

drahtlose Geräteverbindungen. Auslösend können Kombinationswirkungen von Chemikalien, Allergenen oder Schimmel zusammen mit elektromagnetischen Feldern sein, wie bei den Monitoren mit den Flammenschutzmitteln bzw. WLAN und Schimmel im Klassenraum.

Die Krankheit Elektrosensibilität zu fassen, ist schwierig. Die Probleme mit Provokationsstudien scheinen dieselben zu sein wie mit der Erarbeitung von Diagnose-Kriterien, weil Symptome, Empfindlichkeit, Frequenzen stark variieren können. Elektrosensible Personen berichten, dass sie bis herunter zu wenigen $\mu\text{W}/\text{m}^2$ empfindlich reagieren. Die Symptome können am besten gelindert werden, indem man die Feldstärken in Wohngebieten reduziert. Es gibt Nicht-Regierungs-Organisationen, die daran arbeiten, von Regierungen gibt es keine Unterstützung. Lebens- und Arbeitsbedingungen lassen sich verbessern durch verkabelte und abgeschirmte Geräte.

Nieder- und hochfrequente elektromagnetische Felder sind von der International Agency for Research on Cancer (IARC) der WHO als potenziell Krebs erregend eingestuft worden, aber diese Feststellung hat bisher kaum Einfluss auf die Regulierung der Feldbelastung der Bevölkerung gehabt. Die IARC-Bewertungen sind fast unbekannt, weil zumindest in Schweden die Regierung nichts tut, um die Bevölkerung zu informieren. In Schulen mit ansteigenden Hochfrequenzbelastungen ist das aus gesundheitlicher Sicht kaum zu verstehen, zumal Kabelverbindungen gleichen oder besseren Internetzugriff ermöglichen. Eltern und Schulleitung sind verantwortlich für den Schutz der Kinder, die in einem Alter sind, wo sie empfindlicher auf Toxine reagieren und per Gesetz verpflichtet sind, eine Schule zu besuchen.

Österreich ist das einzige Land, in dem von der Ärztekammer Richtlinien zu Diagnose und Behandlung von Gesundheitsproblemen durch elektromagnetische Felder erarbeitet wurden. Im Rest der Welt wird Elektrosensibilität nicht als besondere Krankheit betrachtet, es gibt keine diagnostischen Kriterien und keine darauf ausgerichtete Behandlung. Im Europäischen Parlament und seinen Gremien wurde das Thema mehrmals erörtert, aber immer verworfen. Es müssen objektive Kriterien für Elektrosensibilität aufgestellt und anerkannt werden über eine internationale Klassifikation. Darüber hinaus sollten Messungen in Schulen an normalen Schultagen erfolgen und die Bewertung nach dem Stand des Wissens über die biologischen Wirkungen erfolgen. Zu Vorsorgezwecken sollte die Feldreduktion über Kabelverbindungen erfolgen, und man sollte Kontrollen durchführen ähnlich denen bei giftigen Stoffen wie Asbest oder Radon. Es ist Zeit, Elektrosensibilität als Umweltverschmutzung zu betrachten, die kontrolliert werden muss, da Langzeitauswirkungen auf die Gesundheit unbekannt sind. Eltern, Lehrer und die Schulleitung haben die Verantwortung, Kinder vor unnötiger Strahlung zu schützen.

Quelle:

Hedendahl L, Carlberg L, Hardell L (2015): Electromagnetic hypersensitivity – an increasing challenge to the medical profession. *Reviews on Environmental Health* 30 (4), 209–15

Hochfrequenzwirkung auf die Natur

Künstliche HF-Strahlung gefährdet Tiere und Pflanzen

Die Anzahl der wissenschaftlichen Arbeiten zu Auswirkungen künstlicher Mikrowellen auf Tiere und Pflanzen ist gering trotz deren starker Verbreitung in den letzten

20 Jahren. Für die experimentelle Biologie, Ökologie und den Naturerhalt wäre mehr Forschung wichtig, denn es gibt Anzeichen dafür, dass in städtischer Umgebung und an Basisstationen die Rezeptororgane von Zugvögeln und Insekten das Erdmagnetfeld nicht mehr wahrnehmen können, was sich auf die Orientierung negativ auswirken kann. Mehr Forschung dazu ist nötig, sagen die Autoren, die die Literatur dazu zusammengetragen haben.

