehen.

Es ist allseits bekannt, dass die Ausschüttung von Entzündungsauslösern wie z.B. Histamin zu Hautreaktionen, Schwellungen, allergischer Überempfindlichkeit und anderen Reaktionen führt, die normalerweise mit einem Teil des Abwehrsystems zusammenhängen. Das Immunsystem des Menschen ist Teil eines allgemeinen Abwehrsystems, das den Körper gegen schädliche Einflüsse aus der ihn umgebenden Umwelt schützt. Wenn das Immunsystem durch irgendeinen Angriff herausgefordert wird, dann gibt es viele verschiedene Immunzelltypen, die darauf reagieren können. Alles, was eine Immunantwort auslöst, sollte sorgfältig geprüft werden, da eine chronische Stimulation des Immunsystems im Laufe der Zeit dessen normale Funktionsfähigkeit beeinträchtigen kann.

Expositionen durch niederfrequente Felder und hochfrequente Strahlung können messbare physiologische Veränderungen bei sehr geringen Feldstärken auslösen. (In der Haut nimmt die Anzahl der Mastzellen zu,

die z.B. ein Marker für allergische und entzündliche Reaktionen in der Zelle sind.) Mastzellen, die durch NF- oder HF Expositionen aktiviert werden, degranulieren und schütten lästige Substanzen aus, die die allergischen Hautreaktionen hervorrufen.

Es gibt eindeutige Hinweise dafür, dass Expositionen durch niederfrequente Felder und hochfrequente Strahlung bei Strahlungsintensitäten, wie sie bei Handygebrauch, Computern, Bildschirmen, Fernsehern und anderen Feldverursachern auftreten, diese Hautreaktionen hervorrufen können. Mit Hilfe von Hautbiopsien sind Veränderungen in der Hautempfindlichkeit gemessen worden, und die Untersuchungsergebnisse sind bemerkenswert. Einige dieser Reaktionen werden bei Strahlungsintensitäten ausgelöst, die beim Umgang mit Funktechnologien im täglichen Leben auftreten. Mastzellen befinden sich auch im Gehirn und Herz, wo sie vielleicht Zielscheiben der Immunantwort auf die NF- und HF-Expositionen sind, was auch einige der anderen häufig beschriebenen Symptome erklären könnte (Kopfweg, Lichtempfindlichkeit, Herzrhythmusstörungen und andere Herzbeschwerden). Chronische Reize wie die Exposition gegenüber niederfrequenten Feldern und hochfrequenter Strahlung können, wenn sie für längere Zeit anhaltend einwirken, zu Funktionsstörungen des Immunsystems, chronischen allergischen Reaktionen, Entzündungskrankheiten und einem schlechten Gesundheitszustand führen.

Diese klinischen Befunde erklären vielleicht die Berichte von Personen mit Elektrosensibilität, einem Leiden, bei dem eine Intoleranz gegenüber jeglichen Strahlungsintensitäten von NF- und/oder HF-Expositionen besteht. Obgleich es bisher noch keine wirklich wissenschaftliche Einschätzung gibt (unter kontrollierten Bedingungen, wenn das überhaupt möglich ist), geht man aufgrund von Einzelberichten aus vielen Ländern davon aus, dass 3 bis 5% der Bevölkerung betroffen sind und die Tendenz steigend ist. Wie multiple chemische Sensibilität kann auch Elektrosensibilität eine starke Behinderung darstellen und die betroffenen Personen zwingen ihre Arbeits- und Lebensumstände drastisch zu ändern, wobei sie große wirtschaftliche Einbußen und den Verlust ihrer persönlichen Freiheit erleiden. In Schweden ist Elektrosensibilität offiziell als Funktionsstörung anerkannt (wenn auch nicht als Krankheit; siehe Kapitel 6, Anhang A).

## **F. Plausible biologische Wirkmechanismen**

Es sind bereits plausible biologische Wirkmechanismen identifiziert worden, die für die meisten biologischen Wirkungen im Niedrigdosisbereich der niederfrequenten Felder und hochfrequenten Strahlung eine hinreichende Erklärung bieten. (Oxidativer Stress und DNA-Schäden durch freie Radikale führen zu Gentoxizität; molekulare Wirkmechanismen bei sehr geringen Strahlungsintensitäten weisen auf eine plausible Verbindung mit Krankheiten hin, z.B. die Wirkung auf die mit oxidativem Schaden verbundene Elektronentransfer-Rate oder die mit krankhafter Biosynthese und Mutation verbundene DNA-Aktivierung). Man sollte dabei auch nicht vergessen, dass traditionellerweise zu dem Zeitpunkt, zu dem ein Risikofaktor nach volksgesundheitlichen und epidemiologischen Gesichtspunkten festgelegt wird, kein Beweis für seinen Wirkmechanismus erforderlich ist, aber bereits auf einen ursächlichen Zusammenhang zwischen EMF-Exposition und Krankheit geschlossen werden kann (12). In vielen Fällen ist der Wirkmechanismus zu dem Zeitpunkt noch nicht bewiesen. zu dem bereits kluge Strategien für die Öffentliche Gesundheitsvorsorge umgesetzt werden.

