

Biologische Wirkungen durch Exposition mit elektromagnetischen Feldern im Kontext der gesetzlichen Expositionswerte

Lennart Hardell¹, Cindy Sage²

¹Abteilung für Onkologie, Universitätskrankenhaus, Örebro, Schweden

²Sage Associates, Santa Barbara, Kalifornien, USA

Abstract

In den letzten Jahren ist die Öffentlichkeit in zunehmendem Maße besorgt wegen möglicher Gesundheitsrisiken durch extrem niederfrequente elektromagnetische Felder (ELF) und durch Strahlung der drahtlosen Kommunikation, die im Bereich der Funkfrequenzen/ Mikrowellenfrequenzen (RF) angesiedelt ist. Nicht-thermische biologische Effekte (bei niedriger Feldstärke) sind bei der Grenzwertfestlegung der Mikrowellenexposition nicht berücksichtigt worden, obwohl zahlreiche wissenschaftliche Berichte auf solchen Auswirkungen hinweisen. Der BioInitiative Report gründet sich auf internationalen Forschungen und staatlichen Richtlinien, um einen Überblick zu verschaffen über das, was über biologische Wirkungen bekannt ist, die bei der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern (EMF) mit geringer Feldstärke auftreten. Zu den gesundheitlichen Auswirkungen/Endpunkten, die laut Berichten mit extrem niederfrequenten elektromagnetischen Feldern und/oder Funkfrequenzen in Zusammenhang stehen, gehören Leukämie bei Kindern, Hirntumore, gentoxische Auswirkungen, neurologische Auswirkungen und neurodegenerative Erkrankungen, Fehlsteuerungen des Immunsystems, allergische und entzündliche Reaktionen, Brustkrebs, Fehlgeburten und einige Auswirkungen auf das Herz-Kreislauf-System. Der BioInitiative Report kam zu der Schlussfolgerung, dass berechtigte Gründe für einen Risikoverdacht bestehen, was in klaren Beweisen von biologischen Auswirkungen begründet liegt, und zwar bei Belastungen, wie sie in der Umwelt tatsächlich vorkommen und bei denen durch längerfristige Exposition mit berechtigtem Grund von gesundheitlichen Auswirkungen ausgegangen werden kann. Bezüglich sehr niederfrequenter elektromagnetischer Felder sollte ein neuer, niedrigerer Grenzwert zum Schutz der Öffentlichkeit für solche bewohnte Gebiete angewandt werden, die an alle neuen oder aufgerüsteten Stromleitungen/Hochspannungsleitungen sowie an andere neu zu errichtende derartige Anlagen grenzen. Ein neuer, niedrigerer Grenzwert sollte auch in bestehenden Wohngebieten bei Kindern und schwangeren Frauen Anwendung finden. Ein Vorsorgegrenzwert sollte für die kumulative RF Indoor- und Outdoorexposition angewandt werden, wobei die Grenzwerte wesentlich niedriger angesetzt werden sollten als die gegenwärtigen; siehe dazu den BioInitiative Report. Die gegenwärtigen Richtlinien für die Mikrowellenexposition des Gehirns durch Handys betragen in den USA und Europa jeweils 1,6 W/Kg, bzw. 2 W/Kg. Da die Verwendung von Handys mit einem gestiegenen Hirntumorrisiko nach einem Zeitraum von 10 Jahren in Zusammenhang gebracht wird, ist eine neue Richtlinie, die auf biologischen Grundlagen beruht, begründet. Weitere gesundheitliche Auswirkungen, die mit der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern in Zusammenhang stehen und in dieser Zusammenfassung nicht erscheinen, finden sich im BioInitiative Report unter www.bioinitiative.org.

1. Einführung

Während der vergangenen Jahre mehrten sich die wissenschaftlichen Beweise sowie auch die öffentliche Besorgnis im Hinblick auf mögliche Gesundheitsrisiken durch extrem niederfrequente elektromagnetische Felder (ELF) sowie durch Strahlung im Bereich der Funkfrequenzen/Mikrowellenfrequenzen (RF), wie sie für drahtlose Kommunikations- und Datenübertragungszwecke verwendet wird. Bisher basierten die Richtlinien für die Exposition gegenüber Mikrowellen auf thermischen Wirkungen (Wirkungen durch Erwärmung). Nicht-thermische Wirkungen (durch niedrige Intensitäten) sind bei der Regulierung der Exposition nicht in Betracht gezogen worden. Vor kurzem ist ein umfassender Bericht im Internet veröffentlicht worden [1], der die beträchtlichen wissenschaftlichen Beweise für biologische Auswirkungen und negative gesundheitliche Auswirkungen bei Expositionstärken, die weit unter den gesetzlichen Sicherheitsstandards liegen, dokumentiert. Der Zweck dieses Berichts war es, die wissenschaftliche Beweislage zu gesundheitlichen Auswirkungen elektromagnetischer Strahlung unterhalb der gegen-

wärtigen staatlich festgesetzten Grenzwerte zu beurteilen und dabei zu bewerten, welche Veränderung dieser Grenzwerte jetzt gerechtfertigt sind, um mögliche zukünftige Gesundheitsrisiken für die Bevölkerung zu verringern. Dieser Bericht wurde von 14 Wissenschaftlern sowie Experten im Bereich öffentlicher Gesundheit und staatlicher Politik geschrieben, um die wissenschaftliche Beweislage bezüglich elektromagnetischer Felder zu dokumentieren. Diese kurze Zusammenfassung basiert auf dem BioInitiative Report und gibt eine Zusammenfassung zu den relevanten Themen. Für weitere Einzelheiten einschließlich einer vollständigen Liste zum Nachschlagen, siehe das Dokument unter: www.bioinitiative.org.

Jeder ist zwei Arten elektromagnetischer Felder ausgesetzt (EMFs): (a) extrem niederfrequente Felder von elektrischen und elektronischen Geräten und Stromleitungen sowie (b) Funkfrequenzfeldern (RF) von Geräten drahtloser Kommunikation wie Handys und Schnurlostelefonen, Mobilfunkantennen und Sendetürmen sowie Rundfunksendetürmen. In diesem Bericht werden wir den Begriff EMF benutzen, wenn

wir uns auf sämtliche elektromagnetischen Felder im Allgemeinen beziehen und die Begriffe ELF oder RF, wenn wir uns auf die Exposition gegenüber einer speziellen Feldart beziehen. Bei beiden handelt es sich um nicht-ionisierende Strahlung, was bedeutet, dass sie nicht über ausreichende Energie verfügen, um Elektronen aus der Umlaufbahn von Atomen zu reißen und die Atome zu ionisieren (aufzuladen), wie dies bei ionisierender Strahlung der Fall ist.

