

Viele Forscher haben herausgefunden, dass MDA- und ROS-Konzentrationen durch Mobilfunkstrahlung ansteigen und die Antioxidans-Konzentrationen verändert werden. MDA ist das Hauptprodukt beim oxidativen Abbau von Membranen und es wurde auch nachgewiesen, dass es für Leber- und Genschäden verantwortlich ist.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen keine strukturellen Gewebeschäden, sondern funktionelle Schäden in den Hoden. Die Hoden sind sehr empfindlich gegenüber äußeren Einflüssen, sie können schrumpfen durch Gabe von Hormonen oder Medikamenten. In diesen Fällen geht der Verlust an Volumen mit der Beeinträchtigung der Spermatogenese einher. Normalerweise ist geringere Hodengröße mit vorgerücktem Alter, Fehlernährung, Alkoholismus, bösartigen Tumoren und chronischen Krankheiten verbunden.

Die schädigende Wirkung von Mobilfunkstrahlung auf das DNA-Molekül ist oft untersucht worden. Die DNA ist eines der wichtigsten Moleküle für Zellfunktionen, Wachstum, Lebensfähigkeit und die genetische Ausstattung der nächsten Generation. Die Fähigkeit jeder Zelle zur Reparatur von DNA-Schäden ist ein wichtiger Abwehrmechanismus und essentiell für Überleben und Erhaltung ihrer Funktionen. Verschiedene Zellen haben verschiedene Reparaturmechanismen, und man nimmt an, dass elektromagnetische Felder die DNA-Reparaturwege unterschiedlich angreifen. Die Zellen haben ihre eigenen Antioxidans-Mechanismen zur Abwehr von freien Radikalen, um Schäden abzuwenden. Superoxid-Dismutase (SOD), Katalase (CAT) und Glutathion-Peroxidase (GPx) sind entsprechende Enzyme der Zellen gegen Sauerstoffradikale. Überschüssige Produktion von freien Radikalen, besonders ROS, steht im Zusammenhang mit einigen Krankheiten durch Umweltstress (UV-Strahlung, Hitze und EMF). Elektromagnetische Felder können in den Zellkern eindringen und DNA-Strangbrüche hervorrufen; sie haben auch genug Energie, um Überproduktion von ROS zu bewirken. Zudem könnte Mobilfunkstrahlung Gefäßerweiterung induzieren und die Produktion von NO steigern. Darüber hinaus kann Stress die in dieser Studie gefundenen funktionellen und strukturellen Schäden verursachen. Die Hauptschäden der erhöhten ROS-Produktion können Veränderungen in Makromolekülen wie mehrfach ungesättigten Fettsäuren in den Zellmembranen, Proteinen und DNA erzeugen. Dies wurde auch für Spermienzellen nachgewiesen.

Diese Studie zeigt, dass Einwirkung von Mobilfunkstrahlung die Spermienfunktion beeinflusst über Mechanismen, die mit oxidativem Stress zusammenhängen. Und oxidativer Stress ist die Hauptursache für männliche Unfruchtbarkeit.

Quelle:

Kumar S, Nirala JP, Behari J, Paulraj R (2014): Effect of electromagnetic irradiation produced by 3G mobile phone on male rat reproductive system in a simulated scenario. *Indian Journal of Experimental Biology* 52 (9), 890–897

Mobilfunkwirkung

Kopfform bestimmt Absorption von Mobilfunkstrahlung

Die Kopfform hat einen bedeutenden Einfluss auf die spezifische Absorption von Mobilfunkstrahlung. Mit 2 Messmethoden wurden an 20 Schädelmodellen ähnliche Ergebnisse erzielt. Die Abweichung in definierten Hirnregionen kann bis zu 15,8 bzw. 16,4 dB betragen.

