

Inhalt

Sind Kinder durch den Mobilfunk stärker gefährdet als Erwachsene?	1
Kennzeichnung von Handys .	7
Benutzung von Mobiltelefonen und langfristige Trends bei Hirntumorerkrankungen ...	7
Publikationen	9
Forschungsspektrum	10
Impressum	12

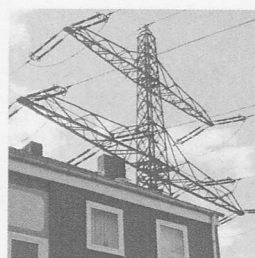
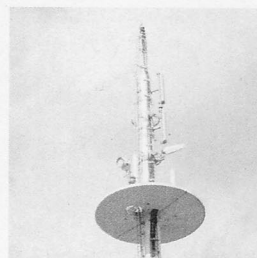
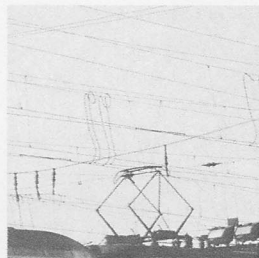
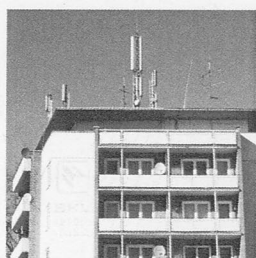
Sind Kinder durch den Mobilfunk stärker gefährdet als Erwachsene?

H. -Peter Neitzke und Julia Osterhoff

Mobilfunksendeanlagen in der Nähe von Schulen und Kindergärten und Mobiltelefone in Kinderhand haben die öffentliche Diskussion über die Frage, ob Kinder durch elektromagnetische Felder besonders gefährdet sind, neu angefacht. In der Wissenschaft und bei Behörden erlangte das Thema erstmals Aufmerksamkeit durch den so genannten Stewart Report, der die Ergebnisse der Beratungen einer unabhängigen Expertenkommission in Großbritannien wiedergab (IEGMP 2000). In dem Bericht wurden Bedenken geäußert, dass Kinder gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern, wie sie beim Mobilfunk verwendet werden, empfindlicher seien als Erwachsene, da sie aufgrund der längeren noch vor ihnen liegenden Lebensspanne längere Expositionszeiten erreichen würden, ihr Gehirn sich noch in der Entwicklung befände, ihr Hirngewebe wegen des höheren Wassergehalts eine höhere Leitfähigkeit und eine höhere Ionenkonzentration aufweise und ihr Kopf mehr Hochfrequenzenergie absorbiere. Aussagekräftige Untersuchungen speziell zum Gesundheitsrisiko von Kindern liegen für den Hochfrequenzbereich bisher allerdings kaum vor (s.u.).

Für den Bereich der niederfrequenten Felder gibt es eine große Zahl epidemiologischer Untersuchungen, bei denen das Erkrankungsrisiko von Kindern in Abhängigkeit von der Exposition gegenüber technogenen Feldern untersucht wurde. Bereits die 1979 veröffentlichte epidemiologische Studie von Nancy Wertheimer und Ed Leeper hatte erste Hinweise dafür erbracht, dass die von Stromversorgungsleitungen ausgehenden niederfrequenten Felder das Risiko für Kinder erhöhen, an Krebs zu erkranken (Wertheimer & Leeper 1979). Die Ergebnisse zahlreicher epidemiologischer Folgestudien stützen diese ersten Befunde (s. EMF-Monitor 3/2000, 2/2001, 3/2001, 1/2002, 3/2003, 4/2003) und sind insgesamt als starke Hinweise dafür zu interpretieren, dass niederfrequente Magnetfelder insbesondere das Leukämierisiko für Kinder erhöhen. Die magnetischen Flussdichten, ab denen eine Zunahme des Risikos beobachtet wurde, liegen bis zu einem Faktor 500 unter dem derzeit in Deutschland für Magnetfelder mit Netzfrequenz (50 Hz) gültigen gesetzlichen Grenzwert von 100 μ T. Trotz dieser Befunde spielt die Frage der Gefährdung von Kindern durch niederfrequente Felder in der

(Fortsetzung auf Seite 2)



öffentlichen Debatte zurzeit nur eine nachgeordnete Rolle. Die Problematik sollte jedoch wieder stärker beachtet werden, da Kinder praktisch jederzeit niederfrequenten Magnetfeldern ausgesetzt sind. Relevante Quellen sind nicht nur Hochspannungsleitungen, sondern auch die elektrischen Versorgungsleitungen in Wohnhäusern und anderen Gebäuden, alle Arten elektrischer Geräte, einschließlich Spielzeugen, und elektrifizierte Bahnstrecken.

Für den stark diskutierten Bereich der Felder mit Frequenzen, die beim Mobilfunk verwendet werden, ist die Datenlage bisher eher dürftig. Es ist natürlich nicht möglich, die Befunde aus dem Niederfrequenzbereich auf höhere Frequenzen zu übertragen, da zum einen die Ankoppelung der Felder an den Körper unterschiedlich ist und zum anderen davon auszugehen ist, dass niederfrequente Felder andere primäre Wechselwirkungen mit biologischem Material haben als hochfrequente Felder. Bevor auf die Ergebnisse der wenigen Studien zu gesundheitsrelevanten Auswirkungen von Hochfrequenzexpositionen bei Kindern eingegangen wird, ist zunächst die Frage zu diskutieren, ob der kindliche Organismus überhaupt anders und insbesondere empfindlicher auf solche Felder reagiert als der des Erwachsenen.