2. Materialien und Ergebnisse

2.1 Handyverwendung und Beweise für Hirntumore und Akustikusneurinome (gutartige Tumore im Schädelbereich)

Wir haben eine Übersicht über 18 Studien erstellt, zwei Kohortenstudien und 16 Fallkontrollstudien. Bei den meisten Studien wurden die Daten bereits nach einer relativ kurzen Latenz-Zeit und mit begrenzten Informationen über Langzeitanutzer veröffentlicht. Daher wurde eine Meta-Analyse des Risikos durchgeführt, im Zusammenhang mit Handyverwendung an einem Akustikusneurinom, einem Gliom und an einem Meningiom zu erkranken, bei einer Latenzzeit von 10 Jahren oder mehr [2]. Insgesamt wurde ein Quotenverhältnis (OR = odds ratio) = 1,3 und 95 % sowie ein Konfidenzintervall (CI = confidence interval) = 0,6 – 2,8 erhalten, was sich zu OR = 2,4 und 95 % sowie CI = 1,1–5,3 bei ipsilateraler (immer auf der gleichen Kopfseite statt findender) Handyverwendung steigert. Für Gliome wurden OR = 1,2 und 95 % sowie CI = 0,8–1,9 errechnet. Eine ipsilaterale Verwendung führte zu OR = 2,0 sowie 95 % und CI = 1,2–3,4. Insgesamt wurden OR = 1,3 sowie 95 % und CI = 0,9–1,8 für Meningiome festgestellt, was sich zu OR = 1,7 sowie 95 % und CI = 0,99–3,1 für ipsilaterale Verwendung steigerte. Seitdem sind nur zwei Studien veröffentlicht worden. Beide befassten sich mit Akustikusneurinomen [3,4]. Sie waren von kleinem Umfang und enthielten keine Fälle mit einer Latenzzeit von mindestens 10 Jahren. Darüber hinaus betrug die meisten Quotenverhältnisse in diesen beiden Studien < 1,0, was auf schwerwiegende methodische Probleme hindeutet. Die Endergebnisse zu diesem Thema aus der Interphone-Studie, welche unter Leitung der International Agency for Research on Cancer (IARC = Internationale Agentur für Krebsforschung) stehen, werden im Laufe des Jahres 2008 erwartet.

Keine einzige Studie außer der von der Gruppe von Hardell hat Ergebnisse über die Verwendung von schnurlosen Telefonen (DECT) veröffentlicht [5,6]. Wie wir in unseren Veröffentlichungen beschrieben haben, ist es relevant, auch deren Verwendung in Studien dieser Art einzubeziehen. Schnurlose Telefone sind eine bedeutende Quelle für die Exposition gegenüber Mikrowellenstrahlung im Funkfrequenzbereich und sie werden gewöhnlich tagtäglich für längere Zeiträume verwendet, als dies bei Handys der Fall ist. Deren Verwendung auszuschließen, wie dies z. B. bei den Interphone-Studien der Fall war, könnte zu einer Unterschätzung des durch die Verwendung von kabellosen Telefonen bedingten Hirntumorrisikos führen.

Zusammenfassend ergab unser Überblick ein durchgängiges/konsistentes Muster eines erhöhten Risikos, nach über 10-jähriger Handyverwendung an einem Akustikusneurinom zu erkranken. Wir ziehen die Schlussfolgerung, dass die ge-

genwärtigen Expositionsstandards für Mikrowellen während der Handyverwendung bei einer Langzeitexposition nicht sicher sind und neu angepasst werden müssen.

2.2 Funkfrequenzfelder, die nicht vom Mobilfunk herrühren und epidemiologische Beweise für Hirntumore

Man kam zu dem Schluss, dass es nur wenige Studien über eine Langzeitexposition gegenüber Funkfrequenzfeldern niedriger Intensität und deren Zusammenhang mit Hirntumoren gibt, wovon jede von ihnen methodische Mängel haben, einschließlich des Fehlens einer quantitativen Bewertung der Exposition. In Anbetracht der groben Expositions-kategorien und der Wahrscheinlichkeit einer voreingenommenen Grundtendenz in Richtung auf eine Null-Hypothese ohne Bezug, ist die Beweislage im Einklang mit einem mäßig erhöhten Risiko. Studien im Arbeitsumfeld deuten darauf hin, dass eine langzeitige Exposition an Arbeitsplätzen mit einem erhöhten Hirntumorrisiko in Zusammenhang gebracht werden kann.

Obwohl in manchen Berufsfeldern (insbesondere bei militärischen Arbeitsplätzen) die gegenwärtigen Expositionsrichtlinien möglicherweise manchmal erreicht oder sogar überschritten wurden, deutet die Beweislage insgesamt darauf hin, dass eine Langzeitexposition gegenüber Feldstärken, die im Allgemeinen unter den gegenwärtigen Richtgrenzwerten liegen, dennoch das Risiko eines erhöhten Auftretens von Hirntumoren birgt.

Trotz eines relativ geringen Risikos für die Gesamtbevölkerung (wahrscheinlich unter 4 %), können in den USA dennoch über 1000 Fälle pro Jahr allein auf die Funkfrequenzexposition am Arbeitsplatz zurückgeführt werden.

2.3 Beweise für Krebs und Leukämie bei Kindern

Der einzige Endpunkt, die bis jetzt ausreichend genau untersucht wurde, ist die Leukämie bei Kindern. Tumore des Gehirns und des Nervensystems wurden auch ziemlich eingehend untersucht, aber aufgrund der Vielfalt dieser Tumore, konnte bis jetzt keine Schlussfolgerung gezogen werden. Kinderleukämie ist die verbreitetste bösartige Krebsart im Kindesalter, die in der Altersgruppe zwischen 2 und 5 Jahren am häufigsten auftritt. Zu dieser Häufung scheint es erst kürzlich, im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts, gekommen sein und dies könnte sich mit der Elektrifizierung erklären [7]. Diese Vermutung wird dadurch gestützt, dass diese Häufung in Entwicklungsländern nicht oder in viel geringerem Ausmaß auftritt.