Außer verschiedenen Gesundheitsbeeinträchtigungen hat das Krebsrisiko durch Mobilfunkstrahlung das größte Interesse bei

Fachleuten und Laien gefunden. In der Interphone-Studie wurden über 100 Telefonmodelle dosimetrisch untersucht, aber nur 2 Phantomköpfe. Damit kann nichts über die Absorption im Gehirn aufgrund der individuellen Kopfform eines Menschen ausgesagt werden. In dieser Studie wurden genauere Simulationen an 20 verschiedenen Kopfmodellen vorgenommen. Das Hauptaugenmerk lag in der Untersuchung auf der Streuung der SAR in bestimmten Hirnregionen bedingt durch Schädelgröße und -form. Auch altersabhängige dielektrische Eigenschaften, Telefentyp, Positionierung des Telefons und die Ohrform wurden untersucht. Die Experimente wurden mit normalen Mobiltelefonen von 835 und 1900 MHz durchgeführt. Die Modellköpfe kamen von Computertomografien von 20 Patienten, 13 Männern und 7 Frauen zwischen 36 und 76 Jahren.

Zur Bestimmung der lokalen durchschnittlichen SAR-Streuung über vorher festgelegte Hirnregionen wurden 2 Berechnungsmethoden angewandt. Daran schloss sich der Vergleich der SAR jeder spezifischen Region an und schließlich wurde der Einfluss der Kopfform zwischen den 20 Kopfmodellen auf die maximale SAR über 10 g Gewebe (Luft, Knochen, Fett, Muskel, Hirn, Rückenmark, Auge, Knorpel und Lunge) berechnet. Zuletzt wurde die Gesamtunsicherheit der Berechnungen bestimmt, die durch den Einfluss verschiedener Parameter auf die Ergebnisse entsteht.

Die lokale Strahlungsabsorption durch morphologische Unterschiede in den 20 Kopfmodellen zeigte Abweichungen von 15,8 dB in der Medulla-Region (Talairach-Methode) bzw. 16,4 dB (Feldsensor-Methode mit 16 Sensoren über 1 cm³ Gewebe). Das Hauptaugenmerk dieser Studie waren die Hirnregionen, in denen Hirntumore bevorzugt vorkommen, in Stirn- und Schläfenlappen. Auf 10 g Gewebe bezogen stimmen die Ergebnisse der 2 Methoden überein: Die maximalen SAR-Unterschiede sind 15,8 zu 16,4 dB und durchschnittlich etwa 8 zu 5 dB bei 835 MHz und 11 zu 10 dB bei 1900 MHz. Die individuelle Streuung in bestimmten Hirnregionen liegt durchschnittlich bei 5 dB für 835 MHz und 10 dB für 1900 MHz. Die maximale Abweichung der SAR bezogen auf 10 g Gewebe liegt bei ca. 4 dB im Kopf und bei 7 dB im Gehirn.

Die Streuung der SAR in der Kopfform ist bei hohen Frequenzen größer, weil bei höheren Frequenzen die Eindringtiefe geringer und das Feld weniger gleichförmig ist. Die Ergebnisse sind robust und rechtfertigen die Schlussfolgerungen.

In dieser Studie wird gezeigt, dass die Kopfform eine große Unsicherheit für die Dosimetrie bei Mobilfunkstrahlung birgt. Deshalb müssen dosimetrische Analysen mit Mobilfunkstrahlung für bestimmte Hirnregionen (z. B. für ein Tumorrisiko), d. h. die Bestimmung von kumulativer Strahlungsdosierung an realen Kopfformen erfolgen. Das Ausmaß dieser Variabilität hängt von der Frequenz des Mobiltelefons, dessen Position am Kopf und der Größe des Gehirns sowie der Lage der Hirnregion ab.

Quelle: Adibzadeh F, Bakker JF, Paulides MM, Verhaart RF, van Rhoon GC (2015): Impact of Head Morphology on Local Brain Specific Absorption Rate From Exposure to Mobile Phone Radiation. *Bioelectromagnetics* 36 (1), 66–76

Wirkung von Mobilfunkstrahlung auf Pflanzen

900-MHz-Strahlung behindert das Wachstum von Sojabohnen

In diesen Experimenten wurden Sojabohnen-Keimlinge 900-MHz-Strahlung ausgesetzt (gepulste und kontinuierliche Strahlung, Kurz- und Langzeitexposition), die ähnlich

der von Handys und von Basisstationen ist. Eine Woche später wurde das Wachstum von Spross und Wurzeln gemessen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Wirkung signifikant von der Feldstärke und der Amplitudenmodulation abhängt.