Empfindlichkeit von Kindern gegenüber Umwelteinflüssen

Die Europäische Umweltagentur und die Weltgesundheitsorganisation gehen in einem gemeinsamen Bericht zu Umwelteinflüssen und Gesundheit der Kinder davon aus, dass Kinder generell eine besonders hohe Empfindlichkeit gegenüber verschiedensten Umwelttoxinen haben (EEA/ WHO 2002). Ähnliche Aussagen finden sich in vielen einschlägigen Publikationen verschiedener Institutionen. Das Umweltbundesamt weist in einem Bericht über umweltbedingte Gesundheitsrisiken mit Blick auf Kinder allerdings darauf hin, dass diese allgemeine Aussage eine sehr starke Vereinfachung darstelle (UBA 2004). Sie berücksichtigt nicht, dass es sich bei Kindern um eine inhomogene Gruppe handelt, deren Suszeptibilität, auch bei Betrachtung derselben Noxe, in den verschiedenen Entwicklungsphasen variieren könne. Die Ursachen für die Unterschiede betreffen sowohl das altersbezogene Verhalten von Kindern, das die Exposition mit bestimmt, als auch die altersbedingten physiologischen Empfindlichkeitsunterschiede. Es sei bekannt, dass die verschiedenen Phasen der Organentwicklung zu bestimmten 'Fenstern der Suszeptibilität' führten. Um den besonderen Gegebenheiten in den Entwicklungsstadien gerecht zu werden, sei es daher sinnvoll, eine Unterteilung in verschiedene Altersgruppen vorzunehmen: Ungeborene Kinder (in der Embryonal- und Fetalentwicklung), Neugeborene und Säuglinge (bis 1 Jahr), Kleinkinder (1 bis 3 Jahre), Vorschulkinder (3 bis 6 Jahre), Schulkinder (6 bis 16 Jahre), Jugendliche (16 bis 18 Jahre). Bestimmte Verhaltensweisen, Aufnahmepfade und Entwicklungsphasen seien allerdings individuell unterschiedlich lange ausgeprägt und die Altersgruppen könnten daher nicht immer scharf voneinander abgegrenzt werden.

Ein Grund für die höhere Empfindlichkeit des kindlichen Organismus gegenüber vielen Noxen könnte die raschere Zellteilung sein. Das würde natürlich insbesondere für den Embryo gelten, der wahrscheinlich auch aufgrund der bei ihm besonders intensiven Zelldifferenzierungsprozesse empfindlich ist. Aufgrund der höheren Zellteilungsrate sämtlicher Organsysteme ist ein größerer Einfluss auf die Kanzerogenese bei Kin-

dem denkbar, insbesondere wenn die kanzerogenen Noxen längere Zeit einwirken (UBA 2004). In Tierversuchen zeigte sich für bestimmte gentoxische Kanzerogene eine höhere Empfindlichkeit des heranwachsenden im Vergleich zum ausgewachsenen Organismus, während für nicht-gentoxische Kanzerogene keine Anhalte dafür vorliegen (UBA 2004).

Für ionisierende Strahlung ist bekannt, dass das Risiko bösartiger Erkrankungen, wie z.B. Leukämien und Krebs, nicht nur von der Strahlendosis, sondern auch vom Alter bei der Bestrahlung abhängt. Das Krebsrisiko für Kinder durch ionisierende Strahlung ist nach verschiedenen Auswertungen doppelt bis dreimal so hoch wie für Erwachsene (ICRP 1991, Miller 1995, UNSCEAR 2000). Auch in Bezug auf UV-Strahlung gelten Kinder als besonders gefährdet (UBA 2004). Die Haut von Kleinkindern ist dünner als die von Erwachsenen und das Immunsystem noch nicht voll ausgebildet. Häufige Sonnenbrände im Kindesalter können das Risiko, im späteren Leben an einem malignen Melanom zu erkranken, erhöhen (Dulon et al. 2002).

Kinder reagieren auch auf viele toxische Stoffe anders und oft stärker als Erwachsene (UBA 2004). Für einige Substanzen (Blei, Quecksilber) ist bekannt, dass sie auf das Gehirn eines Fetus, Säuglings oder Kindes einen größeren Einfluss haben als auf das Gehirn eines Erwachsenen, für andere (PCB) gibt es entsprechende Hinweise (UBA 2004). Gründe für eine größere Empfindlichkeit des kindlichen Gehirns sind die Zunahme der Anzahl der Neuronen bis ins erste Jahr nach der Geburt, die intensive Bildung von Synapsen, die bis in das 2. Lebensjahr stattfindet, und die Bildung der Nervenscheiden, die in Schüben bis ins frühe Erwachsenenalter hinein verläuft (UBA 2004).

Das Immunsystem von Kindern ist noch nicht vollständig ausgebildet, weshalb sie auf manche Umwelteinflüsse stärker reagieren. Epidemiologische Studien belegen z.B. die Zunahme von Allergien besonders im Kindesalter, die wahrscheinlich auf unzureichende Reaktionen des Immunsystems auf verschiedene Umwelteinflüsse (Luftverschmutzung, Schimmelpilze, Hausstaub, Inhaltsstoffe von Lebensmitteln) zurück zu führen ist (EEA/WHO 2002).

Dass eine Noxe Kinder stärker beeinflusst als Erwachsene, kann mindestens zwei Gründe haben:

- bei ihnen liegt eine höhere Exposition gegenüber der betreffenden Noxe vor als bei Erwachsenen (z.B. weil Kinder zumindest bis zu einem bestimmten Alter andere Nahrung zu sich nehmen oder weil sie sich anders verhalten);
- es gibt 'Fenster der Suszeptibilität', die in einem bestimmten Entwicklungsstadium eine höhere Empfindlichkeit beinhalten.

Bei der Bewertung des Risikos einer Exposition im Kindesalter sind zudem langfristige Auswirkungen zu beachten, die dadurch entstehen können,

- dass bei Beginn der Exposition im Kindesalter die akkumulierte Expositionszeit länger sein kann;
- dass sich durch eine eventuell höhere Empfindlichkeit des kindlichen Organismus eine Prädisposition für Erkrankungen im späteren Leben entwickelt.

Das Umweltbundesamt fasst in seinem Bericht die derzeitigen Erkenntnisse zur Empfindlichkeit von Kindern gegenüber Umwelteinflüssen wie folgt zusammen:

"Kinder durchlaufen in ihrer Entwicklung verschiedene Stadien der spezifischen Exposition und Empfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen. Eine generelle Antwort auf die Frage der besonderen Empfindlichkeit von Kindern gegenüber schädlichen Einflüssen aus der Umwelt kann es aufgrund der Heterogenität der Einflüsse - im Hinblick auf die einzelnen Altersstufen und auf einzelne Substanzen - sowie der Reaktionsmechanismen des Organismus nicht geben."

