

*Forschung***Die gesundheitliche Bedeutung elektromagnetischer Felder**

Ein Überblick von  
Dr. Otto Petrowicz

Zum Thema „Elektrosmog“ sind mittlerweile eine Vielzahl von Studien durchgeführt und publiziert worden. Selbst Experten fällt es angesichts dieser Vielfalt nicht leicht, einen Überblick zu behalten. Eine Sichtung der veröffentlichten Forschungsberichte und eine kritische Diskussion der wichtigsten Studien erweist sich daher als unerlässlich.

Bei Betrachtung der einzelnen Publikationen zum Thema zeigt sich ein recht heterogenes Bild. Prinzipiell repräsentiert jede Veröffentlichung, die neue Forschungsergebnisse zu Tage fördert, den aktuellen wissenschaftlichen Status quo – zumindest so lange, bis sie durch andere Untersuchungen obsolet oder widerlegt wird. Die Aussagefähigkeit der Befunde läßt sich aber nur bewerten, wenn man die zugrundeliegende Studie nach klaren, objektiven Qualitätskriterien bemißt. Zu diesen Kriterien zählen u.a. Art und Aktualität der Methodik, die Fallzahlen, die biometrische Stichhaltigkeit sowie die Plausibilität und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. Von großer Bedeutung sind auch die Foren oder die Zeitschriften, in denen die Arbeiten präsentiert oder publiziert wurden, deren wissenschaftliches Niveau sehr unterschiedlich sein kann, bzw. ob die Arbeiten durch unabhängige Gutachter (bedeutende Wissenschaftler auf dem Fachgebiet) überprüft werden oder nicht.

**Inhalt****FORSCHUNG**

Die gesundheitliche Bedeutung elektromagnetischer Felder

**S. 1****UMWELT**

EEG-Veränderungen und Wetterfähigkeit

**S. 5****INFORMATION**

Einsatz thermografischer Verfahren zur Darstellung absorbierter HF-Energie auf Oberflächen

**S. 6****FGF**

Siebte Mitgliederversammlung der FGF

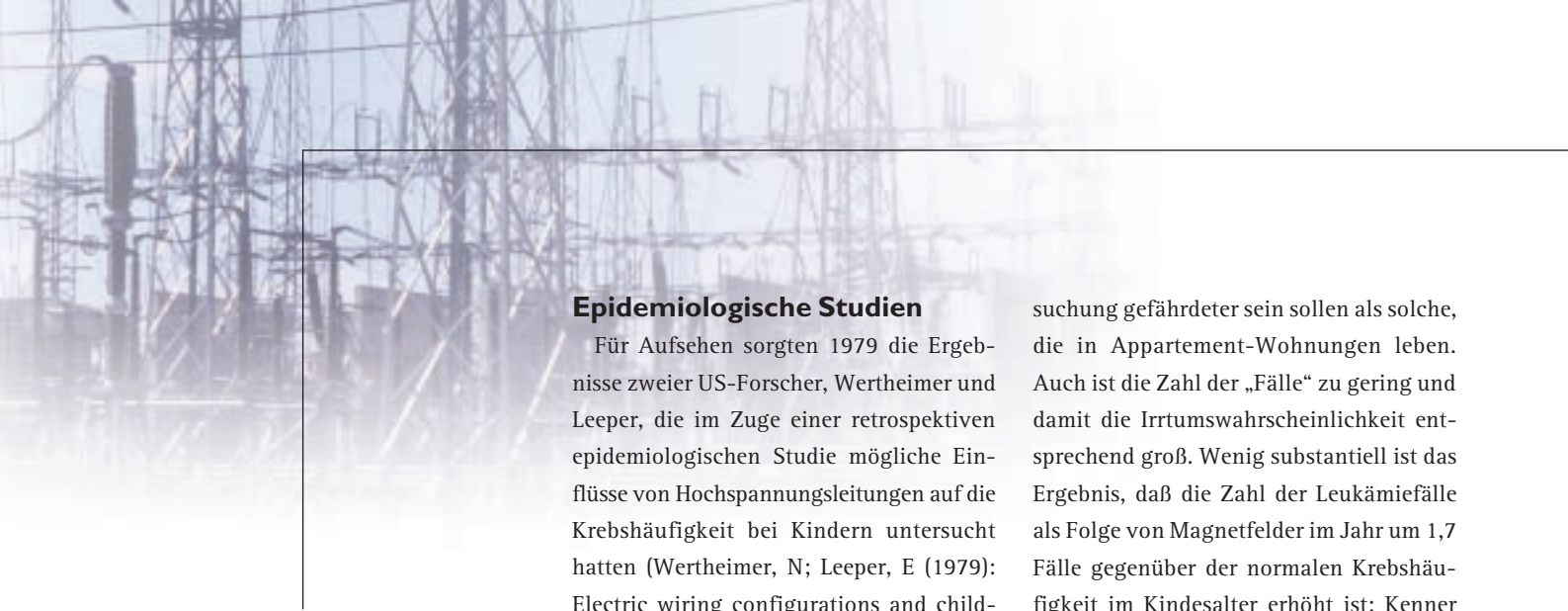
**S. 9****ELEKTROMAGNETISCHE VERTRÄGLICHKEIT**

