

EMF Monitor

ISSN 0949-488X

15. Jahrgang
Nummer 6
Dezember 2009

Elektromagnetische Felder, Umwelt und Gesundheit

Inhalt

EMF-Forschung tut not!	1
Reisen in fremde Länder	7
Forschungsspektrum	7
Impressum	8

Der Index 2009 erscheint im Heft 1/2010

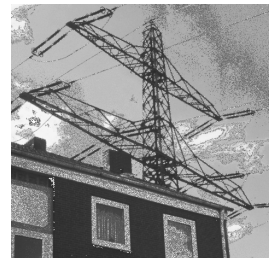
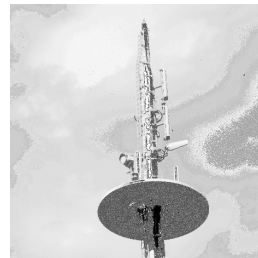
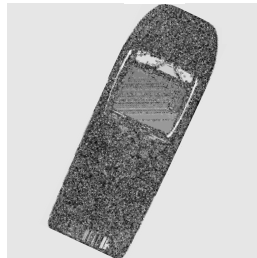
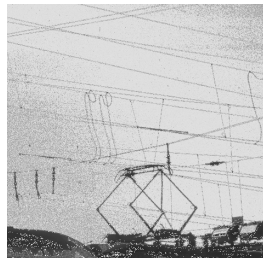
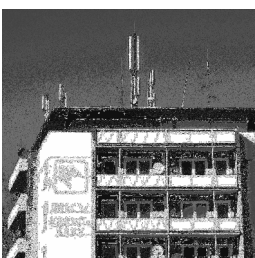
**Die Redaktion
wünscht Ihnen
viel Glück und
Erfolg für das
Jahr 2010**

EMF-Forschung tut not!

H.-Peter Neitzke

Zum Ende des Jahres wird die Forschungsgemeinschaft Funk aufgelöst. Mit dem Ende dieser zwischen Forschungsförderung und Industrielobbyismus angesiedelten Einrichtung wird wohl auch das Ende für den von ihr herausgegebenen FGF Newsletter kommen, dem wir einige seriöse wissenschaftliche Übersichtsartikel aber vor allem auch viele, teils amüsante teils ärgerliche Versuche von mehr oder weniger dazu berufenen Autoren verdanken, uns ihre sehr persönlich geprägte Sicht auf die Forschungslandschaft zu den biologischen Wirkungen hochfrequenter Felder nahe zu bringen. Ein Autor, der schon seit Jahren Beiträge für den FGF Newsletter verfasst, ist Roland Glaser, der vor seiner Emeritierung im Jahre 2000 an der Humboldt-Universität zu Berlin tätig war. Der Autor dieses Beitrags hatte vor Jahren das Vergnügen, mit Prof. Glaser in einer von der damaligen Arbeitsgruppe Mensch-Umwelt-Technik am Forschungszentrum Jülich im Auftrag von T-Mobile organisierten und moderierten Wissenschaftlerunde die Effekte und möglichen Risiken durch hochfrequente elektromagnetische Felder zu diskutieren (s. Wiedemann & Schütz 2002). Beteiligt waren daran außerdem Prof. Silny von der RWTH Aachen, der mittlerweile ebenfalls im Ruhestand ist, und ein Vertreter des Öko-Instituts in Darmstadt. Auch wenn in der Diskussion deutlich wurde, dass sich Prof. Glaser zwar im Umfeld seines Arbeitsgebiets sehr gut auskannte, darüber hinaus jedoch eher weniger, hob er sich doch durch fachkundigere Diskussionsbeiträge von den beiden anderen Mitdiskutanden ab, sodass die Veranstaltung tatsächlich ein gewisses Vergnügen bereitete. Dies dürfte allerdings nur für Leser nachzuvollziehen sein, die Spaß an einem wissenschaftlichen Disput haben.

