

Biologische Grundlagen:

Der Einfluß elektromagnetischer Felder auf Organismen

Schwache elektromagnetische Felder sind in den letzten Jahren in Verdacht geraten, biologische Organismen schädigen zu können. Dabei muß zwischen mindestens drei Frequenzbereichen unterschieden werden: Gleichfelder, wie etwa dem natürlichen magnetischen Feld der Erde, Niederfrequenzfelder, wie sie bei Hochspannungsleitungen auftreten, und Hochfrequenzfelder, die bei der Nutzung von Funkanwendungen auftreten. Während starke Felder in ihrer Wirkung gut untersucht sind, ist die Wirkung von schwachen Feldern noch Gegenstand wissenschaftlicher Forschung.

Die Wirkung elektromagnetischer Felder kann mit Hilfe epidemiologischer Studien untersucht werden. Diese Studien basieren im wesentlichen auf dem Einsatz statistischer Methoden und der Untersuchung der gesamten Bevölkerung. Solche Untersuchungen wurden und werden insbesondere

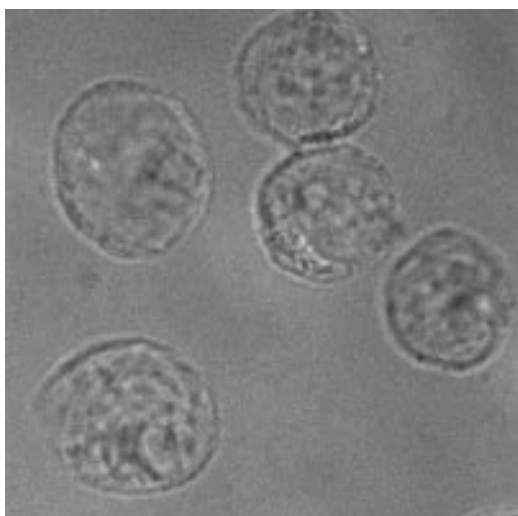
im Bereich der niedrigfrequenten 50/60-Hz-Magnetfelder durchgeführt. Bisher wurde vor allem untersucht, ob sich durch Magnetfelder die Wahrscheinlichkeit erhöht, daß Kinder an Leukämie erkranken. Epidemiologische Studien wurden meist in den USA und Schweden durchgeführt; in

Deutschland ist derzeit eine Studie in Arbeit. Bislang konnte keine signifikant erhöhte Wahrscheinlichkeit, an Leukämie zu erkranken, auf die Anwesenheit eines Feldes zurückgeführt werden. In einigen Studien wurde jedoch eine minimale Erhöhung des Risikos festgestellt. Alle diese Studien haben den Nachteil, daß sich elektromagnetische Felder, denen eine Person im Laufe ihres Lebens ausgesetzt ist, im nachhinein nur sehr schlecht abschätzen läßt. Letztendlich bedeutet das, daß die minimale Risikoerhöhung auch auf andere Faktoren zurückzuführen sein könnte.

Einen völlig anderen Weg gehen Untersuchungen, die unter kontrollierten experimentellen Bedingungen eine Wirkung elektromagnetischer Felder nachweisen wollen. Dies wurde auf unterschiedlichen Ebenen versucht: erstens auf der Ebene vollständiger Organismen durch Tierversuche, zweitens auf der Ebene von Zel-

Gesamtzahl aller Kinder von 0-15 Jahren	9.321.300
Prozentzahl der Wohnungen mit Feldern über 0,3 µT der Kontrollen	1,44 %
Risikobevölkerung für Deutschland	134.000
Mittleres Risiko, einen Krebs zu bekommen, für Kinder von 0-15 Jahren (1991)	3,82 / 100.000
Exzess-Fälle von Krebs unter der Annahme eines Exzess-Risikos von 2,2 (1,2 · 3,82)	4,58 / 100.000
Exzess-Fälle von Krebs in der ganzen Risikopopulation pro Jahr	6,14
Globales Exzess-Risiko für die gesamte kindliche Bevölkerung (61,4 / 93,2)	0,066 / 100.000
Globales Exzess-Risiko in % des globalen Risikos für die Erkrankung an Krebs (0,066 / 3,82) = 0,017	1,7 %
Globales Exzess-Risiko der Magnetfelder für Kinder (0-15 Jahre)	$6,6 \cdot 10^{-7}$
Risiko, an Influenza zu sterben	$2 \cdot 10^{-4}$
Risiko, an einem Motorradunfall zu sterben	$2 \cdot 10^{-2}$

Risikoabschätzung für Kinder von 0-15 Jahren, ein Malignom in Magnetfeldern zu erwerben.



