

## Wirkung von GHz-Strahlung auf Gehirnzellen von Mäusen

Gewebekulturen von Mäuse-Hirnzellen wurden Strahlung von 10,715 GHz ausgesetzt und anschließend die Wirkung auf die DNA untersucht. Die Anzahl der Mikrokerne war um das 11-Fache angestiegen und die STAT3-Gene um das 7-Fache vermindert. Mobiltelefone könnten daher die DNA schädigen und die Genexpression in Hirnzellen verändern.

Für die Experimente wurde männlichen Mäusen (vor der Geschlechtsreife) das Gehirn entnommen und die Zellen in Kulturmedien überführt. 6 Petrischalen teilte man nach 3 Wochen in 3, die der Strahlung ausgesetzt wurden und 3, die außerhalb des Feldes im selben Raum standen. Die Bestrahlung erfolgte an 3 Tagen für je 6 Stunden. Die Leistungsflussdichte über die gesamte Probe betrug  $0,84 \text{ mW/cm}^2$ . Die Werte entsprechen denen von Mobiltelefon-Systemen. Der durchschnittliche SAR-Wert betrug  $0,725 \text{ W/kg}$  bei 10,715 GHz (8 mW Ausgang). Alle Experimente wurden bei  $25^\circ \text{C}$  durchgeführt. Sofort nach der Bestrahlung wurden beide Zellgruppen auf Überlebensrate, Mikrokerne, Gesamt-mRNA und Apoptose untersucht. Für die genetischen Untersuchungen wurde ein Mikro-Array verwendet, der außer dem STAT3-Gen noch 10 weitere enthält (Bcl-2, Bcl-211, Bax, Bcl-212, caspase 3, Tert, FasL, TNF, NF-kb1 und Tp53). Für die Bestimmung der Anzahl der Mikrokerne und des Anteils an Apoptose- und Nekrosezellen wurden 1000 Zellen durchgemustert. Die Mikrokern-Zellrate ist dann das Verhältnis der Mikrokern-Zellen zu den normalen Lymphozyten in diesen untersuchten 1000 Zellen. Die Untersuchungen erfolgten als Blindstudien.

Die Ergebnisse: Die Temperatur blieb konstant über die Dauer der Experimente. Die durchschnittliche Zahl der Mikrokerne in 1000 Zellen betrug  $92,7 \pm 7,3$  bei den bestrahlten Zellen und  $8,3 \pm 1,5$  bei den Kontrollen ( $p < 0,05$ ). Der Anteil der apoptotischen Zellen stieg bei den bestrahlten Zellen um den Faktor 2 an gegenüber den Kontrollen (36 pro 1000 bzw. 18 pro 1000;  $p < 0,05$ ). Die Ergebnisse wurden mit einem zweiten Verfahren bestätigt. Bei den nekrotischen Zellen fand man nach Bestrahlung 5/1000 Zellen und nur eine bei den Kontrollen ( $p < 0,05$ ). Somit sind alle untersuchten Parameter statistisch signifikant. Um zu untersuchen, ob DNA-Veränderung auch -Schädigung bedeutet, wurde das STAT3-Gen untersucht, das eine entscheidende Rolle bei der Krebsentwicklung spielt. Unter den hier untersuchten Genen, die in den Apoptose- und Anti-Apoptose-Stoffwechselweg involviert und damit an der Krebsentwicklung beteiligt sind, war nur die Expression von STAT3 verändert, und zwar vermindert um das 7-Fache gegenüber den Kontrollen. Das deutet auf eine schädliche Wirkung von Mobilfunkstrahlung hin.

Da es auch reversible DNA-Schädigungen gibt, müssen nicht alle Mobilfunk-Nutzer Krebs bekommen. Die Dicke der menschlichen Haut variiert zwischen 1,3 mm am Schädel und 4 mm am Rücken. Die Eindringtiefe hängt von der Frequenz ab und beträgt bei Mikrowellen etwa 0,8 mm, so dass die Energie u. U. in der Haut absorbiert wird. Die Ergebnisse konnten zeigen, dass Mobiltelefone einen schädlichen Einfluss auf das Genom haben können, dass aber in vivo die DNA-Reparatur einer Krebsentwicklung zu einem bestimmten Teil entgegenwirken könnte.