„Offensichtlich hat die Fähigkeit des Melatonins, die DNA vor oxidativem Schaden zu bewahren, Implikationen für viele Krebsarten einschließlich Leukämie. besonders wenn man bedenkt, dass die durch freie Radikale verursachten DNA -Schäden als Auslöser für eine Mehrheit der Krebserkrankungen beim Menschen gelten (Cerutti et al., 1994). Zusätzlich zu den Krebserkrankungen spielen die durch freie Radikale verursachten Schäden im zentralen Nervensystem auch eine signifikante Rolle in einer Reihe von neurodegenerativen Krankheiten im Alter einschließlich Alzheimer- und Parkinson Krankheit. In Experimenten mit Tiermodellen hat sich Melatonin bei beiden Krankheiten als höchst wirkungsvoll erwiesen. den Ausbruch dieser Krankheiten abzuwenden und das Ausmaß des Leidens zu reduzieren (Reiter et al.. 2001).“ (13)

Oxidativer Stress, eine durch freie Radikale verursachte Schädigung der DNA, ist ein plausibler biologischer Wirkmechanismus für Krebserkrankungen und Krankheiten, die mit durch NF-Expositionen verursachten Schädigungen des zentralen Nervensystems verbunden sind.

## **SCHLUSSFOLGERUNGEN**

Wir können es uns nicht leisten, einfach weiterzumachen wie bisher. Es ist an der Zeit, dass bei der Planung von neuen Hochspannungsleitungen und neuen Wohnhäusern, Schulen und ihrem näheren Umfeld routinemäßig Vorkehrungen für eine strahlenarme Umwelt getroffen werden.

Für den Niederfrequenzbereich sind neue Grenzwertrichtlinien gerechtfertigt. Diese neuen Grenzwerte sollten unterhalb der Strahlenpegel liegen, die in den Kinderleukämie-Studien mit einem höheren Krankheitsrisiko verbunden waren, und einen zusätzlichen Sicherheitsfaktor einschließen. Es kann nicht mehr zulässig sein, mit dem Bau von neuen Hochspannungsleitungen und Elektroanlagen die Bevölkerung einem Strahlenpegel auszusetzen, der als risikoreich eingestuft werden muss (generell 2 mG/200 nT oder

0,2 mT und darüber). Während neue Grenzwerte für den Niederfrequenzbereich entwickelt und eingeführt werden, wäre es vernünftig, einen Planungsgrenzwert anzustreben: 1 mG (100 nT, oder 0,1 mT) für Wohnbereiche in der Umgebung von allen neuen und aufgerüsteten Stromversorgungsleitungen und 2 mG (200 nT, oder 0,2 mT) für alle anderen neuen Anlagen. Außerdem wird für Bereiche, in denen sich Kinder und/oder schwangere Frauen dauerhaft aufhalten, empfohlen, einen Vorsorgewert von 1 mG (100 nT, oder 0,1 mT) einzuführen. Diese Empfehlung beruht auf der Annahme, dass Kinder wesentlich schutzbedürftiger sind und sich vor allem auch nicht selbst schützen können, sich das Risiko Kinderleukämie zu entwickeln auch derart erhöht, dass das normalerweise gesetzliche Maßnahmen nach sich ziehen würde. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig, dass der Grenzwert von 1 mG (100 nT, oder 0,1 mT) auch auf bereits bestehende Gebäude ausgedehnt wird. In diesem Kontext wäre es sehr begrüßenswert, wenn zuständige Gesundheitsämter eine offizielle Warnung aussprechen würden.

#### VI. Literatur

1. Martuzzi M. 2005. Science, Policy and the Protection of Human Health: A European Perspective. *Bioelectromagnetics Supplement 7*: S 151-156.
2. Adey, WR. 2004. Potential Therapeutic Applications of Nonthermal Electromagnetic Fields: Ensemble Organization of Cells in Tissue as a Factor in Biological Field Sensing. *Bioelectromagnetic Medicine* herausgegeben von Rosch PJ und Markov MS. 5. 1.
- (3) REFLEX, 2004. Risk Evaluation of Potential Environmental Hazards from Low Frequency Electromagnetic Field Exposure Using Sensitive *in vitro* Methods.
- (4) World Health Organization, 2007. ELF Health Criteria Monograph. Neurodegenerative Disorders, S. 187.
- (5) TNO Physics and Electronics Laboratory, The Netherlands. 2003. Effects of Global Communication System radio-frequency fields on well-being and cognitive functions of human beings with and without subjective complaints. Netherlands Organization for Applied Scientific Research 1-63.
- (6) Kheifets LI Afifi AA Buffler PA Zhang ZW. 1995. Occupational electric and magnetic field exposure and brain cancer: a meta-analysis. *JOEM 37(2)*: 1327 – 1341.
- (7) Green LM, Miller AB, Villeneuve PJ, Agnew DA, Greenberg ML, Li J, Donnelly KE. 1999. A case-control study of childhood leukemia in southern Ontario Canada and exposure to magnetic fields in residences. *Int J Cancer 82*:161–170.
- (8) World Health Organization, 2007. ELF Health Criteria Monograph, S. 256 und WHO Fact Sheet Nr. 322.
- (9) Foliart DE Pollock BH Mezei G Iriye R Silva JM Epi KL Kheifets L Lind MP Kavet R. 2006. Magnetic field exposure and long-term survival among children with leukemia. *British Journal of Cancer 94*: 161-164.
- (10) Svendsen AL Wehkopf T Kaatsch P Schuz J. 2007. Exposure to magnetic fields and survival after diagnosis of childhood leukemia: a German cohort study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 16(6)*: 1167-1171.
- (11) Lowenthal RM, Tuck DM and Bray IC. 2007. Residential exposure to electric power transmission lines and risk of lymphoproliferative and myeloproliferative disorders: a case-control study. *Med J doi:10.1111 /j. 1445-5994.2007.01 389.x*
- (12) Hill, AB. 1971. Principles of Medical Statistics Chapter XXIV. Statistical Evidence and Inference, Oxford University Press, Oxford University, Oxford. UK, 5. 309-323.
- (13) Henshaw DL Reiter RJ. 2005. Do magnetic fields cause increased risk of childhood leukemia via melatonin disruption? A Review. *Bioelectromagnetics Supplement 7*, S. S86-S97.