Einfluß gepulster elektromagnetischer Wellen auf die Hirnstromaktivität des Menschen

**S. 10****RECHTSPRECHUNG**

Einheitliche Rechtsprechung

**S. 12****NACHRICHTEN****S. 16****IMPRESSUM****S. 16**



## Epidemiologische Studien

Für Aufsehen sorgten 1979 die Ergebnisse zweier US-Forscher, Wertheimer und Leeper, die im Zuge einer retrospektiven epidemiologischen Studie mögliche Einflüsse von Hochspannungsleitungen auf die Krebshäufigkeit bei Kindern untersucht hatten (Wertheimer, N; Leeper, E (1979): Electric wiring configurations and childhood cancer: Am. J. Epidemiol. 109 No. 3: 273-284). Die Grundlage der Erhebung bildeten 344 krebsbedingte Sterbefälle in der Zeit von 1950 bis 1973 im Raum Denver, Colorado.

Demnach bestand dort für Heranwachsende ein um den Faktor 2 bis 3 erhöhtes Risiko, an Leukämie oder Tumoren des Zentralen Nervensystems zu erkranken. Gleichwohl fallen bei näherer Betrachtung einige Unzulänglichkeiten auf, die die Geltung dieser Folgerung in Frage stellen. Ein generelles Problem dieser „älteren Arbeiten“ ist die angenäherte Abschätzung der Exposition durch den „Wire Code“. Auch hatten die Forscher andere Einflußgrößen (Co-Faktoren) nur unzureichend berücksichtigt, wie z.B. die Rauchgewohnheiten der Eltern, andere Strahlenbelastungen etwa durch Röntgenaufnahmen, die ihrerseits eine Erkrankung begünstigen können, soziale Bedingungen, die Verkehrssituation im Umfeld und die Stromleitungsführungen in den Wohnungen bzw. Häusern selbst.

Demselben Gegenstand widmete sich eine Fall-Kontroll-Studie, die von Feychting und Ahlbom 1992 vorgelegt wurde (Feychting, M; Ahlbom, A. (1992): Magnetic fields and cancer in people residing near Swedish high voltage power lines: IMM report 6/1992, Stockholm). Auch hier kamen die Autoren zu dem Schluß, daß das Krebsrisiko durch stromführende Leitungen insbesondere im Kindesalter ansteige. Und auch hier finden sich eine Reihe von Einwänden, die die These der Forscher fragwürdig erscheinen lassen.