Nun, wie gesagt, Prof. em. Glaser hat eine beachtliche Reihe von Beiträgen für den Newsletter verfasst. Seine Hauptbotschaft: Es gibt keine Wirkungen hochfrequenter Felder unterhalb der Schwellen für thermische Effekte. Gesundheitsschädlich sind sie schon gar nicht. Und die ganze Forschung ist überflüssig, reine Geldverschwendung und wird nur nicht beendet, weil unverantwortliche Wissenschaftler (aus seiner Sicht) schlechte Forschung machen oder (nach seiner Meinung) falsche Schlussfolgerungen aus den vorliegenden Forschungsergebnissen ziehen. Die Leser können dies noch einmal geballt in Glasers jüngstem Beitrag unter dem Titel 'EMF-Forschung tut not?' (Glaser 2009) nachlesen. Glaser bietet aber weniger 'Betrachtungen aus der Sicht der praktischen Vernunft', wie der Untertitel ankündigt, sondern viel Polemik gepaart mit Ignoranz und Anmaßung. Man könnte darüber hinwegsehen und diesen Artikel Gla-



sers, wie andere zuvor, als die sehr speziellen Ansichten eines Wissenschaftlers abtun, der sich, was aner kennenswert ist, bemüht, über den Tellerrand seines ehemaligen engen Forschungsbereichs zu blicken, dem seine (wissenschafts-) ideologischen Scheuklappen aber nur eingeschränkte Wahrnehmung erlauben und dem es nicht gelingt, das was er dort sieht – oder zu sehen meint – einzuordnen, weil er nach wie vor alles durch die Brille seines engen Spezialgebiets sieht. Glaser ist jedoch nicht nur ein biophysikalisch vorgebildeter Pensionär, sondern er ist Mitglied der Arbeitsgruppe 'Mikrodosimetrie HF' der Strahlenschutzkommission und er liefert denen 'Argumente', die ihre Geschäfte lieber ungestört machen würden, ungestört von wissenschaftlichen Hinweisen auf Effekte in biologischen Systemen, die es, weil sie unterhalb der Schwellen für thermische Wirkungen auftreten, gar nicht geben dürfte, sowie auf viele offene wissenschaftliche Fragen. Der Vorwurf von Seiten mancher Mobilfunkkritiker, Leute wie Glaser seien alle von der Industrie 'gekauft', trifft auf Prof. em. Glaser nach Ansicht des Autors sicher nicht zu. 'Kaufen' im eigentlichen Sinn ist bei ihm gar nicht nötig. Er ist ein Schreiber aus Überzeugung, der das Forum, das ihm zur Verbreitung seiner Ansichten geboten wird, dankbar und eifrig nutzt.

Doch nun zu dem jüngsten Artikel Glasers und einer kritischen Auseinandersetzung mit einigen seiner Behauptungen und 'Argumente', die im Folgenden jeweils in kursiver Schrift zitiert werden.

Obgleich sachlich verschieden, ist doch wissenschaftshistorisch der Vergleich zwischen der Forschung zur biologischen Wirkung ionisierender mit jener der nichtionisierenden elektromagnetischer Felder legitim und aufschlussreich. Beide Problemkreise haben eine hohe gesellschaftspolitische Relevanz. Beide Richtungen werden etwa im gleichen Zeitraum beforscht. Für beide gilt eine Intensivierung der Forschung in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts. Während man jedoch vom molekularen Mechanismus bis zur gesundheitlichen Konsequenz die Wirkung ionisierender Strahlung heute zuverlässig kennt und ihre Gefahren zweifelsfrei einschätzen kann, ist die Forschung über schwache Intensitäten elektromagnetischer Felder nichtionisierender Quantenenergie aus dem Bereich unsicherer Spekulationen nicht herausgekommen. Will man sich nicht in die üblichen Verschwörungshypothesen flüchten, die übrigens für beide Richtungen anwendbar wären, so drängt sich konsequenterweise der Schluss auf: Es gibt außer thermischem Rauschen keine Effekte schwacher HF-Felder auf den lebenden Organismus.

Glasers Schlussfolgerung, die Forschung zu den Wirkungen nicht-ionisierender Strahlung (Glaser differenziert hier wie auch an anderen Stellen nicht zwischen niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern) habe trotz gleichem Forschungsaufwand, anders als die Forschung im Bereich der ionisierenden Strahlung, keinen Beweis für einen biologischen Wirkungsmechanismus unterhalb der Schwellen für thermische Wirkungen erbracht, also gebe es keine Effekte schwacher HF-Felder auf den Organismus, baut zum einen auf einer falschen Behauptung auf und ist zum anderen wissenschaftlich naiv:

Die Wirkungen ionisierender Strahlung wurden über Jahr-

zehnte wesentlich intensiver untersucht als die Wirkungen nicht-ionisierender Strahlung. Dafür gab und gibt es starke historische, gesellschaftspolitische und medizinische Gründe, u.a. die Auseinandersetzung mit den Folgen der Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki und der oberirdischen Atomwaffentests, die Bedrohung durch die Kernwaffenarsenale, den Konflikt um die Nutzung der Kernenergie und den Einsatz ionisierender Strahlung zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken. Aufgrund der Bedeutung der wissenschaftlichen Forschung zu und der Auseinandersetzung mit den Risiken durch ionisierende Strahlung wurden bereits in den 1960er Jahren mit diesen Fragestellungen befasste nationale und internationale wissenschaftliche Gremien von Regierungen und supranationalen Organisationen eingerichtet oder gründeten sich aus der Wissenschaft heraus. Im Jahr 1964 wurde die Internationale Strahlenschutzvereinigung (International Radiation Protection Association, IRPA) gegründet, die sich zunächst ausschließlich mit wissenschaftlichen Fragestellungen im Zusammenhang mit der ionisierenden Strahlung befasste. Anfang der 1970er Jahre wurde zwar ein IRPA-Unterkomitee zu nicht-ionisierender Strahlung eingerichtet, aus dem ging aber erst 1992 die bei mobilfunkkritischen Bürgerinitiativen verrufene Internationale Kommission zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) hervor. Die höhere Intensität wissenschaftlicher Forschung zu den Wirkungen ionisierender Strahlung wird auch durch die weit größere Zahl an Publikationen im Vergleich mit dem Forschungsfeld 'Nicht-ionisierende Strahlung' belegt: In den Zeitschriften *Health Physics* und *Radiation and Environmental Biophysics*, die beide Forschungsgebiete 'bedienen', hatten die Arbeiten zu den Wirkungen nicht-ionisierender Strahlung (einschließlich UV) in den letzten zehn Ausgaben nur einen Anteil von 12,5 bzw. 5,2 % (eigene, leicht überprüfbare Zählung). Es wird weiter intensiv an den biologischen Wirkungen ionisierender Strahlung geforscht und viel publiziert, obwohl man dies für überflüssig halten könnte, sind doch die Wirkungsmechanismen hinreichend bekannt.

Ionisierende Strahlung (dazu gehört sowohl Teilchen- wie elektromagnetische UV- und Gammastrahlung, um die es im Folgenden geht) hat einen starken Effekt auf lebende und unbeladene Materie: Die Energie pro Strahlungsquantum ist ausreichend, um Atome und Moleküle zu ionisieren (daher der Name) bzw. Moleküle zu dissoziieren, also aufzuspalten. Bei hohen Dosen kann dies zu so massiven Zellschädigungen führen, dass der bestrahlte Organismus insgesamt akut geschädigt wird. Bei geringen Dosen kann sich der Schaden, der unzweifelhaft auch bei geringen Intensitäten auf der molekularen Ebene eintritt, als genetischer Defekt indirekt und mit zeitlicher Verzögerung gesundheitlich auswirken – wenn die körpereigenen Reparaturmechanismen nicht rechtzeitig wirksam werden. Dieser starke Effekt der ionisierenden Strahlung ist schon lange bekannt und theoretisch gut verstanden. Er tritt oberhalb einer Minimalfrequenz auf, bei der die für Ionisation oder Dissoziation erforderliche Energie erreicht wird, ganz unabhängig davon, ob die Intensität hoch oder niedrig, ob die Strahlung kontinuierlich oder gepulst, ob und wie sie polarisiert ist. Der biologische Zustand des bestrahlten Organismus ist weitgehend unerheblich, synergistische Wirkungen mit anderen Noxen sind möglich, aber für den Eintritt des Primärschadens nicht notwendig. Ob Strahlung, die wir als ionisie-

rende Strahlung bezeichnen, noch andere primäre Effekte auf lebende Materie hat, die von anderen Parametern als der Quantenenergie abhängen, interessiert angesichts des starken bekannten Effekts praktisch nicht.