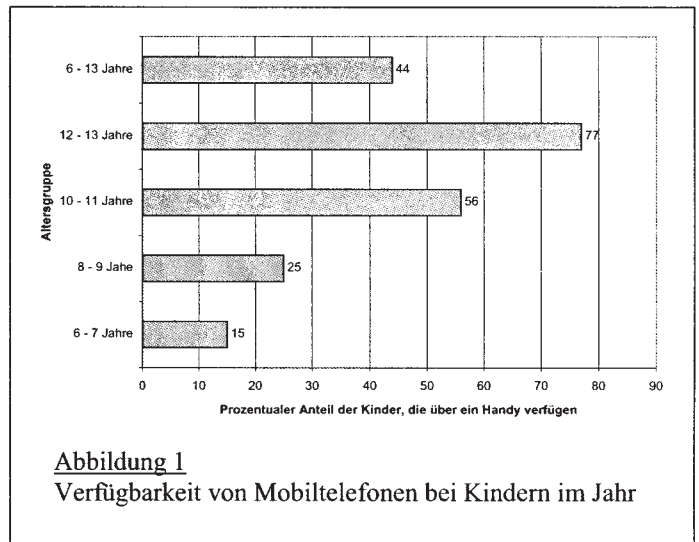
...
 "Kinder können in verschiedenen Entwicklungsstufen empfindlicher, aber auch unempfindlicher als Erwachsene auf einzelne oder kombinierte auftretende Umweltschadstoffe reagieren. Über die physiologischen Unterschiede hinaus haben auch wirtschaftliche und soziale Faktoren einen bedeutenden Einfluss auf die Exposition und auch auf die Gesamtwirkung auf den kindlichen Organismus."

...
 "In der Praxis sollte nicht generell davon ausgegangen werden, dass sich umweltbedingte Einflüsse bei Kindern stärker auf die Gesundheit auswirken als bei Erwachsenen. In vieler Hinsicht ist die Datenlage noch lückenhaft, so dass die weitere Beobachtung und Analyse der Auswirkungen von Umweltfaktoren auf die kindliche Gesundheit ein wichtiges Instrument auf dem Weg zu einem nachhaltigen Umwelt- und Gesundheitsschutz für unsere Gesellschaft darstellt. Allgemeine Richt- und Grenzwerte sollen sich immer am Schutz der empfindlichsten Gruppe orientieren." (UBA 2004)

Empfindlichkeit von Kindern gegenüber den Feldern des Mobilfunks

Die Felder, denen der Körper bei der Benutzung eines Mobiltelefons ausgesetzt ist, sind erheblich stärker als die Felder, die in der zugänglichen Umgebung von Mobilfunkbasisstationen auftreten. Allerdings verursachen Mobilfunkbasisstationen Dauerexpositionen, während Expositionen gegenüber den Feldern von Mobiltelefonen auf die Zeit der Nutzung beschränkt sind, wenn man einmal von den kurzen Statusmeldungen absieht, die auch ein in Bereitschaft befindliches Handy aussendet. Beim Telefonieren erfolgt die stärkste Exposition, von der zudem vor allem der Kopf betroffen ist. Beim Versenden von Kurzmitteilungen (SMS) sind die Felder wegen des größeren Abstandes zwischen Quelle und Körper deutlich schwächer, die Exposition erfolgt vor allem im Rumpfbereich. Als Risikogruppen bezüglich der relativ hohen Expositionen bei der Benutzung eines Mobiltelefons verdienen vor allem ältere Kinder und Jugendliche Beachtung. Aber zunehmend sind auch jüngere Kinder diesen Feldern ausgesetzt. Der KIM-Studie für das Jahr 2006 (MPFS 2007) zufolge verfügen bereits 77 % der 12- bis 13-Jährigen und immerhin schon 15 % der 6- bis 7-Jährigen über ein Handy (s. Abbildung 1). In Bezug auf die von Sendeanlagen verursachten Expositionen sind alle Altersgruppen gleichermaßen von Interesse.

Der beim Telefonieren mit dem Handy besonders stark exponierte Kopf weist bei Kleinkindern im Vergleich mit Erwachsenen deutliche anatomische Unterschiede auf. Das Wachstum des Kopfes und des Gehirns erfolgt vorwiegend in den ersten zehn Lebensjahren. Der Umfang des Kopfes eines 1-jährigen Kindes erreicht im Mittel 84 % des Umfangs des Kopfes eines Erwachsenen, bei einem 7-jährigen Kind sind es schon 93 bis 95 % (Prader et al. 1989). Die Dicke der Schädeldecke ist bis zum Alter von etwa 18 Jahren dünner als die von Erwachse-



nen. Das schnellste Wachstum der Dicke der Schädeldecke erfolgt in den ersten zehn Lebensjahren. Zum Zeitpunkt der Geburt beträgt die Dicke 1,4 mm, im Alter von 12 Jahren werden 6,8 mm erreicht (Koenig et al. 1995). Bei Erwachsenen ist der Schädel dann etwa 7,7 mm dick. Bei den angegebenen Werten handelt es sich allerdings um Mittelwerte, denen erhebliche Schwankungsbreiten zugrunde liegen. Im Zusammenhang mit der Exposition gegenüber der Strahlung von Mobiltelefonen ist zudem nicht so sehr die Schädeldecke sondern der Knochenaufbau des seitlichen Schädels von Bedeutung. Mit dem Alter ändert sich auch das Knochenmark. Während es bei Neugeborenen fast vollständig rot ist, beträgt der Anteil des roten Knochenmarks im Alter von 20 Jahren nur noch rund 50 % (Simonson & Kao 1992).

Da das Mobiltelefon beim Telefonieren dicht am Ohr gehalten wird, haben auch die Größe, Dicke und Form der Ohrmuschel einen erheblichen Einfluss darauf, wie viel des vom Mobiltelefon abgestrahlten Feldes bis in das Innere des Kopfes gelangt. Ein weiterer Einflussfaktor ist die Dicke der Haut, die sich mit dem Alter ändert. Der Unterschied zwischen der Dicke der Haut eines Zweijährigen und der eines Erwachsenen kann bis zu 70 % betragen (Martens 2005).