Ein Überblick über vorliegende Beweise von epidemiologischen Studien deutet darauf hin, dass das Risiko beständig zunimmt bei einer gleichzeitigen Zunahme der durchschnittlichen Exposition gegenüber Magnetfeldern. Risikoschätzungen erreichen statistische Bedeutung bei Intensitäten von 3–4 mG (0,3–0,4 Mikrottesla). Das Quotenverhältnis insgesamt bei neun Studien betrug 2,1 (95 %) und der Konfidenzintervall 1,3–3,3. Eine geringe Anzahl von Kindern ist solchen oder höheren Feldintensitäten ausgesetzt.

Die Beweislast insgesamt legt nahe, dass Kinderleukämie in Zusammenhang steht mit einer Exposition gegenüber sehr niederfrequenten elektromagnetischen Feldern entweder während der Schwangerschaft oder in der frühen Kindheit. Wenn man nur von den durchschnittlichen Flussdichten von Magnetfeldern ausgeht, ist das Risiko auf die Gesamtbevölkerung

bezogen gering bis mäßig. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass andere Expositionsparameter eine viel stärkere Rolle spielen im Hinblick auf Kinderleukämie und für einen beträchtlichen Anteil der Fälle verantwortlich sind, vielleicht bis zu 80 % aller Fälle. Die betroffene Gruppe im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung beträgt zwischen 1 und 4 % [8], wenn man davon ausgeht, dass nur Expositionen von über 3–4 mG (0,3–0,4 Mikrotelsla) relevant sind.

Andere Kinderkrebsarten mit Ausnahme der Leukämie sind nicht ausreichend genau untersucht worden, um Schlussfolgerungen im Hinblick auf das Vorhandensein und die Höhe des Risikos ziehen zu können.

Die Richtwerte der Internationale Kommission für den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (International Commission for Non-ionising Radiation Protection = ICNIRP) und das Institute of Electric and Electronics Engineers, Inc. (IEEE) sind dazu konzipiert, nur vor kurzzeitigen, unmittelbaren Auswirkungen zu schützen, aber nicht vor dauerhaften Expositionen. Langzeitwirkungen wie Krebs werden durch die Exposition gegenüber Feldstärken, die mehrere Größenordnungen unterhalb der gegenwärtigen Richtgrenzwerte liegen, hervorgerufen. Der Bioinitiative Report kommt zu dem Schluss, dass der Beweis für ein erhöhtes Risiko von Kindheitsleukämie bei chronischer Exposition gegenüber sehr niederfrequenten Feldern ausreichend ist, um eine Revision der allgemeinen Schutzwertwerte zu rechtfertigen.

2.4 Brustkrebs

Es gibt Beweise aus mehreren Bereichen der wissenschaftlichen Forschung, dass extrem niederfrequente Felder in Zusammenhang mit Brustkrebs stehen. Im Laufe der letzten beiden Jahrzehnte gab es zahlreiche epidemiologische Studien über Brustkrebs sowohl bei Männern wie auch bei Frauen, obwohl dieser Zusammenhang umstritten bleibt. Viele dieser Studien sagen jedoch aus, dass es einen Zusammenhang gibt, zwischen der Exposition gegenüber extrem niederfrequenten Feldern und einem erhöhten Brustkrebsrisiko.

Der Beweis durch Studien an Frauen an ihren Arbeitsplätzen legt nahe, dass extrem niederfrequente Felder ein Risikofaktor im Hinblick auf Brustkrebs bei Frauen sind, und zwar bei einer Langzeitexposition mit Feldstärken von 10 mG (1,0 μ T) und mehr.

Laborstudien, bei denen menschliche Brustkrebszellen untersucht wurden, haben gezeigt, dass eine Exposition gegenüber extrem niederfrequenten Feldern bei Feldstärken zwischen 6 mG und 12 mG (0,6–1,2 μ T) die Schutzwirkungen von Melatonin gegenüber dem Wachstum dieser Brustkrebszellen stören können. Seit einem Jahrzehnt gibt es Beweise, dass menschliche Brustkrebszellen schneller wachsen, wenn sie extrem niederfrequenten Feldern bei niedrigen Feldstärken in der Umgebung ausgesetzt sind. Man geht davon aus, dass dies daran liegt, dass die Exposition gegenüber extrem niederfrequenten Feldern die Melatoninkonzentration im Körper verringern kann.

Laborstudien an Tieren mit Brustkrebstumoren haben aufgezeigt, dass diese mehr Tumore und größere Tumore aufweisen, wenn sie gegenüber extrem niederfrequenten Feldern und zugleich einer chemischen tumorfördernden Substanz ausgesetzt werden. Diese Studien zusammengenommen weisen darauf hin, dass extrem niederfrequente Felder ein sehr wahr-

scheinlicher Risikofaktor bei Brustkrebs sind und dass die Intensitäten der extrem niederfrequenten Felder im Wesentlichen nicht höher liegen, als diejenigen, denen viele Menschen zu Hause oder bei der Arbeit ausgesetzt sind. Es besteht ein begründeter Risikoverdacht und es gibt eine ausreichende Beweislage, auf deren Basis man neue Grenzwerte für extrem niederfrequente Felder empfehlen kann und welche vorsorgendes Handeln rechtfertigt.

In Anbetracht der sehr hohen Risiken bei Frauen, im Laufe ihres Lebens Brustkrebs zu entwickeln und aufgrund der entscheidenden Bedeutung der Vorsorge, sollte die Exposition gegenüber extrem niederfrequenten Feldern bei all denjenigen Menschen reduziert werden, die sich über längere Zeiträume in Umgebungen mit hohen Intensitäten von extrem niederfrequenten Feldern aufhalten. Eine Verringerung der Exposition gegenüber extrem niederfrequenten Feldern wäre insbesondere wichtig für Menschen mit Brustkrebs. Die Erholungs-umgebung sollte eine niedrige Feldstärke extrem niederfrequenter Felder aufweisen in Anbetracht der Beweise für schlechtere Überlebensraten, wie dies auch bei Personen mit einer anderen Krebserkrankung der Fall ist, nämlich bei Patienten, die an Kinderleukämie erkrankt sind und sich in extrem niederfrequenten Feldern mit einer Stärke von über 2mG oder 3mG (0,2 oder 0,3 μ T) aufhalten.