Menschliche Lymphozyten: Die Zellen haben einen Durchmesser von ca. 5 µm. Ihr Volumen wird zum größten Teil vom Zellkern eingenommen.

len durch zellbiologische Experimente und drittens auf der Ebene von Molekülen durch biochemische Experimente. Die meisten Experimentatoren, die diesen Weg beschreiten, wurden durch die epidemiologischen Untersuchungen inspiriert. Das macht verständlich, warum häufig der Einfluß von elektromagnetischen Feldern auf solche Mechanismen untersucht wird, die ein vermehrtes Auftreten von Krebs erklären könnten.

Die geordnete Übersetzung und Übertragung der Information, die in der Erbsubstanz (Desoxyribonukleinsäuren, DNS) gespeichert ist, auf Proteine steuert zelluläres Leben und damit auch die Vermehrung der Zellen. Veränderungen der Erbsubstanz, die z.B. durch ionisierende oder durch ultraviolette Strahlung hervorgerufen werden, können nach weitestgehender Übereinstimmung der Untersuchungen durch schwache elektromagnetische Felder nicht ausgelöst werden.

Niederfrequente elektromagnetische Felder können jedoch theo-

retisch die Informationsübersetzung von der DNS auf die Proteine beeinflussen. Eine Anzahl von Untersuchungen zeigt, daß die Enzymsysteme, die für diese Übersetzung verantwortlich sind, möglicherweise beeinflußt werden könnten. Allerdings sind diese Untersuchungen kürzlich in einem Beitrag in der hochangesehenen Wissenschaftszeitschrift „Nature“ in Frage gestellt worden.

Nicht nur durch die direkte Beeinflussung des genetischen Ap-

parates in den Zellen könnte das Wachstum von Tumoren begünstigt werden, auch andere Mechanismen, die Tumorstadium fördern könnten, wurden bislang untersucht. Ein Großteil dieser Versuche wurde mit Lymphozyten, also weißen Blutzellen, durchgeführt. Unter der Einwirkung elektromagnetischer Felder wurden ihr Wachstumsverhalten, ihre Stimulierbarkeit und ihre Steuerungsmechanismen überprüft. Auch hier hat sich noch kein klarer Befund herausgebildet. Einige Forschergruppen haben berichtet, daß der Mechanismus, der für die Auslösung der Immunreaktion der Lymphozyten verantwortlich ist, durch elektromagnetische Felder beeinflußt werden kann. Andere Wissenschaftler kamen zu gegenteiligen Ergebnissen. Die Frage, ob sich Zellen des Immunsystems direkt durch elektromagnetische Felder beeinflussen lassen, ist also noch nicht abschließend geklärt.

An einzelnen Zellen wurde auch eine andere, vieldiskutierte Wirkung hochfrequenter elektroma-

Ebene	Untersuchungsart	Fragestellung
Bevölkerung	Epidemiologische Studien	Wie häufig tritt eine Krankheit gemeinsam mit einem schädigenden Faktor auf?
Individuum	Tierversuche	Läßt sich durch die kontrollierte Anwendung eines bestimmten Faktors der untersuchte Krankheitsverlauf beeinflussen?
Zellen und Gewebe	Zellbiologische Untersuchungen	Läßt sich durch die kontrollierte Anwendung eines bestimmten Faktors das Verhalten von Zellen beeinflussen? Lokalisierung von Wirkorten.
Moleküle	Biochemische und molekularbiologische Untersuchungen	Läßt sich durch die kontrollierte Anwendung eines bestimmten Faktors die untersuchte biochemische Reaktion oder molekulare Struktur beeinflussen? Suche nach Wirkungsmechanismen.