So ist zum Beispiel nicht evident, warum Kinder in Einfamilienhäusern laut Unter-

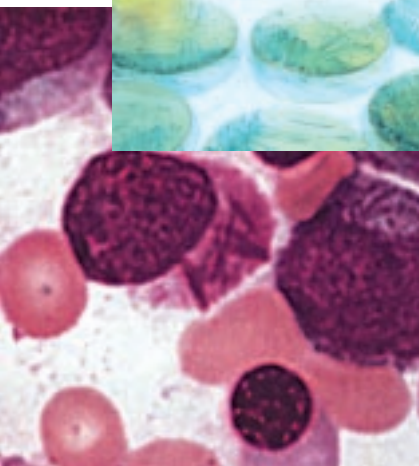
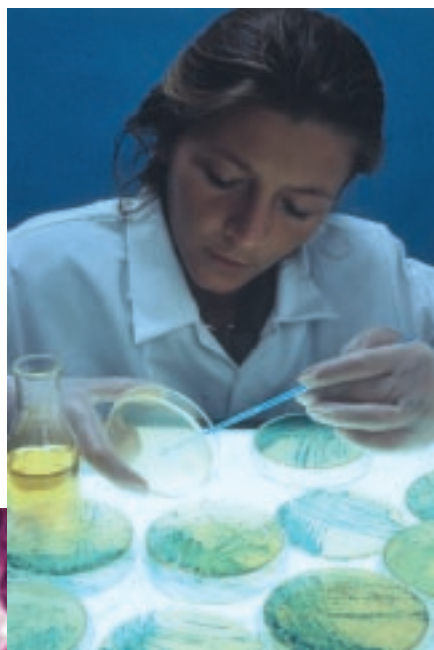
suchung gefährdeter sein sollen als solche, die in Appartement-Wohnungen leben. Auch ist die Zahl der „Fälle“ zu gering und damit die Irrtumswahrscheinlichkeit entsprechend groß. Wenig substantiell ist das Ergebnis, daß die Zahl der Leukämiefälle als Folge von Magnetfelder im Jahr um 1,7 Fälle gegenüber der normalen Krebshäufigkeit im Kindesalter erhöht ist: Kenner von Krebsstatistiken wissen, daß bei der Anzahl der registrierten Krebsfälle jährliche Schwankungen auftreten, die um ein Vielfaches höher sind als dieser Wert.

Andere Arbeiten konnten diese Resultate nicht bestätigen. Insgesamt betrachtet, weisen selbst großangelegte epidemiologische Untersuchungen nur auf vage und am Rand der Signifikanz liegende Zusammenhänge zwischen EM-Feldern und Krebserkrankungen hin. Dabei sind neben den genannten Schwächen der Studie noch andere Kritikpunkte wie die Fokussierung auf Leukämie zu nennen. Offenbar gilt der Blutkrebs mit seiner geringen Latenzzeit und dem schnellen Wachstum als besonders aussichtsreicher „Kandidat“ bei dem Versuch, schädigende Umwelteinflüsse zu belegen. Unberücksichtigt bleibt auch, daß „Leukämie“ ein Sammelbegriff verschiedener Krankheitsbilder ist, die in Entstehung und Verlauf sehr unterschiedlich sind. Eine Trennung nach einzelnen Leukämieformen wurde nicht oder nur unzureichend vorgenommen. Als bedeutendste Einschränkung ist aber das fehlende Wissen über die, in der Vergangenheit tatsächlich erfolgte Exposition zu nennen, die nur grob abgeschätzt werden konnte und erhebliche Fehler aufweist.

## Melatonin

Vielfältig untersucht ist der Effekt von niederfrequenten Feldern auf den menschlichen Biorhythmus. Eine Schlüsselrolle wird dabei der Zirbeldrüse in unserem Gehirn zugeordnet. Sie produziert das Hormon Melatonin, dem viele Funktionen, u.a. auch Steuerfunktionen des Tages- und Nachtrhythmus nachgesagt werden.