In diesem systematischen Überblick wurden wissenschaftliche Studien zur potenziellen ökologischen Wirkung der Mikrowellen im Bereich von 10 MHz bis 3,6 GHz zusammengetragen. Bei der Analyse der 50 angegebenen Forschungsarbeiten ergab sich: Etwa zwei Drittel der Studien zeigten Wirkungen bei hohen und auch niedrigen Dosierungen. Die niedrigen Dosierungen entsprechen den realen Bedingungen.

Was bisher bekannt ist: Verschiedene Tiergruppen reagieren empfindlich auf Niederfrequenzfelder. Viele Arten sind mit Rezeptororganen für natürliche elektrische Felder ausgestattet, die wichtige Orientierungspunkte geben. Tiere können die Richtung des Erdmagnetfeldes als Kompass und die Stärke des Magnetfeldes als Teil der Navigationslandkarte nutzen. Die Tiere sind ausgestattet mit kleinen Magnetitkristallen und speziellen Photo-Pigmenten, in denen lichtabhängige Reaktionen ablaufen. Zur Orientierung nutzen sie eines oder beide Systeme, je nach Tiergruppe. Hummeln können elektrische Felder von Blumen spüren und Bienen nehmen schwache elektrische Felder in der Natur wahr, was zusammen mit Sehen und Riechen die zur Orientierung ermöglicht. Auch bei Insekten wird der Magnetsinn gestört, wie an amerikanischen Küchenschaben festgestellt wurde. Ein künstliches statisches Feld beeinflusst den Tag-Nacht-Rhythmus, die Magnetempfindlichkeit und die Orientierung von Insekten über Cryptochrome, andauernde Schwächung des Erdmagnetfeldes beeinflusst das Immunsystem von Ratten. Die vorhandenen Hochfrequenzfelder in Städten und an Basisstationen könnten die Rezeptororgane für das Erdmagnetfeld und damit die Orientierung verändern. Mikrowellen im MHz-Bereich stören bei Vögeln die Orientierung durch direkten Einfluss auf die Magnetrezeption; sie schalten den Kompass aus, solange sie einwirken. Die Orientierung der Vögel ist gestört, wenn sehr schwache Hochfrequenzfelder zum Erdmagnetfeld hinzukommen. Es konnte überzeugend dargestellt werden, dass Rotkehlchen unfähig sind, in Gegenwart von städtischen Feldern im Bereich von 2 kHz bis 5 MHz ihren Magnet-Kompass zu benutzen. Fazit: Elektrosmog bringt den Magnetsinn der Vögel durcheinander.

In einem künstlich erzeugten elektromagnetischem Feld von ungefähr 1 V/m (und niedriger) mit einer realistischen Intensität ähnlich denen, die in der Nähe von Funkmasten auftreten, könnte nach Beobachtungen 900-MHz-Strahlung starke Auswirkungen auf die Nervenzellen von Ameisen haben, besonders auf das Sicht- und Geruchsgedächtnis. Dadurch verlieren die Tiere ihre Fähigkeit, sichtbare Markierungen zu nutzen, und Orientierung und Navigation gehen verloren. Die Tiere finden ihren Weg nicht mehr, für den sie Magnetfelder brauchen. Honigbienen reagieren empfindlich auf gepulste elektromagnetische Felder von Mobiltelefonen, man kann verändertes Verhalten beobachten. Das alles kann eine Erklärung für den Schwund an Bienenvölkern sein. Auch bei Monarch-Schmetterlingen könnten die Populationen durch Mikrowellen zusammen mit anderen Faktoren zurückgehen.