Vorsorgemaßnahmen für diejenigen, die unter einem erhöhten Brustkrebsrisiko stehen könnten sind auch gerechtfertigt, insbesondere für diejenigen, die während ihrer Antikrebsbehandlung Tamoxifen einnehmen, da neben der Verringerung der Wirksamkeit von Melatonin eine Exposition gegenüber extrem niederfrequenten elektromagnetischen Feldern zudem auch die Wirksamkeit von Tamoxifen verringern kann, und das bei den ebenso niedrigen Feldintensitäten bei der Exposition. Es ist nicht zu rechtfertigen, die deutliche Beweislage, über die wir bereits verfügen und welche für eine Verbindung zwischen Brustkrebs und der Exposition gegenüber extrem niederfrequenten elektromagnetischen Feldern spricht, zu ignorieren; bis auf eine eindeutige Beweislage zu warten ist nicht haltbar, in Anbetracht der enormen Kosten und gesellschaftlichen und persönlichen Belastungen, die durch diese Krankheit entstehen.

2.5 Veränderungen im Nervensystem und der Gehirnfunktion

Die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern ist im Zusammenhang mit der Alzheimer-Erkrankung, der amyotrophen Lateralsklerose (ALS) und der Parkinson-Krankheit untersucht worden. Es gibt Beweise, dass eine hohe Konzentration von Beta-Amyloid ein Risikofaktor im Zusammenhang mit der Alzheimerkrankheit ist und die Exposition gegenüber extrem niederfrequenten elektromagnetischen Feldern die Konzentration dieser Substanz im Gehirn erhöhen kann. Es ist vielfach bewiesen worden, dass Melatonin das Gehirn vor Schäden schützen kann, die zu einer Alzheimer-Erkrankung führen können, und es gibt auch eine starke Beweislast dafür, dass die Exposition gegenüber extrem niederfrequenten elektromagnetischen Feldern die Melatoninkonzentration verringern kann. Daher besteht die Hypothese, dass die wichtigsten Schutzmechanismen des Körpers gegen die Entwicklung der Alzheimererkrankung (nämlich Melatonin) dem Körper in geringerem Umfang zur Verfügung steht, wenn Menschen gegenüber extrem niederfrequenten elektromagnetischen Fel-

den ausgesetzt sind. Länger andauernde Exposition gegenüber extrem niederfrequenten elektromagnetischen Feldern könnte die Kalzium-Konzentration (Ca^{2+}) in den Neuronen verändern und oxidativen Stress hervorrufen. Besorgnis wurde geäußert, dass Menschen mit epileptischer Erkrankung auf Expositionen gegenüber Funkfrequenzen empfindlicher reagieren könnten.

Laborstudien zeigen, dass sowohl das Nervensystem des Menschen wie auch das von Tieren sowohl auf extrem niederfrequente elektromagnetische Felder als auch auf Funkfrequenzen empfindlich reagiert. Messbare Veränderungen in der Hirnfunktion und im Verhalten ereignen sich bei Feldintensitäten, die mit neuen Technologien in Verbindung stehen, einschließlich der Verwendung von Handys. Wenn Menschen Handystrahlung ausgesetzt sind, kann dies bereits bei einer spezifischen Absorptionsrate (SAR) von 0,1 Watt pro Kilogramm (W/kg) die Aktivität ihrer Hirnströme verändern, im Vergleich dazu liegt der zugelassene SAR-Wert in USA bei 1,6 W/kg (auf 1 Gramm Gewebe) und der laut ICNIRP zulässige Wert bei 2,0 W/Kg (auf 10 Gramm Gewebe). Handystrahlung kann sich auf das Gedächtnis und die Lernfähigkeit auswirken.

Veränderungen in der Art, wie das Gehirn und das Nervensystem reagieren hängen sehr stark von der jeweils spezifischen Exposition ab. Die meisten Studien betrachten nur die Kurzzeitwirkungen, so dass über Langzeitfolgen von Expositionen keine Klarheit besteht. Die bereits vorhandene wissenschaftliche Aktenlage über Auswirkungen ist jedoch ausreichend, um vorsorgliches Handeln zu rechtfertigen, indem man Expositionen verringert, insbesondere bei anfälligeren Gruppen, wie Kindern [9].

Faktoren, die auf die Auswirkungen Einfluss haben, können von der Form und Größe des Kopfes abhängen, dem Standort, der Größe und der Form des inneren Aufbaus des Gehirns, der Schädeldicke des Kopfes und des Gesichts, dem Wassergehalt der Gewebe, der Dicke von verschiedenen Geweben, den Dielektrizitätskonstanten der Gewebe usw. Das Alter des Betroffenen und der Gesundheitszustand scheinen auch wichtige Größen zu sein.

Es gibt große Unterschiede bei den Versuchsergebnissen mit extrem niederfrequenten Feldern und Funkfrequenzen, was sich erwartungsgemäß in den starken Unterschieden bei den einzelnen Faktoren begründet, welche die Versuchsergebnisse beeinflussen können. Es wird jedoch klar aufgezeigt, dass unter bestimmten Expositionsbedingungen sich die Funktionsweise des Gehirns und des Nervensystems bei Menschen verändert. Die Folgen von langzeitiger oder länger anhaltender Exposition ist nicht gründlich untersucht worden, weder bei Erwachsenen noch bei Kindern.

Die Folgen lang anhaltender Expositionen bei Kindern, deren Nervensystem sich noch bis zu ihrem späten Jugendalter in der Entwicklung befindet, ist bis zu diesem Zeitpunkt unbekannt, es gibt jedoch glaubwürdige veröffentlichte Studien, die von biologischen Wirkungen und negativen Auswirkungen auf die Gesundheit bei sehr niedrigen Feldintensitäten (weit unterhalb der für die öffentliche Sicherheit festgesetzten Grenzwerte) berichten. Dies könnte ernsthafte Auswirkungen auf die Gesundheit im Erwachsenenalter und auf die Funktionstüchtigkeit in der Gesellschaft haben, wenn eine jahrelange Exposition der jungen Menschen sowohl ge-

genüber extrem niederfrequenten Feldern wie auch gegenüber Funkfrequenzen zu verminderten Fähigkeiten beim Denken, beim Urteilsvermögen, beim Gedächtnis, beim Lernen und bei der Kontrolle des eigenen Verhaltens führen.