Aufgrund der anatomischen Unterschiede zwischen dem Kopf eines Kindes und dem eines Erwachsenen und der vom Alter abhängigen dielektrischen Eigenschaften von Körpergewebe (Martens 2005) ist davon auszugehen, dass es auch Unterschiede bezüglich der Exposition des Gehirns beim Telefonieren mit dem Handy gibt. Die Ergebnisse von Berechnungen der Strahlungsabsorption im Gehirn anhand mehr oder weniger realistischer Modelle der Schädel von Kindern und Erwachsenen lieferten bisher allerdings sehr unterschiedliche Ergebnisse. Berechnungen von Gandhi et al. (1996) ergaben für Kinder sowohl eine erheblich stärkere Absorption als auch eine andere Verteilung der im Gehirn absorbierten Strahlung. In einigen anderen Untersuchungen wurden zwar nicht so starke, aber doch deutliche Unterschiede festgestellt (Anderson 2003, Wang & Fujiwara 2003, Wiart et al. 2005, De Salles et al. 2006, Wang et al. 2006). Es liegen jedoch auch einige Arbeiten vor, in denen keine signifikanten Unterschiede zwischen der Absorption im Kopf des Kindes und in dem eines Erwachsenen festgestellt wurden (Hombach et al. 1996, Meier et al. 1997, Schönborn et al. 1998, Bit-Babik et al. 2005, Christ & Kuster 2005, Keshvari & Lang 2005).

In dem Alter, in dem Kinder beginnen, Mobiltelefone zu benutzen, unterscheidet sich die Zahl ihrer Neuronen zwar nicht mehr von der eines Erwachsenen und die Synapsenbildung ist weitgehend abgeschlossen, aber das Gehirn des Kindes ist möglicherweise dennoch viel empfindlicher, da die Bildung der Nervenscheiden (Myelinisierung der Axone) noch nicht abgeschlossen ist. Die Nervenscheiden bestehen aus Proteinen und Lipiden und beschleunigen die Weiterleitung von Nervenpulsen entlang der Nervenzellen. Ohne diese Hüllen könnte das Gehirn keine Botschaften aus anderen Teilen des Körpers empfangen und auch keine dorthin senden. Die Myelinisierung beginnt am Ende der Embryonalentwicklung. In den Bereichen unter der Hirnrinde erreicht sie am Ende des zweiten Lebensjahres ein fortgeschrittenes Stadium, in einigen anderen Bereichen des Gehirns setzt sie sich jedoch bis in das frühe Erwachsenenalter fort (Yakovlev & Lecour 1967, Holland et al. 1986, Van der Knaap & Valk 1995). Mit zunehmender Myelinisierung sinkt die elektrische Leitfähigkeit des Hirngewebes wegen des geringen Wassergehalts der Nervenscheiden.

Untersuchungen dazu, welche Auswirkungen hochfrequente Felder auf das sich in der Entwicklung befindliche Nervensystem des Menschen haben, gibt es nicht. Auch Tierexperimente liegen kaum vor. Da das reife menschliche Gehirn aber empfindlicher gegenüber vielen stofflichen Noxen ist als das ausgereifte (s.o.), ist nicht auszuschließen, dass es auch gegenüber elektromagnetischen Feldern empfindlicher reagiert. In diesem Bereich gibt es einen dringenden Forschungsbedarf. Bis aussagekräftige Untersuchungsergebnisse vorliegen, sollte aufgrund der Forschungsergebnisse aus dem Bereich der stofflichen Toxikologie davon ausgegangen werden, dass das Gehirn von Kindern und Jugendlichen empfindlicher ist als das von Erwachsenen.

Es wurden zahlreiche Untersuchungen zu möglichen Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder, insbesondere solcher, die beim Mobilfunk verwendet werden, auf Gehirnfunktionen durchgeführt. Die Ergebnisse sind nicht einheitlich, einige Arbeiten ergaben jedoch deutliche Hinweise auf die Beeinflussung bestimmter kognitiver Funktionen, auch Veränderungen im Elektro-Enzephalogramm wurden nachgewiesen (s. EMF-Monitor 5/2004, 2/2006, 3/2006, 4/2006, 6/2006, 1/2007). An Kindern wurden bisher lediglich zwei Untersuchungen durchgeführt. Preece et al. (2005) und Haara et al. (2005) beobachteten übereinstimmend Einflüsse auf die Reaktionszeit, die allerdings, anders als bei entsprechenden Untersuchungen an Erwachsenen, statistisch nicht signifikant waren.

Untersuchungen zum Hirntumorrisiko bei Kindern, die Mobiltelefone nutzen, liegen bisher nicht vor. Mehrere epidemiologische Untersuchungen an Erwachsenen deuten auf ein erhöhtes Risiko bei Personen, die Mobiltelefone kontinuierlich über mehrere Jahre nutzten (s. a. S. 7ff, Übersichten und Diskussionen zu einzelnen Arbeiten finden sich u.a. in EMF-Monitor 1/2006, 3/2006, 6/2006, 1/2007).

Zum Krebsrisiko der Anwohner von Mobilfunkbasisstationen liegen bisher weder für Kinder noch für Erwachsene in wissenschaftlichen Fachzeitschriften publizierte Untersuchungen vor. Es wurden lediglich Ergebnisse einiger epidemiologischer Untersuchungen veröffentlicht, bei denen das Tumorrisiko der Bevölkerung in der Umgebung von Radio- und Fernsehse-

ndern untersucht wurde (Hocking et al. 1996 s. dazu auch McKenzie et al. 1998, Dolk et al. 1997a, b, Michelozzi et al. 2002, Hocking & Gordon 2003). In den Studien von Hocking et al. (1996), Dolk et al. (1997a) und Michelozzi et al. (2000) wurde eine erhöhte Leukämierate bei den stärker exponierten Kindern festgestellt. Bei einer erweiterten Auswertung ihrer Daten stellten Hocking & Gordon (2003) zudem eine reduzierte Überlebensrate der dichter an den Sendeanlagen lebenden und an Leukämie erkrankten Kinder fest. In allen Fällen handelt es sich um komplizierte Senderkonstellationen, die eine eindeutige Bestimmung der Expositionen erschweren. Zudem waren die Fallzahlen überwiegend klein, sodass die Aussagekraft dieser Studien vielfach angezweifelt wird (s. z.B. McKenzie et al. 1998, SSK 2006). Allerdings führt eine (nicht-differentielle) Fehlklassifikation der Exposition in epidemiologischen Studien immer zu einer Unterschätzung des tatsächlichen Risikos und die statistische Signifikanz, die bei den Ergebnissen gegeben war, ist nicht mit dem Hinweis auf kleine Fallzahlen wegzudiskutieren. Insgesamt sind die Ergebnisse der bisher vorliegenden Studien zum Krebsrisiko in der Umgebung von Radio- und Fernsehsendern als Hinweise auf ein erhöhtes Leukämierisiko für Kinder zu werten, die den Hochfrequenzfeldern dieser Anlagen ausgesetzt sind. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Mobilfunk ist allerdings fraglich, da die untersuchten Sendeanlagen in Frequenzbereichen sendeten, die nicht mit denen des Mobilfunks übereinstimmen.