Bei der nicht-ionisierenden Strahlung ist ein solch starker Primäreffekt bisher nicht bekannt. Es ist hinlänglich untersucht und wissenschaftlich unstrittig, dass hochfrequente Felder (Wasser-) Moleküle in Schwingungen versetzen können und dass dieser Effekt zu einer Erwärmung des bestrahlten Gewebes führen kann. Bei hoher Strahlungsintensität können wärmebedingte Reaktionen des Organismus ausgelöst werden. Ist die Erwärmung zu stark, kann das Gewebe akut geschädigt werden. Da bisher allein dieser thermische Wirkungsmechanismus eindeutig belegt ist, wird von Glaser – aber nicht nur von ihm – behauptet, dass es andere Mechanismen nicht gebe, es sei denn die Feldstärken seien extrem hoch. Mittlerweile gibt es jedoch so viele wissenschaftliche Hinweise darauf, dass hochfrequente elektromagnetische Felder mit Intensitäten unterhalb der anerkannten Schwellen für thermische Wirkungen biologische Effekte auslösen können (s. z.B. Gollnick und Dubois 2008 zu genotoxischen Effekten, Valentini E. et al. 2007 zur Beeinflussung der Hinfunktion), über deren Schädlichkeit wird hier noch nichts gesagt. Das heißt, man muss davon ausgehen, dass andere Mechanismen als der skizzierte thermische Effekt wirksam sind, auch wenn es bisher in dieser Hinsicht nur eine Reihe von Hypothesen und theoretischen Erklärungsansätzen, aber keine experimentellen Bestätigungen gibt – u.a. auch weil entsprechende Untersuchungen bisher nicht durchgeführt wurden.

Auch wenn Glaser, was den bisher fehlenden Nachweis eines eindeutigen biophysikalischen Wirkungsmechanismus betrifft, Recht hat, ist seine Argumentation doch naiv, denn es gibt eben nicht nur genug Hinweise, dass 'nicht-thermische' Intensitäten biologisch wirksam sind, sondern auch darauf, dass zum einen die biologische Wirksamkeit von weiteren Parametern des Hochfrequenzfeldes, wie dessen zeitliche Struktur und Polarisation, und zum anderen die Ausprägung der Effekte auch vom Zelltyp und dem biologischen Zustand des Organismus abhängen (Neitzke & Osterhoff 2008). Systematische Untersuchungen dieser verschiedenen Einflussgrößen fehlen bisher und dass in dieser Hinsicht kein Forschungsbedarf besteht, kann nur behaupten, wer alle wissenschaftlichen Veröffentlichungen ignoriert, die nicht in sein fest gefügtes wissenschaftliches Bild passen. Glaser verweist am Anfang seines Beitrags darauf, dass seine Literaturliste "beinahe zweitausend mehr oder weniger gründlich ausgewertete Publikationen" beinhalte (zum Vergleich: die an der RWTH-Aachen geführte FEMU-Datenbank verzeichnet gut 13.000 Einträge, jedoch einschließlich Technik und Risikokommunikation, die des ECOLOG-Instituts 3.900 zu den Wirkungen niederfrequenter und 5.300 zu den Wirkungen hochfrequenter Felder). Man kann Glaser nicht vorwerfen, dass seine Datenbank kleiner ist, aber sehr wohl, dass von ihm einiges "weniger gründlich" ausgewertet wurde, wie er selbst einräumt, und dass von ihm viele Untersuchungen, wie seine Ausführungen zeigen, gar nicht zur Kenntnis genommen wurden. Untersuchungen, bei denen Effekte bei subthermischen Intensitäten festgestellt wurden, werden pauschal als "nicht bestätigt" ohne Beleg dafür bei Seite geschoben. Weder wird auf ihre Qualität im Vergleich mit anderen Untersuchungen, bei denen keine Effekte gefunden wurden, eingegangen, noch wird für letztere eine

kritische Überprüfung gefordert. Kein Wort darüber, dass Untersuchungen von Effekten, die nicht so stark sind wie der Primäreffekt ionisierender Strahlung, kompliziert sind und genug Gelegenheit bieten, einen Effekt durch die falsche Wahl der Untersuchungsparameter zu 'begraben' oder zu übersehen – ob gewollt oder nicht. Glaser ignoriert zudem, dass Forschungsgruppen, die von der Industrie gefördert wurden, signifikant häufiger nichts finden als Gruppen, die mit öffentlichen Forschungsgeldern arbeiten (Huss et al. 2007, s.a. Neitzke 2006). Es gibt verschiedene Möglichkeiten, positive Forschungsbefunde als 'Exoten' erscheinen zu lassen. Eine besteht darin, möglichst viele 'genehme' Ergebnisse zu produzieren. Die Industrie muss sich dazu gar keine Wissenschaftler kaufen, sie muss nur denen, die ohnehin der festen Meinung sind, dass keine Effekte zu finden sind, das Geld geben, diese Meinung mit Untersuchungsbefunden zu belegen, die mit der richtigen Brille interpretiert wurden. Eine andere, die von Glaser präferierte, Möglichkeit besteht darin, zwar positive Befunde zu hinterfragen, was richtig und wichtig ist, Untersuchungen mit negativen Befunden jedoch 'durchzuwinken', weil man ja ohnehin nichts anderes erwartet hat.