2.6 Beweise für die Auswirkungen auf Gene und die Proteinexpression

Die Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern im Funkfrequenzbereich weltweit auf die Gene und die Proteinexpression wurden bei verschiedenen biologischen Systemen untersucht und die meisten Studien legten ihren Schwerpunkt auf den Frequenzbereich, der von Handys verwendet wird (800–2000 MHz) bei einer relativ niedrigen Expositionsfeldstärke (durchschnittlicher SAR-Wert von annähernd 2,0 W/Kg). Einige Studien haben von negativen Auswirkungen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern im Funkfrequenzbereich auf die Genexpression berichtet.

Auf der Grundlage der gegenwärtig verfügbaren Fachliteratur ist es gerechtfertigt, zu der Schlussfolgerung zu gelangen, dass die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern die Gen- und/oder Proteinexpression in bestimmten Arten von Zellen verändern kann, und das selbst bei Feldstärken, die unterhalb der vom ICNIRP empfohlenen Werte liegen. Die biologischen Folgen der meisten veränderten Gene/Proteine, die auf den frühen Studien der Proteomik und Transcriptomik beruhen, sind immer noch unklar und müssen weiter erforscht werden. Deshalb ist jetzt noch nicht der Zeitpunkt gekommen, um die gesundheitlichen Auswirkungen der elektromagnetischen Felder auf Grundlage der Daten über die Gen- und Proteinexpression zu beurteilen. Die Datenbanken der IIEEE und der WHO enthalten die Mehrheit der Studien über extrem niedrige Frequenzen nicht; sie enthalten jedoch die meisten Studien zu den Funkfrequenzen.

Gegenwärtig befindet sich das Stadium der Proteomik und der Transkriptomik noch am Anfang und es gibt nur ein paar wenige dutzend Studien, die von Ergebnissen berichten, einige von positiven andere von negativen. Die Forschungsgemeinschaft im Bereich von elektromagnetischen Feldern sollte den negativen Forschungsberichten die gleiche Aufmerksamkeit schenken wie den positiven. Nicht nur die positiven Forschungsergebnisse müssen repliziert werden, sondern die negativen Ergebnisse müssen kritisch beurteilt und ebenfalls repliziert werden.

2.7 Die Beweise für gentoxische Effekte - DNA-Schäden

Gemäß diesem Überblick über die Fachliteratur berichteten ungefähr 50 % der Studien von Auswirkungen. Erwartungsgemäß dokumentiert jedoch nicht jede Studie Auswirkungen, in Anbetracht der großen Bandbreite von Expositionsbedingungen und unterschiedlichen Empfindlichkeit der Proben (assays). Man kann schlussfolgern, dass unter bestimmten Expositionsbedingungen Funkfrequenzstrahlung gentoxisch ist. Die verfügbaren Daten beziehen sich meist nur auf die Exposition gegenüber der Handystrahlung. Mit Ausnahme der Studie von Philipps et al. [10] gibt es nur sehr wenige veröffentlichte Studien über Funkfrequenzstrahlung in Intensitäten, wie sie in der Umgebung von Basisstationen und Funkfrequenzsendetürmen vorkommen.

Während der Handybenutzung ist eine relativ konstante Gewebemasse im Gehirn gegenüber der Strahlung in einer relativ

hohen Intensität ausgesetzt (Spitze bei einem SAR-Wert von 4–8 W/Kg). Mehrere Studien berichteten von DNA-Schäden bei niedrigeren Intensitäten als 4 W/Kg. Die IEEE hat ihren empfohlenen Richtwert für örtlich begrenzte Gewebeeexposition überarbeitet und von 1,6 W/Kg über einer Gewebefläche von 1 Gramm auf 2 W/Kg über eine Gewebefläche von 10 Gramm geändert, obwohl die Federal Communications Commission diese Änderung nicht übernommen hat. Da die Ausbreitung der Energie der Funkfrequenzen innerhalb des Gewebes nicht gleichmäßig geschieht, wird durch diese Veränderung ein höherer Spitzenexpositionswert möglich. Da darüber hinaus bedrohliche Genmutationen in einer einzigen Zelle ausreichend sind, um zu Krebs zu führen und sich Millionen von Zellen in einem Gramm Gewebe befinden, ist es unverständlich, dass die Grundlage des SAR-Standards durch den IEEE von einem Durchschnitt, der für ein Gramm Gewebe errechnet wurde durch eine Grundlage bei der dieser Durchschnitt für 10 Gramm errechnet wird, ersetzt wurde.

Faktoren, die möglicherweise erklären, warum bestimmte Studien keine Wirkungen zeigen, während andere klare und reproduzierbare Wirkungen aufzeigen, sind unter anderem, (a) was für eine DNA-Probe verwendet wurde, (b) die Expositionsparameter im Experiment und (c) welche Zelllinien verwendet werden. Jede Auswirkung von elektromagnetischen Feldern hängt zwangsläufig von der Energie ab, die von einem biologischen System absorbiert wird und davon, wie die Energie in Raum und Zeit zugeführt wird. Häufigkeit, Intensität, Expositionsdauer und die Anzahl der Expositionsphasen können sich auf die Reaktion auswirken, und diese Faktoren können in Wechselwirkung miteinander treten und zu unterschiedlichen Auswirkungen führen.

Die Einzelzellgelelektrophorese (comet assay) ist bei den meisten Studien über elektromagnetische Felder verwendet worden, um die DNA-Schädigung zu bestimmen. Unterschiedliche Versionen der Probe (assay) sind entwickelt worden. Diese Versionen haben unterschiedliche Empfindlichkeitsgrade bei der Erkennung und können verwendet werden, um unterschiedliche Aspekte der DNA-Strangbrüche zu bestimmen/messen. Ein Vergleich der Daten von Experimenten, die unterschiedliche Versionen der Probe (assay) verwenden, kann irreführend sein und erklärt möglicherweise die unterschiedlichen Studienergebnisse, da einige DNA-Einzelzellgelelektrophoresen weit empfindlicher sind für die Erkennung von DNA-Schäden als andere Proben (assays).

