

pen gegenüber der Gesamtheit 1,5 (geringe Zahl). Bei drahtlosen insgesamt war der höchste Risikofaktor in der längsten Nutzungsperiode: > 25 Jahre 5,1 für Tumoren im Temporallappen. Alle Nutzer analoger Telefone hatten auch andere Telefentypen benutzt. Wenn die Tumorpatienten nur einen Telefentyp benutzt hatten, ergaben sich Risikofaktoren von 1,7 bis 3,4 je nach Typ und Dauer der Nutzung.

Die separate Berechnung der meisten bösartigen Tumore, der 546 Gliom-Fälle, ergab ähnliche Werte wie die für die gesamte Gruppe der bösartigen Tumore. Bei Mobilfunknutzung > 25 Jahre betrug der Risikofaktor 2,8. Für Schnurlostelefone war er ähnlich wie das Gesamtergebnis: > 15–20 Jahre 1,9. Kurz gesagt ergab die kumulative Berechnung das höchste Risiko nach der höchsten Nutzungszeit. Das weist auf eine Beteiligung der Strahlung an der Initiation und Promotion der Tumore hin.

Eine Stärke dieser Arbeit ist, dass Patienten von 18–75 Jahre (Interphone nur 30–59 Jahre) einbezogen wurden. Gliome sind die häufigsten bösartigen Hirntumore, und von denen sind Astrozytome als Untergruppe am häufigsten. Am häufigsten treten sie von 45–75 Jahre auf mit 80 % über 50 Jahre. Deshalb konnte die Interphone-Studie das erhöhte Risiko bei Langzeitnutzung nicht angemessen erfassen. Wenn als Referenz Meningeome genommen werden, zeigen sich ähnliche Werte wie bei den Bevölkerungskontrollen. Weitere Stärken: Nur lebende Patienten wurden einbezogen, so kamen die Antworten aus erster Hand und nicht von Angehörigen oder Betreuern (z. B. an welcher Seite das Telefon gehalten wird). Es wurden nur Fälle mit histologischer Bestätigung ausgewählt, es gab hohe Rücklaufquoten von 87 bzw. 85 % (Interphone nur 64 bzw. 53 %). Eine Schwäche: Es gab keine Daten der Telefonanbieter über die Nutzung.

Zu den biologischen Mechanismen: Freie Radikale schädigen die DNA und erzeugen Strangbrüche. Wasserstoffperoxid wird konvertiert in freie Hydroxyl-Radikale, die starke Zellgifte sind. Diese Reaktion wird durch Eisen katalysiert. Hohe Konzentrationen von Eisen findet man in stoffwechselaktiven Zellen wie Krebszellen und sich abnorm vermehrenden Zellen, aber auch in Nervenzellen. Gliazellen könnten durch DNA-Schädigung zu Krebszellen werden. Man weiß wenig über die Entstehung von Gliomen, aber sie brauchen Dekaden von der Entstehung bis zur klinischen Diagnose. Hochfrequente elektromagnetische Felder scheinen eine Wirkung auf spätere Phasen der Tumorentwicklung zu haben (Promotion) und deshalb ist es noch zu früh, um diese Wirkung in Krebsregistern zu sehen.

Zusammengefasst besagt die Studie, dass frühere Ergebnisse bestätigt werden: Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Nutzung drahtloser Telefone und bösartigen Hirntumoren. Die höchsten Risiken bestehen an der Seite, an der das Telefon gehalten wird und für Tumoren im Temporallappen. Das gilt für die Initiation des Tumors bei analogen Telefonen und Initiation und Promotion des Tumors durch digitale Funktelefone.

Die Studie wurde durch die unabhängigen Institutionen Pandora-Stiftung München und der Schweizerischen Interessengemeinschaft Elektromog-Betroffener gefördert.