*Experimentelle Untersuchungen in Zellkulturen sollen weiteren Aufschluß geben über mögliche gesundheitliche Auswirkungen elektromagnetischer Felder.*



*Das schnelle Wachstum von Leukämiezellen wird zuweilen in einen vagen Wirkungszusammenhang mit schädlichen Umwelteinflüssen gesetzt.*



*Mögliche gesundheitliche Auswirkungen auch von Hochspannungsleitungen waren Gegenstand einer Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen.*

Manche Wissenschaftler fürchten, eine magnetfeldabhängige Absenkung des Melatonin-Spiegels, insbesondere nachts, könne zu Schlafstörungen sowie Immunschwäche führen und die dem Hormon auch zugeschriebene Schutzfunktion gegen Krebs (Radikalfänger) zunichte machen.

Wilson et al. hatten 1981 eine deutlich vermindernde Wirkung elektrischer Felder auf die Melatonin-Produktion bei männlichen Ratten beobachtet (Wilson, B.W.; Anderson, L.E.; Hilton, D.I. and Phillips, R.D. (1981): Chronic exposure to 60 Hz electric fields: Effects on pineal function in the rat. *Bioelectromagnetics* 2: 371-380). Gewertet wurden die Ergebnisse als schwache chronische Stimulation des Nervensystems durch elektromagnetische Felder, die die neuronale Aktivität beeinflussen. Die Untersuchungsergebnisse sind letztlich jedoch nur bedingt aussagekräftig. Ein Grund dafür ist die hohe individuelle Variabilität der Melatonin-Konzentration, die Ergebnisse als zufällig erscheinen lassen können, zumal auch Verstöße bei der Anwendung biometrischer Testverfahren erkannt wurden, die die angegebenen signifikanten Unterschiede fraglich erscheinen lassen.

Darüber hinaus kommen verschiedene Untersuchungen aus der Humanmedizin zu

gegensätzlichen Erkenntnissen. So gibt es bislang zum Beispiel keinerlei Anhaltspunkte, daß Menschen empfänglicher für Krebserkrankungen sind, wenn sie entgegen ihrem Biorhythmus leben.

Grundsätzlich sollte angemerkt werden, daß die Extrapolation von Befunden aus Tierexperimenten auf den menschlichen Organismus einer genauen Interpretation bedarf und nur mit erheblichen Vorbehalten zulässig ist.

### **EMF und Krebs**

Die Frage nach einer möglichen Krebsentstehung und -förderung durch elektromagnetische Felder ist in der Wissenschaft höchst umstritten. Neben den epidemiologischen Studien widmen sich diesem Thema auch regelmäßig experimentelle Untersuchungen, die sowohl *in vitro* in Zellkulturen und *in vivo* im Tierexperiment, vorzugsweise an Ratten oder anderen Nagetieren, vorgenommen werden.

Hohe Wellen schlug eine Veröffentlichung australischer Wissenschaftler aus dem Jahr 1997 (Repacholi, M.H.; Basten, A.; Gebiski, V.; Noonan, D.; Finnie, J. and Harris, A.W. (1997): Lymphomas in Ep-Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Rad. Res.* 147: 631-640). Michael Repacholi und Kollegen

hatten eine erhöhte Lymphom-Inzidenz bei Mäusen registriert, die über längere Zeit Mobilfunk-ähnlichen Hochfrequenzfeldern ausgesetzt waren. Dabei ist allerdings die – ganz wesentliche – Einschränkung zu machen, daß die Tiere genetisch manipuliert („transgen“) waren und somit ohnehin eine erhöhte Prädisposition für die Ausbildung spontaner Lymphome besaßen. Mehrere Forschungseinrichtungen bemühen sich derzeit, die Versuche nachzuvollziehen und die Ergebnisse zu reproduzieren. Es scheint ratsam, deren Ausgang abzuwarten.

Bemerkenswert ist, daß kurze Zeit später von der gleichen Arbeitsgruppe eine ähnliche Studie, aber mit 60 Hz magnetischer Feldexposition durchgeführt wurde, die keine Unterschiede zwischen exponierten Tieren und den Kontrollen zeigte. Ein erstaunliches Ergebnis, zumal bei 60 Hz Magnetfeldern, wenn überhaupt, dann eher Effekte zu erwarten wären.