Der Autor ist der Meinung, dass nicht die Ergebnisse bisheriger Forschung, sondern vielmehr soziologische und gesellschaftspolitische Gründe diese unendliche Geschichte vorantreiben.

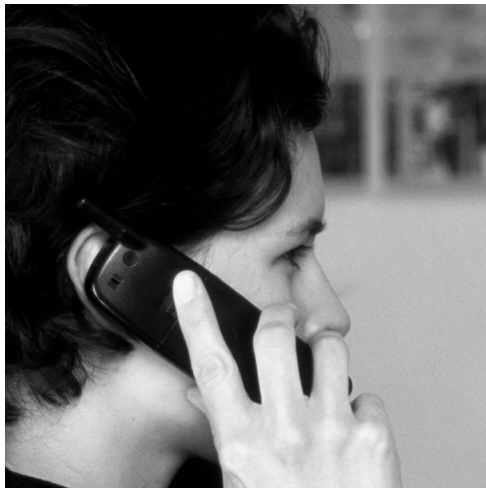
Was immer auch 'soziologische Gründe' sein mögen, Glaser scheint es völlig gegen den Strich zu gehen, dass eine Gesellschaft von der Wissenschaft verlangt, Risiken, denen sie möglicherweise ausgesetzt ist, zu untersuchen, dass Geld in wissenschaftliche Fragestellungen gesteckt wird, die gesellschaftlich und nicht im biophysikalischen Elfenbeinturm formuliert werden. Sicher, wenn alle wichtigen Fragen bereits beantwortet wären und alle tatsächlichen oder scheinbaren Widersprüche zwischen Befunden aus verschiedenen Untersuchungen geklärt wären, könnte man der Meinung sein, dass weitere Forschung überflüssig wäre. Aber davon sind wir weit entfernt, wie aktuelle Studien und Stellungnahmen wissenschaftlicher Gremien zeigen (s.u.).

Die Diskussion um Langzeiteffekte wird im wesentlichen gespeist durch die Arbeiten der Gruppe um Lennart Hardell und Kjell Hansson Mild, die aus epidemiologischen Studien glauben schlussfolgern zu können, dass bei über zehnjährigem Gebrauch ein Zusammenhang zwischen Handy-Nutzung und dem Auftreten akustischer Neurome und Gliome besteht. Abgesehen von der statistischen Unsicherheit dieser Aussage lässt der Erinnerungsfehler und die Suggestivität der Fragestellung diesen Zusammenhang als sehr fragwürdig erscheinen. So wird dies auch von anderen Epidemiologen eingeschätzt. Epidemiologische Aussagen sind diesbezüglich ohnehin mit dem Problem belastet, dass sich bei dem schnellen Fortschritt der Technik die Art der Exposition ständig ändert.

Hier, wie an anderer Stelle, würde man dem emeritierten Professor der Biophysik gerne den Rat geben "Schuster bleib bei Deinem Leisten" – oder nimm wenigstens die einschlägige wissenschaftliche Literatur zur Kenntnis. Es sind ja mittlerweile mitnichten allein die Befunde in den Arbeiten von Hardell et al., die auf ein möglicherweise erhöhtes Risiko für Hirntumoren bei Langzeitexpositionen gegenüber den Feldern des Mobilfunks deuten (s. z.B. die Übersichten zu den vorlie-

genden Arbeiten, die u.a. im Rahmen der INTERPHONE-Studie durchgeführt wurden: Neitzke 2008 a, b). Zudem haben die Auswertungen im Rahmen der INTERPHONE-Studie gezeigt, dass die Befunde nicht durch die von Glaser angeführten 'Erinnerungsfehler' zu erklären sind (Vrijheid et al. 2006), was mit Suggestivität der Fragestellung gemeint ist, erschließt sich leider nicht.