**Quelle:** Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Hansson Mild K (2013): Case-control study of the association between malignant brain tumours diagnosed between 2007 and 2009 and mobile and cordless phone use. *International Journal of Oncology* 43, 1833–1845

## Mobilfunkforschung

# Verzögerte Entwicklung bestrahlter Hühnereier

**Je nachdem, welcher Modus eines 900-MHz-Mobiltelefons eingeschaltet ist, verläuft die Embryonalentwicklung in Hühnereiern unterschiedlich. Eine signifikante Entwicklungsverzögerung wurde im Anruf-Modus bei wiederholten Anrufen beobachtet.**

Die Embryonalentwicklung kann durch Umweltfaktoren, Stoffwechsel oder genetische Faktoren gestört werden, möglicherweise auch elektromagnetische Felder, wobei verschiedene molekulare Prozesse beteiligt sind. Die Entwicklungsphasen des Nervensystems sind bei menschlichen Embryonen ähnlich wie bei Hühnerembryonen, deshalb kann man an ihnen die Wirkung von Mobilfunkstrahlung auf das Neuralrohr (ein in der frühen Entwicklung von Embryonen sich bildendes Gewebe, das später das Nervensystem ausbildet) untersuchen und Schlüsse für den Menschen ziehen.

Eine wichtige Phase in der frühen Entwicklung ist die Bildung der 3 Keimzellschichten Ektoderm, Mesoderm und Endoderm und des Notochords (Chorda dorsalis). Dann beginnt die Differenzierung der Zellen, die danach zu Geweben und Organen heranwachsen. Das Nervensystem (ZNS), als erstes angelegt und als letztes fertig, entsteht aus dem Ektoderm. Bei den Entwicklungsprozessen spielt Apoptose (programmierter Zelltod) eine wichtige Rolle, es ist ein genetisch festgelegtes Programm zum sicheren Entfernen von nicht mehr benötigten, alten, geschädigten und irregulär entstandenen oder genetisch veränderten Zellen. Die Ursachen für die Zellschädigung, durch die häufig eine Apoptosereaktion ausgelöst wird, kann auch von außen kommen, z. B. durch Strahlung, Entzündungsreaktionen (Zytokine), Stress, Stoffwechsel, oxidativen und mechanischen Stress. Es gibt viele Studien, die auch Mobilfunkstrahlung als auslösenden Faktor für Zellschäden gefunden haben, bis hin zur Schädigung der DNA. Nicht nur während der Embryonalentwicklung, sondern während der gesamten Entwicklung vielzelliger Organismen spielt Apoptose eine fundamentale Rolle in normalem, homöostatischem Gewebe. Ein Defekt im Apoptoseprozess führt zu schadhafte Prozessen. Charakteristisch für die Apoptose sind u. a. Chromatinkondensation, DNA-Fragmentierung in den Nukleosomen und Aktivierung der Caspasen. Letztere sind Enzyme, die außer bei der Entwicklung auch in Aktion treten, wenn Zellschäden vorliegen oder Virusinfektionen stattfinden. Die Caspasen 8 und 9 initiieren die Apoptose, Caspase-3 ist ein Effektor, der u. a. dafür sorgt, dass DNA gespalten und abgebaut wird. Deshalb wurde an Hühnereiern mithilfe der Apoptose untersucht, wie sich Mobilfunkstrahlung auf diese Prozesse auswirkt.

Es gab 4 Gruppen mit je 50 befruchteten Hühnereiern: unbestrahlte Kontrolle (1), Einwirkung von Mobiltelefonstrahlung im Stand-by- (2), im Anruf- (3) und Gesprächs-Modus (4). Im Anruf-Modus klingelte das Telefon alle 30 Minuten für 10 Sekunden, die „Gespräche“ fanden alle 60 Minuten statt und dauerten 10 Minuten. Die Bestrahlung erfolgte mit einem 900-MHz-Handy (pers. Mitteilung, die Frequenz ist in der Arbeit nicht angegeben) mit 0,77 W/kg SAR. Von jeder Gruppe wurden nach 30, 48 und 72 Stunden Proben entnommen, die mikroskopisch und über die Aktivität von Caspasen auf die Apoptoserate untersucht und mit verschiedenen Methoden bestätigt wurden (Blindproben).