Ein plausibler biologischer Mechanismus, der die Karzinogenese (Krebsentstehung) erklärt, ist der Weg über die Bildung freier Radikale innerhalb von Zellen. Freie Radikale töten Zellen, indem sie Makromoleküle, wie die DNA, Proteine und die Membran schädigen. Darüber hinaus spielen freie Radikale eine wesentliche Rolle bei der Aktivierung von bestimmten Signalwegen. Mehrere Berichte haben darauf hingedeutet, dass elektromagnetische Felder die Aktivität der freien Radikale in den Zellen steigern, insbesondere durch die „Fenton-Reaktion“ [11]. Die Fenton-Reaktion ist ein katalytischer Prozess, bei dem Eisen Wasserstoffperoxide, ein Produkt der oxidativen Atmung in den Mitochondrien, in freie Hydroxylradikale umwandelt, was sehr potente und toxische freie Radikale sind. Jegliche Exposition, einschließlich lang anhaltender Exposition gegenüber extrem niederfrequenten Feldern und Funkfrequenzen, die zu einer verstärkten Erzeu-

gung freier Radikaler führt, kann als ein plausibler biologischer Mechanismus für die Krebsentstehung betrachtet werden.

2.8 Beweise für Stressreaktionen

Studien über Stressreaktionen in unterschiedlichen Zellen unter verschiedenen Bedingungen haben es uns ermöglicht, die molekularen Mechanismen zu bestimmen, durch welche Zellen auf elektromagnetische Felder und deren Auswirkungen auf Gesundheitsrisiken reagieren. Diese Informationen können nun Annahmen über biologische Wirkungen von elektromagnetischen Feldern korrigieren und eine wissenschaftliche Basis für neue Sicherheitsstandards schaffen.

Man ist sich allgemein darüber einig, dass die Sicherheitsstandards bei elektromagnetischen Feldern auf wissenschaftlichen Grundlagen beruhen sollten, die Forschung der jüngeren Vergangenheit im Bereich elektromagnetischer Felder hat jedoch gezeigt, dass die Grundannahme, die zur Bestimmung der Sicherheit bei elektromagnetischen Feldern verwendet wird, keine Gültigkeit besitzt. Der Sicherheitsstandard gründet sich auf der Annahme, dass elektromagnetische Felder nur durch Erhitzung biologische Schäden hervorrufen, Zellschädigungen treten jedoch auch ohne Erhitzung auf und weit unterhalb der Sicherheitsgrenzwerte. Dies ist in vielen Studien aufgezeigt worden, einschließlich der Stressreaktionen in den Zellen, wobei Zellen Stressproteine erzeugen als Reaktion auf potentiell schädliche Reize aus der Umwelt, einschließlich elektromagnetischer Felder. Die Stressreaktionen sowohl gegenüber Stromfrequenzen (extrem niederfrequente Felder) und gegenüber dem Bereich der Funkfrequenzen/Mikrowellen zeigen die Unzulänglichkeit des auf thermischer Grundlage beruhenden SAR-Standards.

Die Stressreaktion ist ein natürlicher Abwehrmechanismus, der durch umweltbedingte molekulare Schädigung ausgelöst wird. Zur Reaktion gehört die Aktivierung der DNA, d.h. die Anregung von Stressgenen sowie auch von Genen, die Schäden an der DNA und an Proteinen wahrnehmen und diese reparieren. Durch wissenschaftliche Forschung wurden spezielle Abschnitte der DNA identifiziert, die sowohl auf extrem niederfrequente Felder wie auch auf Funkfrequenzen reagieren. Es ist möglich gewesen, diese speziellen Abschnitte der DNA zu verschieben und die Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern zu übertragen. Bei starken elektromagnetischen Feldintensitäten kann die Wechselwirkung mit der DNA zu DNA-Strangbrüchen führen, was zu Mutationen führen könnte, ein Schritt, mit dem die Entstehung von Krebs beginnt.

Wissenschaftliche Forschung hat aufgezeigt, dass extrem niederfrequente elektromagnetische Felder und Radiofrequenzfelder mit der DNA in Wechselwirkung treten und die Proteinsynthese anregen und bei höheren Intensitäten DNA-Schäden verursachen. Die biologischen Schwellenwerte (Feldstärke, Dauer) liegen weit unter den gegenwärtigen Sicherheitsgrenzwerten. Um eine Übereinstimmung mit der Forschung im Bereich elektromagnetischer Felder zu erreichen, muss ein auf biologischer Grundlage basierender Standard den gegenwärtigen thermischen SAR-Standard ersetzen, welcher grundlegend abwegig ist. Die Forschung im Bereich elektromagnetischer Felder deutet auch darauf hin, dass es eines Schutzes vor kumulativen biologischen Auswirkungen bedarf, welche durch elektromagnetische Felder über das gesamte elektromagnetische Spektrum hinweg ausgelöst werden.

3. Debatte

3.1 Wissenschaftliche Schlüsselbeweise

Die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern ist mit einer Vielzahl unterschiedlicher negativer Gesundheitsfolgen in Verbindung gebracht worden. Es gibt weitere Wirkungen, die hier nicht aufgeführt sind, siehe den BioInitiative Report (1). Zu den Endpunkten bei Gesundheitsstudien, von welchen berichtet wurden, dass sie im Zusammenhang mit extrem niederfrequenten elektromagnetischen Feldern und/oder Funkfrequenzen stehen, gehören Kinderleukämie, Hirntumore bei Erwachsenen, Hirntumore bei Kindern, gentoxische Wirkungen (DNA-Schäden und Mikronucleation), neurologische Auswirkungen und neurodegenerative Krankheiten, Fehlsteuerung des Immunsystems, allergische und entzündliche Reaktionen, Brustkrebs bei Männern und Frauen, Fehlgeburten und einige Auswirkungen im Herz-Kreislauf-Bereich.

Es gibt keine besondere Unterteilung der Auswirkungen nach extrem niederfrequenten Feldern und Funkfrequenzen, da es im täglichen Leben zu vielen überlappenden Expositionen kommt und weil dies eine künstliche Unterteilung gemäß Frequenzen ist, wie sie in der Physik definiert werden und die wenig Bedeutung bei biologischen Wirkungen hat. Sowohl bei extrem niederfrequenten Feldern wie auch bei Funkfrequenzen hat sich beispielsweise gezeigt, dass sie in Zellen die Entstehung von Stressproteinen verursachen, ein allgemeines Anzeichen für Anspannung in den Zellen von Pflanzen, Tieren und Menschen und es haben sich auch DNA-Schädigungen und neurologische Auswirkungen gezeigt, und dass alles weit unterhalb der gegenwärtigen Sicherheitsstandards.