### Quelle:

Karaca E, Durmaz B, Altug H, Yildiz T, Guducu C, Irgi M, Gulcihan M, Koksall C, Ozkinay F, Gunduz C, Cogulu O (2011): The genotoxic effect of radiofrequency waves on mouse brain. *Journal of Neurooncology* DOI 10.1007/s11060-011-0644-z

## EMV-gerechte Schirmung

EMV-gerechte Schirmung ist der Titel eines Fachbuchs, das Einblicke in Forschung und Entwicklung von neuen Materialien und deren Überprüfung im Labor ermöglicht. Praxisnah werden für Fachleute experimentelle Erkenntnisse aus dem Labor vorgestellt. Ziel der Forschung ist die Verbesserung der Schirmung für eine Technologie, die Entwicklung immer neuer Materialien verlangt. Und Ziel dieses Buches ist, den Fachleuten die Entwicklungsarbeit zu erleichtern.

In dem Buch werden Grundlagen zu Feldtheorie und Permeabilität vermittelt sowie experimentelle dielektrischen Messungen, Verluste und Resonanzverhalten behandelt. Wie verhalten sich welche Materialien, z. B. Magnetit-Kristalle unter Einwirkung von verschiedenen Frequenzen, wie sind Absorber- und Reflexionseigenschaften, wie verhält es sich mit Skineneffekt, Einkoppelung, Reflexions- und Transmissionsdämpfung im Bereich von  $> 100 \text{ MHz}$  bis  $< 6 \text{ GHz}$ ? Weitere Themen sind Ultradünne Schichtsysteme, Leiterplatten, Leitungen, Gehäuse, Folien, neuartige Schirm-Materialien für Textilien, z. B. für Bekleidung. In die Textilien werden Ferrit-Partikel eingelagert.

Ingenieure, Naturwissenschaftler und „praktische Fachleute“ sollen sich mit Hilfe der vorgestellten Beispiele selbst Lösungen zur speziellen Schirmung vorgeben können, denn es gibt keine Standardlösung, keine Standardschirmung. Der Leser bekommt Einblick in die Entwicklung und Prüfung der Volumen- und Nano-Materialien, der Gehäusetechnik, von leitfähigen Materialien (RAM) und eingeschränkt leitfähigen (CRAM) sowie in Probleme mit Störfrequenzen. Wichtige, häufig verwendete Materialien sind Ferrite (Ferrite sind magnetische Eisen-Oxid-Kristalle mit Beimengungen anderer Metalle), deren Werkstoffeigenschaften weiterentwickelt werden. Ferrit-Nanopartikel sind magnetische Teilchen aus MnZn- oder NiZnCo-Ferrit. Die Schichtdicken liegen zwischen 0,9 und 1,2  $\mu\text{m}$ , die Korngrößen der Kristalle sind deutlich kleiner als 50 nm. Andere Materialien bestehen aus Hämatit auf Aluminium-Substrat. Geforscht wird an Schichtdicken von Volumen- und Nano-Materialien ( $< 1 \mu\text{m}$ ), an Kristallstrukturen, molekularer Beschaffenheit und Wechselwirkungen zwischen den Materialien.

Viele Praxisbeispiele werden beschrieben wie Berechnungen zu Resonanzfrequenzen oder genaue Darstellung der Messungen und Ergebnisse aus dem Labor. Experimente zur Ermittlung der Dämpfung bei verschiedenen Frequenzen werden vorgestellt. Probleme in Metallgehäusen sind heute: Geringe Schirmdämpfung ab 500 MHz und innere Reflexionen und Resonanzen, wenn sich die HF-Quelle im Innern des Gerätes befindet. Die Lösung ist, Verbundstoffe mit den Metallschirmungen zu entwickeln und herzustellen, die HF-Absorber-Eigenschaften haben, die aber nicht – wie Metalle – Reflexionen und Feldüberhöhungen haben. Die Materialien müssen mit Kunststoffen kombinierbar oder einmischbar und kleiner als 1 mm (ideal sind 0,1 mm) sein. Die Beschichtung einer Metallaußenfläche mit Ferrit erhöht die Schirmdämpfung; Absorptionen von bis zu 4 dB sind möglich. In Experimenten wurden Ferrite mit Polymeren zusammen verarbeitet, um Abschirmfolien zu bekommen, die das richtige Verhältnis von Ferrit- zu Polymeranteilen für hohe HF-Absorption haben. Das Abschirmmaterial wird als Nanopulver, z. B. im HF-Sputterverfahren, aufgebracht. In dem Buch ist alles detailliert und nachvollziehbar dargestellt.

**Quelle:** Frank Gräbner: EMV-gerechte Schirmung – Magnetmaterialien für die Schirmung – Praxisbeispiele – Gerätedesign; Vieweg + Teubner/Springer Fachmedien, Wiesbaden 2011, 176 S., 39,95 €