Es ist bereits darauf hingewiesen worden, dass sich in Tierversuchen für bestimmte genotoxische Kanzerogene eine höhere Empfindlichkeit des heranwachsenden im Vergleich zum ausgewachsenen Organismus gezeigt hat. Daher stellt sich die Frage, ob die hochfrequenten elektromagnetischen Felder des Mobilfunks genotoxisch wirken. Es gibt in der Tat eine Reihe von Arbeiten, in denen DNA-Strangbrüche, Chromosomenaberrationen, Schwesterchromatidaustausche und Mikronuklei bei Intensitäten der Strahlung festgestellt wurden, für die eine thermische Wirkung ausgeschlossen werden kann, es liegen aber auch Arbeiten vor, in denen solche Effekte nicht beobachtet wurden (für übergreifende Diskussionen s. EMF-Monitor 2/2004, 6/2004, 5/2006, 6/2006, s. a. Forschungsspektrum).

Zu anderen gesundheitlichen Risiken außer Krebs, denen Anwohner von Mobilfunkbasisstationen möglicherweise ausgesetzt sind, liegen bisher drei Veröffentlichungen vor (Navarro et al. 2003, Santini et al. 2003, Hutter et al. 2006), die sich aber alle auf Erwachsene beziehen. Die Aussagekraft der beiden Studien aus dem Jahr 2003 ist aufgrund der nur sehr groben Expositionsabschätzung begrenzt. Hutter et al. führten dagegen Messungen durch, sodass ihre Expositionsbestimmung verlässlich sein dürfte. Sie stellten eine statistisch signifikante Zunahme der Beeinträchtigung durch Kopfschmerzen, kalte Hände und Füße sowie Konzentrationsschwäche mit wachsender Exposition fest. Diese Symptome nahmen bereits bei Leistungsdichten von mehr als 0,1 mW/m² zu. Der gesetzliche Grenzwert in Deutschland liegt je nach Frequenz bei 4,8 bis 10,0 W/m².

Stellungnahme der Strahlenschutzkommission

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat eine Stellungnahme zum Thema 'Mobilfunk und Kinder' erarbeitet (SSK 2006), die jetzt veröffentlicht wurde. In Bezug auf die vorliegenden wis-

senschaftlichen Erkenntnisse zu potentiellen gesundheitlichen Auswirkungen des Mobilfunks auf Kinder und Jugendliche stellt die SSK zusammenfassend fest:

1. "Die bisherigen wissenschaftlichen Untersuchungen belegen zwar eine tendenziell höhere Absorption in Kinderköpfen, die Unterschiede zu Erwachsenen nehmen jedoch bereits nach den ersten Lebensjahren stark ab und sind bei 5-Jährigen bereits kleiner als die interpersonellen Variationen. Für jüngere Kinder liegen bisher keine Studien vor.
2. Die wenigen bisherigen Untersuchungen an Kindern ab 5 Jahren ergeben keine belastbaren Hinweise auf eine erhöhte Empfindlichkeit des Organismus von Kindern und Jugendlichen.
3. Die gegenwärtige epidemiologische Literatur enthält keine belastbaren Daten, mit denen sich Gesundheitsschädigungen durch langzeitige Einwirkungen von Mobilfunkfeldern belegen ließen. Studien speziell zu Kindern existieren nicht.
4. In Bezug auf mögliche Einflüsse auf die körperliche oder geistige Entwicklung von Kindern und Jugendlichen durch Mobilfunkfelder liegen bisher keine wissenschaftlichen Untersuchungen vor. Eine Beeinflussung kognitiver Funktionen ist weder bei Erwachsenen noch bei Kindern belegt."

Beim Vergleich der Stellungnahme der SSK mit der im vorangegangenen Abschnitt gegebenen Darstellung der wissenschaftlichen Sachlage zeigt sich Übereinstimmung in der Feststellung, dass es in allen Bereichen erhebliche Forschungsdefizite gibt. Unterschiedliche Bewertungen gibt es u.a. hinsichtlich der Interpretation der Arbeiten zu der Frage, ob das Gehirn des Kindes beim Telefonieren mit dem Handy stärker exponiert wird als das eines Erwachsenen. Die SSK geht auf die Frage ausführlich ein, allerdings wurde von ihr nur ein Teil der verfügbaren Arbeiten zur Kenntnis genommen. Vor dem Hintergrund der vorliegenden Ergebnisse ist das o.a. Fazit der SSK nicht nachvollziehbar. An anderer Stelle formuliert die SSK sogar, dass sich insgesamt feststellen ließe, "dass alle vorliegenden Untersuchungen – bis auf die 1996 von der Gruppe Gandhi veröffentlichte Studie – keine gravierenden Unterschiede in der Exposition von Kinder- und Erwachsenenköpfen feststellen können."

Ein weiterer Unterschied zeigt sich in der Bewertung der Ergebnisse der Arbeiten zum Hirntumorrisiko im Zusammenhang mit der Nutzung von Mobiltelefonen. Die Arbeiten zu anderen Gesundheitsstörungen als Krebs bei Anwohnern von Mobilfunksendeanlagen sowie zur Gentoxizität und deren mögliche Konsequenzen für die Bewertung des Gesundheitsrisikos von Kindern werden von der SSK nicht behandelt.