Ein bekannter Wirkungsmechanismus ist, dass elektromagnetische Felder die spannungsabhängigen Ionenkanäle aktivieren. Weiter wurden Veränderungen in der Größe der Magnetkristalle unter Einwirkung eines Magnetfelds in Zellen der Honigbiene (*Apis mellifera*) beobachtet, und diese Größen-

fluktuation löste den Anstieg von Calcium in den Zellen aus. Deshalb könnte man vermuten, dass einige der störenden Wirkungen der Mikrowellen auf die Orientierung der Tiere die Calcium-Kanäle betrifft. Bei Fledermäusen fand man in Habitaten mit Strahlung von 1 bis 4 GHz eine abschreckende Wirkung im Vergleich mit Gebieten, wo keine Strahlung dieser Art vorhanden war. Rinder, die sich in der Nähe von 900-MHz-Basisstationen aufhalten, erfahren Veränderungen des Redox-Potenzials und von Enzymaktivitäten. Einige Tiere reagieren empfindlich auf die Strahlung, andere nicht. Gut bekannt sind auch Schädigung des Immunsystems, der Zirbeldrüse und des Tag-Nacht-Rhythmus, es gibt oxidativen Stress und kontrovers diskutierte teratogene Wirkung. Elektrischer Strom mit Niederspannung kann schädlich für den Bruterfolg von Vögeln sein, die direkt an elektrischen Leitungen oder an Basisstationen brüten. Die Schäden für im Wasser lebende Organismen ist noch wenig untersucht worden. Bei Fischen in Küstenbereichen oder Fischen, die zwischen Meer und Flüssen wandern (Lachse, Aale) und auf das Erdmagnetfeld angewiesen sind, könnte durch die Unterseekabel die Orientierung beeinträchtigt sein. Die mögliche Wechselwirkung zwischen vom Aussterben bedrohten Wanderfischen und elektromagnetischen Feldern sowie untermeerischem Lärm durch Einrichtungen erneuerbarer Energien muss noch weiter untersucht werden. Einstimmigkeit besteht darüber, dass Mikrowellen die Reproduktionsfähigkeit beim Menschen schädigen.

Das Einwirken von Strahlung geringer Intensität hat demnach tief greifende Wirkungen auf biologische Prozesse. Allerdings müssen in natürlicher Umgebung lange Zeiträume betrachtet werden, da kurzzeitige Experimente wenig aussagekräftig sind. Eine begrenzte Anzahl von Studien hat sich mit den Wirkungen von Mikrowellen auf Pflanzen befasst. Die Auswirkungen sind sehr abhängig von der Pflanzenfamilie, den Wachstumsphasen, von Bestrahlungsdauer, Frequenz, Strahlungsintensität und anderen Faktoren. Besorgniserregende Ergebnisse haben zwei Arbeiten zu der Wirkung von Basisstationen auf Bäume erbracht, andere Wissenschaftler haben sehr beunruhigende Wirkungen in Laborstudien gefunden. Deshalb ist weitere Forschung in diesem Bereich sehr dringend erforderlich.

Diese Ergebnisse könnten schwere Folgen für die Tier- und Pflanzenwelt aufzeigen, besonders in Städten, aber auch in ländlichen, natürlichen Schutzgebieten, wenn dort starke Sender stehen. Die Richtlinien für öffentlichen Gesundheitsschutz richten sich nur auf kurzzeitige thermische Exposition, die Natur ist bei dauernder Einwirkung nicht angemessen geschützt. Die Grenzwerte müssen dem Schutz der Natur vor elektromagnetischen Feldern Rechnung tragen und sollten auf sensitiveren natürlichen biologischen Reaktionen beruhen. Diese Ergebnisse liefern genügend Informationen, um die Naturschutzpolitik für gefährdete Arten zu verbessern.

Quelle:

Balmori A (2015): Anthropogenic radiofrequency electromagnetic fields as an emerging threat to wildlife orientation. *Science of the Total Environment* 518–519, 58–60

Laborexperimente zu Mobilfunk

Echte Mobilfunkstrahlung statt Simulationsgerät

Diese Übersichtsarbeit befasst sich mit der Frage, ob man im Labor bei biologischen und klinischen Experimenten

ein echtes Mobiltelefon oder ein Laborgerät, das ähnliche Felder erzeugt, einsetzen sollte. Nach Analyse von 103 Studien lautet die Antwort klar: Man sollte ein normales Handy benutzen, das Felder wie im täglichen Leben erzeugt, denn die Ergebnisse unterscheiden sich.