3.2 Empfehlungen für die staatliche Gesundheitspolitik

Es gibt in der Geschichte viele Beispiele für wissenschaftlich begründete frühzeitige Warnungen über mögliche gesundheitliche Auswirkungen bestimmter Umweltbedrohungen und lange Zeitspannen bis vorsorgliche und verhütende Maßnahmen ergriffen werden [12]. Einschlägige Interessengruppen können hierbei den notwendigen gesundheitspolitischen Maßnahmen entgegen wirken [13]. Das Vorsorgeprinzip sollte angewandt werden, wenn es gerechtfertigte Gründe zur Besorgnis gibt. Auf der Grundlage des BioInitiative Reports (1) wird diese Voraussetzung erfüllt im Hinblick auf die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern, sowohl bei extrem niederfrequenten Feldern wie auch bei Feldern im Funkfrequenzbereich.

Neue regulierende Grenzwerte für extrem niederfrequente elektromagnetische Felder, welche auf biologisch relevanten Obergrenzen beruhen, sind gerechtfertigt, siehe den BioInitiative Report. Die Grenzwerte für extrem niederfrequente elektromagnetische Felder sollten unterhalb der Expositionintensitäten festgelegt werden, die in Studien über Kinderleukämie mit einem erhöhten Krankheitsrisiko in Zusammenhang gebracht wurden, wobei ein zusätzlicher Sicherheitsfaktor dazu addiert werden müsste. Es ist nicht hinnehmbar, dass neue Hochspannungsleitungen und elektrische Einrichtungen gebaut werden, wodurch Menschen in ein Umfeld mit extrem niederfrequenten Feldintensitäten geraten, welche in Zusammenhang mit einem erhöhten Risiko von gesundheitsschädlichen Auswirkungen gebracht wurden, d. h. Intensitäten, die im allgemeinen bei 2 mG (0,2 μ T) und darüber liegen.

Neue, niedriger angesetzte Planungsbeschränkungen für bewohnte Gebiete, die an alle neuen oder aufgerüsteten Stromleitungen angrenzen und für alle anderen neu zu errichtenden Einrichtungen sollten angewendet werden. Ein niedrigerer Grenzwert sollte auch bei bestehenden Wohnumgebungen für Kinder und/oder schwangere Frauen Anwendung finden. Diese Empfehlung beruht auf der Annahme, dass eine höherer Schutzbedarf für Kinder besteht, die sich nicht selbst schützen können und deren Risiko an Kinderleukämie zu erkranken so hoch ist, dass dies nach bisheriger Handhabung hoch genug wäre, um der Auslöser für regulierendes Handeln zu sein.

Während es nicht realistisch ist, kurzfristig alle bestehenden elektrischen Verteilungssysteme neu zu errichten, müssen dennoch Schritte zur Verringerung der Exposition gegenüber diesen bestehenden Systemen in die Wege geleitet werden, insbesondere an Orten, wo Kinder ihre Zeit verbringen, und zu solchen Schritten sollte ermutigt werden.

Ein Vorsorgegrenzwert sollte für die kumulative Funkfrequenzexposition im Freien angewendet werden wie auch für die kumulativen Funkfrequenzfelder in Innenräumen, mit deutlich niedrigeren Werten als bei den bestehenden Richtlinien. Dies sollte den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft im Funkfrequenzbereich widerspiegeln sowie eine umsichtige Reaktion von Seiten der staatlichen Gesundheitspolitik, die zu vernünftigen Grenzwertfestlegungen für die Exposition gegenüber gepulster Funkfrequenzen (im Umfeld) führt, wo Menschen wohnen, arbeiten und zur Schule gehen. Diese Feldintensität der Funkfrequenzen wird als Ganzkörperexposition erfahren und kann eine dauerhafte Exposition sein, wo eine drahtlose Netzabdeckung vorhanden ist für die Sprach- und Datenübertragung für Handys, Pager und Personal Digital Assistants (PDAs) sowie andere Quellen der Funkfrequenzstrahlung. Obwohl diese Zielgrenzwerte für Funkfrequenzen nicht von vorne herein einen weiteren Netzausbau der W-LAN-Techniken ausschließen, sollten kabelgebundene Alternativen zu W-LAN insbesondere Anwendung finden in Schulen und Büchereien, so dass Kinder nicht erhöhten Feldintensitäten im Funkfrequenzbereich ausgesetzt sind, bis man mehr versteht über mögliche gesundheitliche Auswirkungen. Diese Empfehlung sollte als vorübergehende Vorsorgebeschränkung gesehen werden, dessen Absicht es ist, eine Leitlinie für vorsorgendes Handeln zu sein. Grenzwerte, die noch besser schützen, könnten in Zukunft erforderlich sein.

Der gegenwärtige Richtgrenzwert für die von Handys ausgehende Mikrowellenstrahlung in Europa beträgt für auf das Gehirn einwirkende Strahlung 2 W/Kg. Dieser Grenzwert basiert auf der thermischen Wirkung, wobei die Entwicklung von grauem Star in Tieraugen, die durch eine Intensität von 100 W/Kg ausgelöst wird, als Grundlage dient und um einen Sicherheitsfaktor von 50 für den Standardwert angepasst wurde. Es gab auch Überlegungen bezüglich des Zusammenhangs zwischen der SAR des Gesamtkörpers und örtlichen stärker betroffenen Punkten sowie der lokal auftretenden SAR in Bezug auf die SAR des gesamten Körpers. Da die Verwendung von Handys mit einem erhöhten Hirntumor nach 10-jähriger Nutzung in Zusammenhang gebracht wird (Gliom, Akustikusneurinom), sollte eine neue Richtlinie Anwendung finden, die auf biologischen Grundlagen beruht. Diese neue Richtlinie sollte auf nicht-thermischen Wirkungen (niedriger Intensität) der Mikrowellenexposition basieren. Es sollte hinzugefügt werden, dass es im Bereich der Toxikologie

gewöhnliche Praxis ist, einen Sicherheitspuffer von mindestens dem Faktor 100 hinzuzufügen, welcher sich zusammensetzt aus dem Faktor 10 für die Übertragung von der Einwirkung auf das Tier zur Situation beim Menschen und ein weiterer Faktor 10 als Ausgleich für Unterschiede im Einzelfall [14].