Große Teile der Welt sind mit Radio-, Fernseh- und Mobilfunkbasisstationen überzogen, aber man weiß wenig über die Wirkung der Strahlung auf Pflanzen. In Pflanzen hat man ROS-Bildung und oxidativen Stress durch Mobilfunkstrahlung ebenso wie in Tierexperimenten und beim Menschen beobachtet. So könnten Pflanzen als einfaches biologisches Modell zur Untersuchung der Mechanismen sein. Bekannt ist, dass die biologische Wirkung von Mobilfunkstrahlung von der Trägerfrequenz, der Feldstärke und der niederfrequenten Modulation abhängt. Die wenigen Experimente mit Pflanzen zeigten uneinheitliche Ergebnisse. In dieser Arbeit wurde der Einfluss von Mobilfunkstrahlung auf das Wachstum von 4 Tage alten Sojabohnenkeimlingen mit Feldstärken untersucht, wie sie durch Mobilfunkgeräte am Kopf und Basisstationen in etwa 500 m Entfernung vorkommen. Auch sollten die Unterschiede zwischen Amplitudenmodulation (217 Hz gepulst) und kontinuierlicher Strahlung untersucht werden, weil einige Arbeiten biologische Wirkungen durch modulierte Strahlung gefunden haben. Hier wurden homogene Felder zwischen 0,56 und 41 V/m angewendet. Nachdem die Samen 4 Tage bei 26 °C im Dunkeln vorgekeimt waren, wurden je 10 Keimlinge im Dunkeln 2 Stunden bestrahlt bzw. scheinbestrahlt. Insgesamt wurden 12 verschiedene Experimente durchgeführt. Zur Vermeidung von Erwärmung betrug die Leistungsflussdichte nicht mehr als 5000 mW/m². Die Temperatur variierte nicht mehr als 0,1 °C. Die Keimlinge bekamen 900-MHz-Felder von 5,7 und 41 V/m. Die Leistungsflussdichten der mit 217 Hz gepulsten Strahlung betragen 11 und 560 mW/m², SAR 0,049 und 2,6 mW/kg. Da bei kontinuierlicher Strahlung die Feldstärke 8-mal höher ist als bei der gepulsten, betragen die Leistungsflussdichten 86 und 4400 mW/m² und die entsprechenden SAR-Werte 0,39 und 20 mW/kg. Anschließend kamen die Keimlinge sofort für eine Woche in das Gewächshaus. Nach dieser Woche wurden die Längen gemessen. In einem anderen Experiment, zur Untersuchung der Bestrahlung durch Basisstationen, wurden Keimlinge 5 Tage lang ununterbrochen mit 0,56 V/m (0,1 mW/m², SAR 4,8x10⁻⁴ mW/kg) bestrahlt, 2 Tage im Dunkeln gehalten und dann Spross- und Wurzellänge bestimmt. Die folgenden Parameter des Längenwachstums wurden untersucht: Die Länge des Sprosses zwischen den 1. Blättern (Primärblätter) und den Keimblättern (L₁), die Länge zwischen den Keimblättern und dem Wurzelansatz (L₂) und die Wurzellänge mit Verzweigungen (L₃). Die Langzeit-Exposition mit 0,56 V/m beeinflusste signifikant alle gemessenen Parameter. Die durchschnittlichen Veränderungen im Wachstum nach den jeweiligen Versuchsbedingungen sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben. Die mit * gekennzeichneten Zahlen zeigen Signifikanz an.

	V/m	mW/m ²	L ₁	L ₂	L ₃
GSM 2 Stunden	41	560	-1,7 *	-	-
GSM 2 Stunden	5,7	11	-	-	-
GSM 5 Tage	0,56	0,1	-0,2 *-	-1,0 *	+1,0 *
CW 2 Stunden	41	4400	-	-	-1,1 *
CW 2 Stunden	5,7	86	-	-1,3 *	-

Die Ergebnisse zeigen, dass 900-MHz-Strahlung unter bestimmten Bedingungen Stressreaktionen hervorruft, die nicht nur von der Feldstärke, sondern auch von der Modulation abhängen. Sehr überraschend war, dass die einwöchige sehr ge-

ringe Feldstärke von 0,1 mW/m² alle drei untersuchten Pflanzenabschnitte signifikant beeinflusste. L₁ und L₂ waren im Wachstum vermindert, L₃ gesteigert. Bisher ist keine Langzeitstudie zur Wirkung sehr schwacher Feldstärken von Mobilfunkbasisstationen auf Pflanzen veröffentlicht worden.