Ebenen der Untersuchungen zur Wirkung hochfrequenter Felder

Autoren	Jahr	Personen	Krankheit	Risiko (OR)	Messung	Region
Wertheimer, Leeper Fulton u.a.	1979 1980	Jugendliche Kinder	Krebs, Leukämie Leukämie	2,0-3,0* 1,0	WL-Kode 1. Version geschätzt	Denver, CO Rhode Island
Wertheimer, Leeper Myers u.a.	1982 1985	Erwachsene Kinder	Krebs, Leukämie Krebs, Leukämie	1,39* 1,3	Wertheimer-Leeper-Kode Messung mehrerer Räume	Denver, CO Yorkshire, UK
Wertheimer, Leeper Tomenius	1986 1986	Erwachsene Jugendliche	Mißgeburt, Abort Krebs	erhöht 2,0-2,3*	Heizdecken Messung vor der Tür	Denver, CO Stockholm, S
McDowall u.a. Coleman, Bell	1986 1987	Erwachsene Erw. + Kinder	alle Todesarten Leukämie	1,0 1,53*	Freiltg. + Trafost. Wertheimer-Leeper-Kode	Ostenglnad Denver, CO
				1,04 1,35	Messung Hausgeräte an Messung Hausgeräte aus	
Stevens u.a.	1988	Erwachsene	alle Krebse	1,0 1,0	Wertheimer-Leeper-Kode Messung in 3 Räumen	Washington State
Severson u.a.	1988	Erwachsene	Leukämie	1,0-1,5	s. Stevens u.a.	Washington State
Preston-Martin u.a.	1988	Erwachsene	Leukämie	1,0	Heizdecken	Los Angeles, CA
Wertheimer, Leeper London u.a.	1989 1991	Schwangere Kinder	Spontanabort Leukämie	1,0-1,24 2,15*	Elektr. Deckenheizung Wertheimer-Leeper-Kode	Denver, CO LA County, CA
				1,0 0,68-1,48	Kaune-Kode 24h Msg. im Schlafz.	

* signifikante Erhöhung des Odds Ratio (OR)

Zusammenstellung epidemiologischer Studien zur Gefährdung der Bevölkerung durch ELF-MF in Wohnungen

gnetischer Felder untersucht. Gemessen wurde die Kalzium-Freisetzung aus Gehirngewebe von Vögeln und Säugetieren unter der Einwirkung amplitudenmodulierter hochfrequenter Felder. Bei bestimmten, ganz eng eingegrenzten Kombinationen von Träger- und Modulationsfrequenz (Fenster) wurde bei sehr niedrigen Energien eine Erhöhung der Freisetzung von Kalzium aus Gewebe gemessen. Diese Untersuchungen wurden im wesentlichen von zwei amerikanischen Arbeitsgruppen durchgeführt. Die Wiederholung der Versuche steht noch aus. Die biologische Bedeutung eines solchen Effektes, sollte er sich durch weitere Experimentatoren bestätigen, ist noch offen.

Der interessanteste Wirkungsmechanismus elektromagnetischer Wellen auf Organismen ist die Verringerung der Freisetzung des Hormons Melatonin. Dieses Hormon wird in der Zirbeldrüse des Gehirns gebildet. Melatonin ist in

der Vielfalt seiner Wirkungen noch nicht vollständig erforscht. Es beeinflusst den Tag- und Nachtrhythmus des Menschen, es wirkt hemmend auf östrogenabhängige Tumore und erfüllt eventuell eine Schutzfunktion gegenüber chemisch besonders aggressiven Stoffwechselprodukten, den sogenannten freien Radikalen. Die Veränderung der Melatoninfreisetzung durch die Einwirkung elektromagnetischer Felder hat sich bei niederfrequenten und auch bei hochfrequenten Feldern in Tierversuchen gezeigt. Auch über diese Einflüsse besteht in der wissenschaftlichen Welt noch keine Einigkeit. Es handelt sich jedoch um eines der Untersuchungsgebiete, auf welchen am ehesten abschließende Ergebnisse zu erwarten sind. In Versuchen an Ratten, bei denen östrogenabhängige Tumore (Mamakarzinom) ausgelöst wurden, konnte ein verstärktes Wachstum dieser Tumore unter niederfrequenten Feldern nachgewiesen werden. Um hier eine höhere Sicherheit zu er-

langen, sollen diese Versuche in Kürze von verschiedenen Forschergruppen wiederholt werden.

Fazit

Der heutige Stand der Untersuchungen erlaubt keinen eindeutigen Hinweis auf Wirkungen von schwachen elektromagnetischen Feldern auf Organismen. Zur Zeit werden aber Untersuchungen vorgenommen, die eine größere Klarheit bringen sollen. Ob tatsächlich durch elektromagnetische Wellen in irgendeiner Form ein Gefährdungspotential vorliegt, läßt sich erst sagen, wenn die Wirkungen wissenschaftlich eindeutig beschrieben werden können.

Dr. Rainer Meyer,
Physiologisches Institut der
Rheinischen-Friedrich-Wilhelms-
Universität Bonn