Die Exposition gegenüber der Strahlung von DECT-Telefonen wird im BioInitiative Report nicht besonders angesprochen. Wir ziehen jedoch die Schlussfolgerung, dass die Exposition gegenüber Funkfrequenzen im Innenraum beurteilt werden sollte, sowie auch die Exposition während der Verwendung von DECT-Telefonen. Es gibt Hinweise auf ein erhöhtes Hirntumorrisiko im Zusammenhang mit DECT-Telefonen und ein Sicherheitsfaktor ist gerechtfertigt, sowohl für diese Telefone wie auch für die Exposition gegenüber ihrer Basisstationen in Innenräumen. Dieselben Standards könnten für schnurlose Telefone angewandt werden, wie sie sich auch in einer neuen Richtlinie für Handys wieder finden würden, welche auf biologischen Auswirkungen beruhen würde. Es ist ein gerechtfertigter Vorschlag, die Bedingungen anzusprechen, wo Innenräume, in denen sich Menschen aufhalten, von DECT-Telefonen oder anderen Funkfrequenzen ausstrahlenden Geräten betroffen sind, die von den Bewohnern eingerichtet wurden. Wie dies bei extrem niederfrequenten Feldern der Fall ist, so könnten auch bei Funkfrequenzfeldern in Zukunft andere Grenzwerte nötig werden, um mit dem Stand der Wissenschaft Schritt zu halten.

Anerkennungen

Unterstützt durch Darlehen von einer privaten, philanthropischen Organisation, die von Commonweal in Bolinas, Kalifornien, USA, verwaltet wird und vom Cancer- und Allergifonden, Schweden. Diese Abhandlung hat den BioInitiative Report zur Grundlage und die einzelnen Kapitel von den Autoren dieses Artikels und von Dr. Carl F. Blackman, Prof. Dr. Martin Blank, David Gee, Europäische Umweltagentur, Prof. Dr. Michael Kundi, David O. Carpenter, Dr. Zoreh Davanipour, Prof. Dr. Olle Johansson, PhD, Dr. Henry Lai, Prof. Dr. Kjell Hansson Mild, Amy Sage, BS, Research Associate, Dr. Eugene L. Sobel, Dr. Zhengping und Dr. Guangdi Chen.

Referenzen

- [1] BioInitiative report: a rationale for a biologically-based public exposure standard for electromagnetic fields (ELF and RF). <http://www.bioinitiative.org> [accessed 22.10.07]
- [2] Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Hansson Mild K, Morgan LL. Long-term use of cellular phones and brain tumours: increased risk associated with use for ≥ 10 years. *Occup Environ Med* 2007;64: 626e32. doi:10.1136/oem.2006.029751
- [3] Klæboe L, Blaasaas KG, Tynes T. Use of mobile phones in Norway and risk of intracranial tumours. *Eur J Cancer Prev* 2007;16:158e64
- [4] Schlehofer B, Schlafer K, Blettner M, Berg G, Boehler F, Hettinger I, et al. Environmental risk factors for sporadic acoustic neuroma (Interphone Study Group, Germany). *Eur J Cancer* 2007;43(11):1741e7. doi:10.1016/j.ejca.2007.05.008
- [5] Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Pooled analysis of

two casecontrol studies on the use of cellular and cordless telephones and the risk of benign tumours diagnosed during 1997e2003. *Int J Oncol* 2006;28:509e18.

- [6] Hardell L, Hansson Mild K, Carlberg M. Pooled analysis of two casecontrol studies on use of cellular and cordless telephones and the risk for malignant brain tumours diagnosed in 1997e2003. *Int Arch Occup Environ Health* 2006;79:630e9.
- [7] Milham S, Ossiander EM. Historical evidence that residential electrification caused the emergence of the childhood leukemia peak. *Med Hypotheses* 2001;56:290e5
- [8] Kheifets L, Afifi AA, Shimkhada R. Public health impact of extremely low frequency electromagnetic fields. *Environ Health Perspect* 2006;114(10):1532e7
- [9] European Environmental Agency. Highlights: European Environmental Agency website by Dr. Jacqueline McGlade, Director. Statement of September 17, 2007. www.eea.europa.eu/themes/human [accessed 22.10.07]
- [10] Phillips JL, Ivaschuk O, Ishida-Jones T, Jones RA, Campbell-Beachler M, Haggren W. DNA damage in Molt-4 T-lymphoblastoid cells exposed to cellular telephone radiofrequency fields in vitro. *Bioelectrochem Bioenerg* 1998;45:103e10
- [11] Lai H, Singh NP. Magnetic-field-induced DNA strand breaks in brain cells of the rat. *Environ Health Perspect* 2004;112(6):687e94
- [12] European Environment Agency. Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896e2000. Copenhagen, Denmark. Environmental issue report 2001, No. 22. http://reports.eea.europa.eu/environmental_issue_report_2001_22/en [accessed 22.10.07]
- [13] Hardell L, Walker M, Walhjalt B, Friedman LS, Richter ED. Secret ties to industry and conflicting interests in cancer research. *Am J Ind Med* 2007;50:227e33
- [14] Scinicariello F, De Rosa CT. Genetic heterogeneity and its effect on susceptibility to environmental factors. *Eur J Oncol* 2007;12(3):155e7

Übersetzung durch:

Verein zum Schutz der Bevölkerung vor Elektromog e.V. Stuttgart, Bismarckstraße 63, 70197 Stuttgart
www.der-mast-muss-weg.de, info@der-mast-muss-weg.de, Mai 2010

Es gilt der englische Originaltext.



Fundierte Informationen über die biologischen Wirkungen des Mobilfunks geben die Broschüren: **Zellen im Strahlenstress. Warum Mobilfunkforschung krank macht. Eckpunkte internationaler Mobilfunkforschung;** Autorenteam Stuttgart- West, Hrsg. Verein zum Schutz der Bevölkerung vor Elektromog e.V., 2009. Broschürenreihe der Kompetenzinitiative e.V.: **Wie empfindlich reagieren die Gene auf Mobilfunkstrahlung?,** Adlkofer; Belyaev, Shiroff, Richter, 2008; **Warum Grenzwerte schädigen, nicht schützen – aber aufrecht erhalten werden,** Adlkofer u.a., 2009, je 6,00 Euro. bestellung@der-mast-muss-weg.de.

Diese Übersetzung wird Ihnen kostenlos zur Verfügung gestellt. Über eine Spende zur Unterstützung unserer Arbeit freuen wir uns: Verein zum Schutz der Bevölkerung vor Elektromog e.V., Bismarckstraße 63, 70197 Stuttgart, KontoNr. 2 14 746 003, Stuttgarter Volksbank, BLZ 600 901 00