Die vorliegende Stellungnahme der SSK zum Thema 'Mobilfunk und Kinder' zeigt einmal mehr, dass dieses oberste Beratungsgremium der Bundesregierung in Sachen Strahlenschutz dazu tendiert, vor allem Argumente zusammenzutragen, die belegen sollen, dass nichts bewiesen sei und dass deshalb kein Handlungsbedarf bestehe. Diesen Eindruck können auch einige Vorsorgeempfehlungen nicht mildern, die die SSK gibt (s.u.), zumal die Formulierungen kaum dazu geeignet sind, Eltern dazu anzuregen, Maßnahmen zum vorsorgenden Schutz ihrer Kinder zu ergreifen. Zwei Dinge sind für die Positionierung der SSK symptomatisch:

- Die SSK hält offensichtlich den folgenden Hinweis für nötig:

"Die SSK hebt hervor, dass diese Stellungnahme nicht als Befürwortung einer verstärkten Mobilfunknutzung durch Kinder und Jugendliche ausgelegt oder als Werbeargument verwendet werden kann."

- Von der differenzierten Behandlung der Frage, ob Kinder empfindlicher auf Umwelteinflüsse reagieren als Erwachsene, durch das Umweltbundesamt übernimmt die SSK in ihrer Stellungnahme lediglich den Satz:

"In der Praxis sollte nicht generell davon ausgegangen werden, dass sich umweltbedingte Einflüsse bei Kindern stärker auf die Gesundheit auswirken als bei Erwachsenen."

Sie stellt zwar richtiger Weise fest, dass es bisher kaum Untersuchungen speziell zu den Auswirkungen von Feldern des Mobilfunks auf Kinder gibt, ignoriert aber weitgehend die grundsätzlichen Erkenntnisse zur Empfindlichkeit des kindlichen und jugendlichen Organismus. Insbesondere die höhere biologische Aktivität des heranwachsenden Organismus im Hinblick auf eine mögliche kanzerogene Wirkung der Felder des Mobilfunks und die möglicherweise höhere Empfindlichkeit des sich entwickelnden Gehirns, das bei der Benutzung eines Mobiltelefons stark exponiert ist, hätten von der SSK stärker gewürdigt werden müssen. Die SSK erwähnt lediglich, dass die Synapsenbildung bis in das Kleinkindalter erfolgt und dass die Bildung der Nervencheiden erst im zweiten Lebensjahrzehnt abgeschlossen wird, setzt sich aber nicht damit auseinander, ob dies möglicherweise für die Bewertung des Risikos für Kinder bei der Exposition gegenüber den Feldern von Mobiltelefonen bedeutsam ist.

Vorsorgender Schutz von Kindern vor möglichen Gefahren durch die Felder des Mobilfunks

Bisher liegen kaum Forschungsergebnisse zu den Gesundheitsrisiken von Kindern vor, die den Feldern von Mobiltelefonen oder Mobilfunkbasisstationen ausgesetzt sind. Hieraus kann aber nicht geschlossen werden, dass keine Notwendigkeit für einen besonderen Schutz von Kindern bestehe, wie es die Strahlenschutzkommission tut. Vielmehr erfordern

- die wenigen verfügbaren Forschungsergebnisse zu den Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf den kindlichen Organismus,
 - die vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse zu gesundheitsrelevanten Wirkungen dieser Felder allgemein (u.a. Hinweise auf erhöhte Hirntumorrisiken bei Langzeitnutzern von Mobiltelefonen, Beeinflussungen von Gehirnfunktionen, gentoxisches Potential von Hochfrequenzfeldern und andere für die Kanzerogenese bedeutsame zelluläre Effekte) und
 - die Erkenntnisse zur Empfindlichkeit des heranwachsenden Organismus in bestimmten Entwicklungsphasen
- konsequente Maßnahmen speziell zum Schutz von Kindern und Jugendlichen vor möglichen Gefahren durch die Felder des Mobilfunks.

- Kinder bis zum Alter von zehn Jahren sollten generell keine Mobiltelefone benutzen. Bei älteren Kindern sollte die Benutzung von Mobiltelefonen so restriktiv wie möglich gehandhabt werden.
- Die Hersteller von Mobiltelefonen und die Mobilfunknetzbetreiber sollten verpflichtet werden, Geräte und Verfahren zu entwickeln, bei denen die Exposition bei Benutzung eines Mobiltelefons deutlich vermindert wird. Dies ist u.a.

möglich durch

- die Optimierung von Mobiltelefonen und deren Antennen unter dem Gesichtspunkt der Expositionsminimierung,
 - ein ergonomisches Design, das eine Handhabung des Telefons begünstigt, die zu einer Verminderung der Exposition beiträgt,
 - die serienmäßige Beipackung von 'Headsets',
 - eine akustische Anzeige der Dauer der Verbindung.
- Die Hersteller von Mobiltelefonen und die Mobilfunknetzbetreiber sollten zudem verpflichtet werden, auf ihren Produkten auf mögliche Risiken speziell für Kinder hinzuweisen.
 - Das Bundesamt für Strahlenschutz sollte gemeinsam mit den Verbraucherverbänden und ggf. weiteren Partnern Maßnahmen entwickeln und umsetzen, um Eltern über mögliche Risiken für ihre Kinder bei der Benutzung von Mobiltelefonen aufzuklären und sie dazu zu motivieren und zu befähigen, über die Nutzung von Mobiltelefonen durch ihre Kinder verantwortungsbewusst zu entscheiden.
 - Eltern und Schulen sollten dazu beitragen, den sozialen Druck auf Kinder und Jugendliche abzubauen, ein Mobiltelefon haben zu müssen.
 - Bevor älteren Kindern und Jugendlichen die Nutzung von Mobiltelefonen ermöglicht wird, sollte ihnen vermittelt werden, wie durch richtige Benutzung Expositionen vermieden oder verringert werden können. Hierbei sind Eltern und Schulen gefordert. Geeignete Maßnahmen sind z.B.
 - Kauf eines Mobiltelefons, das nur geringe Expositionen verursacht (kleiner SAR-Wert),
 - Nutzung des Mobiltelefons nur in Situationen, wenn es erforderlich ist und kein Festnetzanschluss zur Verfügung steht,
 - Benutzung eines 'Headsets',
 - Nutzung des Mobiltelefons nur bei guten Empfangsbedingungen,
 - Haltung des Mobiltelefons so, dass der Abstand, insbesondere des Bereichs, in dem sich die Antenne befindet, zum Kopf möglichst groß ist,
 - Versenden von SMS statt Telefonat.
 - Die Mobilfunknetzbetreiber sollten verpflichtet werden, bei der Errichtung von Mobilfunkbasisstationen (Auswahl der Standorte, Technik) das Minimierungsgebot zu beachten. Das ist insbesondere notwendig im Hinblick auf Bereiche, in denen sich Kinder längere Zeit aufhalten, wie Wohngebiete, Kindertagesstätten und Schulen.
 - Hochfrequenz-Expositionen von Kindern durch andere Quellen (DECT-Telefone, WLAN, WiMAX usw.) sollten vermieden werden.