Milliarden Mobilfunknutzer haben täglich ein variables Feld an Ohr und Körper. Ist es wissenschaftlich korrekt, ein höchst variables Feld zu untersuchen, indem man Felder einsetzt, die festgelegte Parameter haben? Es ist nicht korrekt, sagen die Autoren, besonders dann nicht, wenn diese veränderlichen Felder ein entscheidender Grund für ihre biologische Aktivität sind. Das Ziel dieser Studie war zu ergründen, ob es Unterschiede in den Ergebnissen der beiden experimentellen Ansätzen gibt und Erklärungen für die Unterschiede zu finden. Diese Ergebnisse gelten auch für andere Funkanwendungen.

Die Anpassung von allen Lebewesen geschah in der Natur auf ungefähr 130 V/m und 0,5 G (50 μ T). Wenn alle 11 Jahre Magnetstürme auftreten, verändern sich die Felder um etwa 20 % und man kann Gesundheitsprobleme bei Mensch und Tier feststellen. Als natürliche Abwehrreaktion gibt es Hitzeschockproteine, die dann schneller gebildet werden als bei Hitze selbst. Es scheint, dass Zellen empfindlicher auf künstliche elektromagnetische Felder reagieren als auf andere Arten von Stress wie Hitze, Kälte, Hunger oder Chemikalien. Wiederholter Stress, der zur Bildung von Hitzeschockproteinen oder DNA-Schädigung führt, kann Krebs erzeugen. Wenn Organismen sich nicht anpassen können an 20 % Veränderung der natürlichen Felder, können sie es noch weniger bei vielen verschiedenen, vor allem polarisierten künstlichen Feldern und erst recht gepulsten, die biologisch aktiver sind. Mobilfunk arbeitet mit gepulster Strahlung, die ständig in der Intensität wechselt, und zwar sehr plötzlich und viel mehr als 20 %. Normale Telefone senden mit ständig wechselnden Feldstärken, während Testtelefone feste Sendeleistungen haben. Wechselnde Strahlung ist biologisch aktiver, denn Lebewesen scheinen ständig wechselnde Stressoren schlechter abwehren zu können. Die International Agency for Research on Cancer (IARC) und die britische Gesundheitsbehörde (HPA) kritisierten die Methoden der Verwendung von normalen Telefonen, weil man keine richtige Kontrolle über die Dosierung habe, da die Strahlungsstärke variiert abhängig von der Anzahl der Teilnehmer im Netz und der Bewegungen der Tiere im Käfig und anderen Faktoren. Deshalb werden Testgeräte mit konstanter Strahlung und Frequenz empfohlen, besonders im Nahfeld der Antennen.

Von 48 Studien, die reale Mobilfunkfelder untersuchten, hatten 46 (95,8 %) signifikant schädliche biologische oder klinische Wirkungen wie Orientierungsverlust, Veränderung des Verhaltens oder des EEGs, der Enzymaktivität, der Fruchtbarkeit. Es gab DNA-Schäden, Zelltod, Gewebeveränderungen im Gehirn, im Sprachmodus stärker als beim Hören. Eine Studie zeigte keine Wirkung und die andere fand erhöhtes Kurzzeitgedächtnis bei Kindern, was nicht unbedingt eine schädliche Wirkung sein muss, aber kann.

Dagegen hatten mehr als 50 % der Studien mit Simulationsgeräten keine Wirkung, eine andere Übersichtsstudie fand mehr Studien mit Wirkung, egal ob echt oder simuliert, eine Meta-Studie mit 88 Studien 1990–2011 zu genetischen Schäden in menschlichen Zellen fand in 87 keinen Zusammenhang. Es ist klar, dass bei den Simulationen Widersprüche bestehen, während bei den realen Feldern die fast 100 % Übereinstimmung zuverlässig erscheint, dass schädliche Wirkungen entstehen. Die Übereinstimmung trifft auf Hirntumore, Symptome des Unwohlseins und Abnahme von Tierpopulationen (Vögel und Amphibien) und bei Tierversuchen