Anzeichen für einen Kausalzusammenhang zwischen schwachen elektromagnetischen Feldern und Brustkrebspromotion bei Ratten konstatierten 1993 Löscher et al. (Löscher, W.; Mevissen, M.; Lehmacher, W. and Stamm, A. (1993): Tumor promotion in a breast cancer model by exposure to a weak alternating magnetic field. *Cancer Letters*, 71: 75-81). Die Forscher hatten 198 Ratten ein brustkrebsförderndes Karzinogen verabreicht und die Tiere dann in eine Expositions- bzw. Kontrollgruppe aufgeteilt. Nach mehreren Wochen Bestrahlung mit niedrigen magnetischen Feldstärken zeigten sich bei Zahl und Größe der herausgebildeten Tumoren signifikante Unterschiede.

Die Existenz einer linearen Wirkungsbeziehung scheint hier vordergründig zwingend, stünden nicht andere Untersuchungsergebnisse dem entgegen. Als Unsicherheitsfaktor muß jedenfalls die Beurteilung des Tumorwachstums betrachtet werden, das lediglich durch Abtasten ermittelt wurde. Dies erscheint um so bedeutsamer, als es sich offenbar nicht um

eine Halbblind-Studie handelte. Der Erwartungshaltung des Experimentators ist deshalb ein bedeutender, wenn nicht entscheidender Einfluß auf die Untersuchungsergebnisse beizumessen.

Aus aktuellem Anlaß hinzugefügt werden sollte noch, daß die Ergebnisse der Arbeitsgruppe „Löcher“ vermehrter Kritik auf dem Gebiet tätiger, anderer Arbeitsgruppen ausgesetzt sind. Studien, in denen die Versuche wiederholt wurden, konnten eben nicht die Ergebnisse nachvollziehen.

## EEG-Veränderungen

Für ähnlich überwältigende Resonanz wie die Feychting/Ahlbohm-Studie sorgte 1993 ein Beitrag des Lübecker Mediziners Lebrecht von Klitzing (von Klitzing, L. (1993): In: Tagungsband: Internationales Elektromog-Hearing, Niedersächsisches Umweltministerium). Durch die Langzeit-Befeldung mit modulierten Mobilfunksignalen, erklärte von Klitzing, habe sich das Hirnstrombild bei mehreren Versuchsteilnehmern signifikant verändert. Offenbar führten gepulste Magnetfelder zu einer Störung der „intrazellulären Kommunikationspfade“, vermutet der Forscher.

In Wissenschaftskreisen trafen die in der Öffentlichkeit weithin beachteten Ergebnisse auf ein äußerst geteiltes Echo. Von Klitzing wurde vorgehalten, daß die mit elektromagnetischen Spulen generierten Signale nicht dem GSM-Standard entsprechen und eine klare Versuchsbeschreibung fehle. Entsprechend kompliziert bzw. unmöglich war es für Fachkollegen, die vorgelegten Befunde zu reproduzieren.

*Versuchsaufbau sowie Methodik sind mitentscheidend, was die Aussagekraft von Forschungsergebnissen angeht.*



So konnten zum Beispiel Röschke und Mann (1997) die beschriebenen Effekte nicht verifizieren. (No short-term effects of digital mobile radio telephone on the awake human electroencephalogram. Bioelectromagnetics 18: 172-176). In einem Placebo-kontrollierten Experiment hatten die Wissenschaftler keinen Einfluß von GSM-Mobiltelefonen auf das Elektroenzephalogramm im Wachzustand belegen können. Dabei ist allerdings zu beachten, daß die Probanden den Funkwellen anders als im Falle der Klitzing-Studie nur kurzzeitig (3 ½ min) exponiert waren.