Es existiert kein allgemein akzeptiertes Modell, wie die Strahlung mit den biologischen Molekülen in Wechselwirkung tritt, ob es elektrische (sie beeinflussen Dipole und elektrische Ladungen, z. B. van der Waals-Kräfte) oder magnetische Felder sind. Aber diese Experimente haben ergeben, dass die nicht-thermische Strahlung eines 900-MHz-Mobiltelefons (Kurzzeit mit höherer Amplitude) und einer Basisstation (Langzeit mit sehr geringer Amplitude) die Wachstumsraten von Sojabohnenkeimlingen verändern. Dass die Wirkungen so unterschiedlich sind, spricht für einen Amplituden-Fenstereffekt.

Quelle: Halgamuge MN, Yak SK, Eberhardt JL (2015): Reduced Growth of Soybean Seedlings After Exposure to Weak Microwave Radiation From GSM 900 Mobile Phone and Base Station. Bioelectromagnetics DOI: 10.1002/BEM.21890

Allgemein- und Komplementärmedizin

Allgemeinärztliche Beurteilung der Risiken durch EMF

Ärzte, die komplementäre und alternative Medizin (Naturheilverfahren) anwenden, haben eine andere Sichtweise bezüglich der Risiken durch elektromagnetische Felder als konventionelle Allgemeinmediziner. 2795 Allgemeinärzte wurden befragt über ihr Wissen zu EMF und den gesundheitlichen Risiken, Vertrauen in die Behörden u. a. Das Wissen und die Einschätzung der Risiken sind nach Ansicht der Autoren nicht ausreichend, evidenzbasierte Aufklärung sei nötig, damit Ärzte ihre Patienten nach wissenschaftlichen Erkenntnissen informieren können. Die Studie wurde vom Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) bezahlt.

27 % der Deutschen sind besorgt über EMF, in Österreich sind es 70 %, die glauben, dass EMF gesundheitliche Probleme machen können. Da diese Personen oft ärztliche Hilfe suchen, sind Allgemeinmediziner die ersten Ansprechpartner. Deshalb sollte man wissen, wie die Ärzte die Risiken durch EMF wahrnehmen. In der Schweiz sehen 61,4 % der Allgemeinärzte Gesundheitsrisiken bei täglicher Einwirkung der Felder, in Deutschland 29,0–57,5 % und in Österreich bis 96 % je nach Berechnungsmethode.

Für die Studie wurden Fragebögen an 2795 Ärzte aus dem gesamten Bundesgebiet geschickt. Zwei Drittel der ausgewählten Ärzte (1867) bekamen einen 4-seitigen Fragebogen, ein Drittel (928) erhielten einen kurzen. Es gab Fragen zum Wissen über EMF, Einschätzung der Gesundheitsrisiken, Vertrauen in Organisationen (BfS, WHO, Bürgerinitiativen), Erfahrungen mit Patienten (Anzahl der Patienten mit Gesundheitsproblemen durch EMF, Art der Beschwerden, Empfehlungen).

Der Rücklauf betrug 49 % für den kurzen und 23,3 % für den langen Fragebogen. 435 Allgemeinmediziner beantworteten den langen Fragebogen, davon gaben 183 (42,1 %) an, komplementäre und alternative Medizin zu praktizieren. In dieser Gruppe waren mehr jüngere und weibliche Ärzte tätig, vor allem in Städten und Vorstädten. 456 beantworteten den kurzen Fragebogen. Die Ärzte, die Naturheilverfahren anwenden, glaubten häufiger als die konventionellen, dass Mobilfunkstrahlung eine Erwärmung am Kopf um mehr als 1 °C bewirken kann, das Misstrauen dem Bundesamt für Strahlenschutz gegenüber ist