Nach 30 Stunden war bei allen Embryonen das Neuralrohr noch offen und im oberen Bereich waren apoptotische Zell-

prozesse zu sehen. Erhöhte Apoptose gab es besonders in Gruppe 3 (4 % ± 0,33), gefolgt von Gruppe 4 (3,1 % ± 0,37), Gruppe 2 (2,6 % ± 0,30) und Gruppe 1 (2,2 % ± 0,25). Der Prozentsatz der Apoptosezellen war in Gruppe 3 signifikant höher als in Gruppe 1 und 2. Nach 48 Stunden waren in den Gruppen 1, 2 und 4 die Neuralrohre geschlossen und es gab keine Apoptose-positiven Zellen, in Gruppe 3 war das Neuralrohr noch offen und Apoptosezellen im oberen Bereich vorhanden. Der Prozentsatz der apoptotischen Zellen in Gruppe 3 war signifikant höher im Vergleich zu den anderen 3 Gruppen. Nach 72 Stunden sah man in allen Gruppen geschlossene Neuralrohre und es gab keine Apoptosezellen.

Überprüft und bestätigt wurden diese Ergebnisse mit anderen Methoden: Aktivität der Caspasen 3, 8 und 9 und Bcl-2. Das sind alles Proteine, die an der Apoptose beteiligt sind. Bcl-2 wird sezerniert als Schutz des Neuralrohres in einer bestimmten Entwicklungsphase. Vor allem in Gruppe 3, als die Neuralröhre noch offen war, sprechen die Bcl-2-Sekretion und die Caspase-Aktivitäten dafür, dass Apoptoseprozesse abließen.

Da die Mobilfunkstrahlung hoch ist, wenn die Verbindung hergestellt wird, ist es gut möglich, dass es zu Temperaturerhöhungen im Körper kommt und dies zu Schäden führt. Das Nervensystem ist ein Teil des Körpers, der Wärme schlecht abführen kann und deshalb stärker gefährdet ist. Obwohl es viele Studien gibt, die keinen Einfluss auf die menschliche Gesundheit unterhalb der internationalen Grenzwerte ergeben haben, gibt es aber auch keine aussagekräftigen, verlässlichen und konsistenten Studien, die solche Risiken ausschließen können.

Parallel zu den Ergebnissen, dass besonders in Gruppe 3 nach 48 h ein noch offenes Neuralrohr besteht und Apoptose-positiv Zellen beobachtet wurden, wird die Casp-3 und -8 Reaktion so gedeutet, dass die elektromagnetischen Felder in Prozesse eingreifen, an denen Moleküle der Apoptosemechanismen während des Schließens des Neuralrohres beteiligt sind. Die Verzögerung der Schließung und die erhöhte Apoptose in Gruppe 3 entstehen durch das ständige Anrufen ohne Antwort, was erhöhte Strahlung des Telefons zur Folge hat. Mobilfunkstrahlung bewirkt Entwicklungsverzögerung in Hühnerembryonen abhängig von der Dosierung in den frühen Entwicklungsstadien und kann Fehlbildungen verursachen. So stellt Mobilfunkstrahlung ein mögliches Risiko für schwangere Frauen dar. Da die Strahlung nicht mehr aus dem Leben auszuschließen ist, sollte man die neuen Technologien mit Vorsicht behandeln, die möglichen Schädigungen beobachten und mithilfe von Wissenschaft und Technologie die Risiken minimieren.

**Quelle:** Umur AS, Yaldiz C, Bursali A, Umur N, Kara B, Barutcuoglu M, Vatansever S, Selcuki D, Selcuki M (2013): Evaluation of the Effects of Mobile Phones on the Neural Tube Development of Chick Embryos. Turkish Neurosurgery 23 (6), 742-752

## Mobilfunk, Hirntumore und Politik

# Ist die IARC-Einstufung 2B „zu hoch“? Sicher nicht!

**Die IARC-Klassifizierung 2B im Mai 2011, wonach Mobilfunkstrahlung möglicherweise Krebs auslösen kann, wurde von 4 Autoren, die der IARC-Arbeitsgruppe angehört hatten, in Zweifel gezogen aufgrund neuer Erkenntnisse. Ist Mobilfunk nicht mehr in Verdacht? Die Erkenntnisse der Autoren sind erstaunlich, da wichtige**