Literatur

Anderson V. 2003: Comparisons of peak SAR levels in concentric sphere head models of children and adults for irradiation by a dipole at 900 MHz. *Phys. Med. Biol.* 48 (20): 3263-3275

Bit-Babik G., Guy A.W., Chou C.K., Faraone A., Kanda M., Gessner A., Wang J. & Fujiwara O. 2005: Simulation of exposure and SAR estimation for adult and child heads exposed to radiofrequency energy from portable communication devices. *Radiat. Res.* 163 (5): 580-590

Christ A. & Kuster N. 2005: Differences in RF energy absorption in the heads of adults and children. *Bioelectromagnetics* 26 (Suppl. 7): S31-S44

de Salles A., Bulla G. & Rodriguez C.E.F. 2006: Electromagnetic absorption in the head of adults and children due to mobile phone operation close to the head. *Electromagn. Biol. Med.* 25 (4): 349-360

Dolk H., Shaddick G., Walls P., Grundy C., Thakrar B., Kleinschmidt I. & Elliott P. 1997 a: Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain, I Sutton Coldfield emitter. *Am. J. Epidemiol.* 145 (1): 1-9

Dolk H., Elliott P., Shaddick G., Walls P. & Thakrar B. 1997 b: Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain, II All high power transmitters. *Am. J. Epidemiol.* 145 (1): 10-17

Dulon M., Weichenthal M., Blettner M., Breitbart M., Hetze M., Greinert R., Baumgardt-Elms C. & Breitbart E.W. 2002: Sun exposure and number of nevi in 5- to 6-year-old European children. *J. Clin. Epidemiol.* 55: 1075-1081

EEA/WHO (European Environment Agency and WHO Regional Office for Europe) 2002: Children's health and environment: A review of evidence. Environmental issue report No 29. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg

Gandhi O.P., Lazzi G. & Furse C.M. 1996: Electromagnetic absorption in the human head and neck for mobile telephones at 835 and 1900 MHz. *IEEE Trans. Microwave Theory Techn.* 44 (10): 1884-1897

Haarala C., Bergman M., Laine M., Revonsuo A., Koivisto M. & Hämäläinen H. 2005: Electromagnetic field emitted by 902 MHz mobile phones shows no effects on children's cognitive function. *Bioelectromagnetics* 26 (Suppl. 7): S144-S150

Hocking B., Gordon I.R., Grain H.L. & Hatfield G.E. 1996: Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. *Med. J. Aust.* 165 (11-12): 601-605

Hocking B. & Gordon I. 2003: Decreased survival for childhood leukemia in proximity to television towers. *Arch. Environ. Health* 58 (9): 560-564

Holland B.A., Haas D.K., Norman D., Brant-Zawadzki M. & Newton T.H. 1986: MRI of normal brain maturation. *Am. J. Neuroradiol.* 7 (2): 201-208

Hombach V., Meier K., Burkhardt M., Kühn E. und Kuster N. 1996: The dependence of EM energy absorption upon human head modeling at 900 MHz. *IEEE Trans. Microwave Theory Techn.* 44 (10): 1865-1873

Hutter H.-P., Moshammer H., Wallner P. & Kundi M. 2006: Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup. Environ. Med.* 63 (5): 307-313

ICRP (International Commission on Radiological Protection) 1991: ICRP Publication 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press, Oxford

IEGMP (Independent Expert Group on Mobile Phones) 2000: Report of the group. www.iegmp.org.uk/report/index.htm

IPCS (International Programme on Chemical Safety) 1999: Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals. *Environmental Health Criteria* 210. World Health Organization, Geneva

Keshvari J. & Lang S. 2005: Comparison of radio frequency energy absorption in ear and eye region of children and adults at 900, 1800 and 2450 MHz. *Phys. Med. Biol.* 50 (18): 4355-4369

Koenig W.J., Donovan J.M. & Pensler J.M. 1995: Cranial bone grafting in children. *Plast. Reconstr. Surg.* 1: 1-4

Martens L. 2005: Electromagnetic safety of children using wireless phones: a literature review. *Bioelectromagnetics* 26 (Suppl. 7): S133-S137

McKenzie D.R., Yin Y. & Morrell S. 1998: Childhood incidence of acute lymphoblastic leukemia and exposure to broadcast radiation in Sydney - a second look. *Aust. N. Z. J. Publ. Health* 22 (3 Suppl.): 360-367

Meier K., Hombach V., Kästle R., Tay R.Y. & Kuster N. 1997: The dependence of electromagnetic energy absorption upon human-head modeling at 1800 MHz. *IEEE Trans. Microwave Theory Techn.* 45 (11): 2058-2062

Michelozzi P., Capon A., Kirchmayer U., Forastiere F., Biggeri A., Barca A. & Perucci C. 2002: Adult and childhood leukemia near a high-power station in Rome, Italy. *Am. J. Epidemiol.* 155 (12): 1096-1103