Man darf im übrigen nicht außer acht lassen, daß das EEG selbst für schwache äußere Reize sehr empfänglich ist und deshalb nur begrenzt als Indikator für ein eventuelles elektromagnetisches Störpotential erhalten kann. Sollten die von Klitzing berichteten Meßergebnisse tatsächlich bestätigt werden, handelt es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um Bioeffekte ohne gesundheitliche Relevanz.

Wiederum aus aktuellem Anlaß hinzugefügt werden sollte, daß zwei weitere neuere Studien, beide 1998 erschienen, sich mit EEG-Veränderungen durch schwache GSM- und DCS-Signale befaßten und ebenfalls nicht die von von Klitzing postulierten EEG-Veränderungen nachvollziehen konnten.

## Stichhaltige Indizien sind Mangelware

Bei näherer Betrachtung können fast alle Untersuchungen, die ein Gesundheitsrisiko durch EM-Felder nahelegen, letztlich nicht überzeugen. Nicht selten gibt es eklatante Schwächen methodischer, biometrischer oder dosimetrischer Art, die die Gültigkeit der Untersuchungsergebnisse zweifelhaft erscheinen lassen. Zugegebenermaßen ist die Wiederholung von Versuchen, um positive Effekte nachzuvollziehen, nicht immer einfach. Aber sie sind unbedingt notwendig und zeigen immer wieder, daß gerade spektakuläre Befunde eben nicht nachzuvollziehen und deshalb in Frage stellen sind. Leider werden solche Befunde von der Bevölkerung oft überbewertet, fehlt doch eine klare Aussage zu einer tatsäch-

lichen gesundheitlichen Relevanz, oder die Ergebnisse sind nur gültig für das verwendete Modell und deren sehr eng gefaßten Bedingungen. Man muß zwingend unterscheiden zwischen biologischen Effekten ohne gesundheitliche Folgen und solchen, die die Entstehung ernsthafter Erkrankungen begünstigen oder gar verursachen. Umweltreize wie Licht, Schall, Wärme usw. bewirken biologische Effekte und Reaktionen in uns, die unterhalb einer Schwelle harmlos, oberhalb aber beeinträchtigend und sogar lebensgefährlich sind. So ist es auch mit niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern und hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung. Die Existenz gesundheitsschädlicher athermischer Wirkungen solcher Felder, unterhalb oder sogar weit unterhalb solcher Schwellen, also unter Beachtung der einschlägigen Empfehlungen und Verordnungen (Grenzwerte), sind bis heute nicht bewiesen und aufgrund der bisherigen Forschungsergebnisse unwahrscheinlich. Offenkundig macht die „anklagende Seite“ es sich mitunter recht leicht, unverbürgte Risiken durch EM-Felder in fragwürdiger Manier als gegeben hinzustellen. Um so schwerer fällt es um Sachlichkeit bemühten Forschern, dem mittlerweile tief verwurzelten Argwohn in der Bevölkerung mit streng wissenschaftlichen Argumenten zu begegnen.

Verkompliziert wird diese Aufgabe noch dadurch, daß die Wissenschaft nur einen Beweis für die Schädlichkeit einer Sache erbringen kann. Ein „Null-Beweis“ – die Garantie also, daß ein Agens unter keinen Umständen nachteilige Wirkungen zeitigt – ist dagegen ein unerreichbares Ideal.

Bei der präsentierten Übersicht handelt es sich um einen Auszug aus einer umfangreichen Bewertung insgesamt 20 ausgesuchter, oft zitierter wissenschaftlicher Veröffentlichungen zu dem Thema „Haben elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder eine gesundheitliche Relevanz?“ vom März 1998.

Der ungekürzte Text kann über das Internet-Angebot der Forschungsgemeinschaft Funk e.V. unter <http://www.fgf.de/themenforum> eingesehen oder heruntergeladen werden.

*Autor: Priv.-Doz. Dr.-Ing. Dr. med. habil. Otto Petrowicz, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Experimentelle Onkologie und Therapieforchung der Technischen Universität München.*