**neue Ergebnisse, die das Gegenteil anzeigen, nicht berücksichtigt wurden.**

Der Kommentar der 4 Autoren (Samet JM, Straif K, Schüz J, Saracci R (2014): Mobile Phones and Cancer. Next Steps After the 2011 IARC Review. Epidemiology 25 (1), 22–27; www.epidem.com) basiert auf Veröffentlichungen, die nach Mai 2011 erschienen sind. Genannt werden Studien, die in Richtung Entwarnung gehen, nicht erwähnt werden besorgniserregende Ergebnisse der Hardell-Arbeitsgruppe (s. S. 1 und ElektrosmogReport 11/13, S. 1–3) aus 2013, die eine Klassifizierung eher „nach oben“ rechtfertigen würden, keinesfalls nach unten. Die „schwachen Beweise für Kanzerogenität“ basierten damals auf den epidemiologischen Studien der Hardell-Arbeitsgruppe und der Interphone-Studie. Argumentiert wird nun u. a. mit 2 Studien, die weltweit von unabhängigen Wissenschaftlern als unzureichend beurteilt wurden (z. B. die Dänische Kohorten- und die „Million Women-Studie“), während die neuen Studien von der Hardell-Arbeitsgruppe nicht erwähnt werden. Die „derzeitigen Beweise“ nach Durchsuchen der Literatur bis Mai 2011, angefangen in den 1990er Jahren, seien: 900 Studien enthielten z. T. wenig Informationen, es gäbe keine Mechanismen, daher nutze man Epidemiologie. Man urteilt, „Interphone war sorgfältig durchgeführt“, aber mit Unwägbarkeiten. Seit Mai 2011 wären weitere relevante Arbeiten veröffentlicht worden, aber nur die „passenden“ werden aufgeführt (s. o.). Trotzdem seien weitere Studien zur Vorsorge gerechtfertigt. Die Programme über die hauptsächlichsten Ungewissheiten sollte man absprechen. Man brauche verfeinerte epidemiologische Studien, längere Zeiträume, Daten darüber, wo der Hirntumor sitzt, und Neubewertungen der Fall-Kontroll-Studien. Bei Tierversuchen sollte man noch abwarten, bis die USA ihr Programm abgeschlossen haben. Nötig sei, die Bevölkerung gut verständlich zu informieren. Bemerkenswert: Eine neue Trendanalyse zeige Unstimmigkeiten bei den Hardell-, aber nicht bei den Interphone-Berechnungen!

Auf der Internetseite der Australischen Mobilfunkindustrie (AMTA) erschien im August 2013 ein Text, in dem Prof. Michael Repacholi zitiert wird (ein Industrie-nahes früheres Mitglied des EMF-Projektes der WHO) zu Gesundheit und Sicherheit des Mobilfunks mit der Aussage, die IARC-Einstufung sei falsch, da die Festlegung auf wissenschaftlichen epidemiologischen Studien beruhe, deren Ergebnisse zweifelhaft seien. Man solle Tierexperimente heranziehen, die seien verlässlicher (<http://www.amta.org.au/newsletters/EME.Update.August.2013?Article=40141>). (Repacholi hatte früher in eigenen Experimenten erhöhte Krebsraten durch Mobilfunkstrahlung bei Mäusen festgestellt, die Red.). Repacholi äußerte sich in Mumbai, Indien, am 03.12.2013 laut The Times of India so: Es gäbe kein Krebsrisiko und auch keine Kopfschmerzen, Übelkeit und Schlafstörungen. Besorgte Bürger in Mumbai möchten, dass die Mobilfunkstrahlung gesenkt wird, weil sie diese Aussagen nicht glauben (<http://articles.timesofindia.indiatimes.com/2013-12-03/mumbai/44709...>).

Prof. Dariusz Leszczynski, ein unabhängiger Wissenschaftler, der seit langem vor den Gesundheitsgefahren durch Mobilfunk warnt, nimmt in seinen Kolumnen immer wieder Stellung zur wissenschaftlichen und politischen Situation (<http://betweenrockandhardplace.wordpress.com/>). Hier ein paar Beispiele seiner Berichterstattung. Er war zum Runden Tisch zum Thema Mobilfunk und Gesundheit der Experten in San Francisco (im Commonwealth Club) am 09.12.2013 eingeladen, konnte aber nicht selbst kommen und hat eine 7-seitige Powerpoint-Präsentation hingeschickt, die auch auf seiner Internetseite zu sehen ist. In den Schlussfolgerungen