- Miller R.W. 1995: Special susceptibility of the child to certain radiation-induced cancers. *Environ. Health Persp.* 103 (Suppl. 6): 41-44
- MPFS (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, Hg.) 2007: KIM-Studie 2006. Kinder und Medien, Computer und Internet: Basisuntersuchung zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger in Deutschland. Landesanstalt für Kommunikation Baden-Württemberg, Stuttgart
- Navarro E.A., Segura J., Portolés M. & Gómez-Perretta de Mateo C. 2003: The microwave syndrome: a preliminary study in Spain. *Electromagn. Biol. Med.* 22 (2): 161-169
- Prader A., Largo R.H., Molinari L. & Issler C. 1989: Physical growth of Swiss children from birth to 20 years of age. First Zurich longitudinal study of growth and development. *Helv. Paediatr. Acta* 43 (Suppl. 52): 1-25
- Preece A.W., Goodfellow S., Wright M.G., Butler S.R., Dunn E.J., Johnson Y., Manktelow T.C. & Wesnes K. 2005: Effect of 902 MHz mobile phone transmission on cognitive function in children. *Bioelectromagnetics* 26 (Suppl. 7): S138-S143
- Santini R., Santini P., Le Ruz P., Danze J.M. & Seigne M. 2003: Survey study of people living in the vicinity of cellular phone base stations. *Electromagn. Biol. Med.* 22 (1): 41-49
- Schönborn F., Burkhardt M. & Kuster N. 1998: Differences in energy absorption between heads of adults and children in the near field of sources. *Health Phys.* 74 (2): 160-168
- Simonson T.M. & Kao S.C. 1992: Normal childhood developmental patterns in skull bone marrow by MR-imaging. *Pediatr. Radiol.* 22 (8): 556-559
- SSK (Strahlenschutzkommission) 2006: Mobilfunk und Kinder - Stellungnahme der Strahlenschutzkommission und wissenschaftliche Begründung. Verabschiedet in der 213. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 05./ 06. Dezember 2006
- UBA (Umweltbundesamt) 2004: Umweltbedingte Gesundheitsrisiken - Was ist bei Kindern anders als bei Erwachsenen? Umweltbundesamt, Berlin
- UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) 2000: Report. Sources and effects of ionizing radiation. Vol. II: Effects. United Nations, New York
- Van der Knaap M.S. & Valk J. 1995: Magnetic resonance of myelin, myelination and myelin disorders. Springer, Berlin
- Wang J. & Fujiwara O. 2003: Comparison and evaluation of electromagnetic absorption characteristics in realistic human head models of adult and children for 900-MHz mobile telephones. *IEEE Trans. Microwave Theory Techn.* 51 (3): 966-971
- Wang J., Fujiwara O., Kodera S. & Watanabe S. 2006: FDTD calculation of whole-body average SAR in adult and child models for frequencies from 30 MHz to 3 GHz. *Phys. Med. Biol.* 51 (17): 4119-4127
- Wertheimer N. & Leeper E. 1979: Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 109 (3): 273-284
- Wiart J., Hadjem A., Gadi N., Bloch I., Wong M.F., Pradier A., Lautru D., Hanna V.F. & Dale C. 2005: Modeling of RF head exposure in children. *Bioelectromagnetics* 26 (Suppl. 7): S19-S30
- Yakovlev P.I. & Lecour A.R. 1967: The myelotic cycles of regional maturation of the brain. In: Minkowski A. (Ed.): Regional development of the brain in early life. Davies, Philadelphia, PA: 3-70

Kennzeichnung von Handys

Nachdem die Handy-Hersteller den 'Blauen Engel' für strahlungsarme Handys schlichtweg ignorieren, haben jetzt die FDP und die Grünen versucht, doch noch zu erreichen, dass Handys in Zukunft gekennzeichnet werden. Beide Vorstöße, von der FDP der Vorschlag mit den Herstellern über eine Selbstverpflichtung zur Kennzeichnung zu verhandeln, von den Grünen der Vorschlag zur gesetzlichen Regelung der Kennzeichnung, wurden im Umweltausschuss des Bundestags abgelehnt. Die 'großen' Parteien (CDU/CSU und SPD) verwiesen beide auf den Stand der Forschung, der nicht auf eine Gefährdung schließen lasse, die CDU/CSU brachte zudem wieder einmal das Argument 'Wettbewerbsnachteil'.

Einen anderen Vorstoß bezüglich der Information von Handy-Nutzern hat die Wiener Ärztekammer unternommen, die den Stand der Forschung dahingehend interpretiert, dass Warnungen vor einer Gesundheitsgefährdung durchaus berechtigt sind. Sie fordert, dass in Zukunft jedem Handy ein Hinweis auf die möglichen Gefahren durch die Mobilfunkstrahlung beigelegt wird. Die Ärztekammer verweist auf das Vorbild Frankreich, wo schon seit 2003 jeder Handy-Käufer ein entsprechendes Falblatt des Gesundheitsministeriums erhält, in dem auch Verhaltensempfehlungen gegeben werden, z.B. Kinder sollten so wenig wie möglich telefonieren, beim Telefonieren sollte der Standort möglichst nicht gewechselt werden und der Abstand zwischen Handy und Körper sollte so groß wie möglich gehalten werden. (OS)

Benutzung von Mobiltelefonen und langfristige Trends bei Hirntumor-Erkrankungen

H. -Peter Neitzke

Es gibt eine wachsende Besorgnis, dass die weit verbreitete Nutzung von Mobiltelefonen zu einem Anstieg der Gehirntumorrate führen könnte, da das Gehirn beim Telefonieren einem vergleichsweise starken Hochfrequenzfeld ausgesetzt ist. Von den Hochfrequenzquellen, denen die Allgemeinbevölkerung im Alltag ausgesetzt ist, verursachen Mobiltelefone mit Abstand die höchsten Expositionen. In einigen epidemiologischen Untersuchungen war tatsächlich eine Zunahme des Risikos, an einem Gehirntumor zu erkranken, für Personen festgestellt worden, die über viele Jahre (5 Jahre und mehr) ein Mobiltelefon genutzt hatten (s. EMF-Monitor 1/2006, 3/2006,

6/2006, 1/2007). Diese Befunde werden in der wissenschaftlichen Diskussion oft relativiert, weil andere Studien keine Auffälligkeiten ergeben hatten. Allerdings konnte das Risiko von Langzeitnutzern in etlichen Studien gar nicht untersucht werden, da diese Gruppe noch sehr klein ist, sodass sie in der Untersuchungsgruppe gar nicht oder so gering vertreten waren, dass die Ergebnisse mit hohen statistischen Unsicherheiten behaftet waren. Letzteres gilt natürlich in gleicher Weise für die Studien, in denen das Gehirntumor-Risiko von Langzeitnutzern untersucht wurde, und macht so auch diese Studien angreifbar. Allerdings wäre schon ein relativ geringfügiges