Mit seinem letzten Satz spricht Glaser allerdings ein ernstes Problem der epidemiologischen Forschung im Zusammenhang mit den Expositionen gegenüber technogenen Hochfrequenzfeldern an, ohne dass ihm dies bewusst zu sein scheint bzw. ohne dass er ernsthaft darauf eingeht. Die Exposition gegenüber Feldern aus unterschiedlichsten Quellen macht es fast unmöglich, die Expositionen der Untersuchungsgruppen eindeutig zu definieren. Wer sein Mobiltelefon selten benutzt, muss noch lange nicht in die Gruppe der 'nicht' oder 'gering exponierten' gehören, wenn er oder sie am Arbeitsplatz oder in der Wohnung Feldern aus anderen Quellen ausgesetzt ist. Grundsätzlich führen Fehlklassifikationen von Expositionen in epidemiologischen Studien zu einem niedrigeren Wert für das Relative Risiko und damit zu einer Unterschätzung des Risi-



kos. Da sich die Art der Exposition in der Tat schnell ändert und weil die Exposition der Bevölkerung aufgrund der schnellen Ausbreitung der Funktechnologien generell zunimmt, wird es in absehbarer Zeit praktisch unmöglich, stabile Gruppen von Exponierten oder tatsächlich nicht-exponierte Vergleichsgruppen zu finden. Dem wäre nur, zumindest teilweise, mit besseren Untersuchungsmethoden zu begegnen (z.B. durch den Einsatz von Exposimetern, die allerdings besser sein müssten als die heute verfügbaren). Das könnte auch Glaser wissen, aber wenn er dies zur Kenntnis nehmen und darauf eingehen würde, wäre es viel schwerer, eine Forschungsgruppe zu diskreditieren, ohne deren Arbeiten in Relation zu den Stärken und Schwächen anderer Untersuchungen und Publikationen zu würdigen und die Vorwürfe auch nur ansatzweise zu belegen. Um abermals einem möglichen Missverständnis vorzubeugen: Es geht dem Autor dieses Beitrags nicht darum, Hardell und Kollegen vor einer kritischen Auseinandersetzung mit ihren Methoden und Interpretationen zu bewahren, sondern es geht darum, dass wissenschaftliche Arbeiten nicht nur dann kritisiert werden, wenn einem die 'Kollegen', ihre Publikationsstrategie oder ihre Befunde nicht passen oder weil sie von der Community zu Außenseitern erklärt wurden und man sich des Applauses der wissenschaftlichen Meinungsführer oder zumindest der Nutznießer einer Diskreditierung solcher

Kollegen sicher sein kann. Und es geht darum, allzu platte Behauptungen als das zu entlarven, was sie sind. Bezeichnenderweise enthält Glasers Beitrag zum Newsletter der FGF nicht einen einzigen Literaturhinweis, der seine Behauptungen belegt.

Bisher konnte kein einziger Effekt der Wirkung hochfrequenter Felder im Intensitätsbereich der geltenden Grenzwerte aus dem Bereich statistischen Rauschens herausgehoben, verifiziert und aufgeklärt werden. Dabei ist unter „aufgeklärt“ zu verstehen: beliebige Reproduzierbarkeit, Nachweis von Frequenz- und Modulationsempfindlichkeit, Darstellung einer Dosis-Wirkungskurve, ganz zu schweigen von der Aufklärung eines biophysikalischen Mechanismus. Viele Forschungs- und damit Steuermittel sind sinnlos verpufft bei den Bemühungen, leichtsinnig publizierte falschpositive oder gar gefälschte Resultate zu kontrollieren! Sinnlos, denn zum einen hätten diese Untersuchungen bei ehrlicher und ordentlicher Forschung vermieden werden können, zum anderen, weil sich eingeschworene Mobilfunkgegner dadurch wenig beeindruckt lassen. Die aus Sicht der Wissenschaft längst falsifizierten Daten werden von ihnen regelmäßig als Beweise für vermeintliche Gefahren gehandelt. Mehr noch: aus der Unmöglichkeit, sie durch andere Gruppen zu verifizieren, wird der Schluss gezogen, die Forschung sei bisher widersprüchlich und müsse folglich forciert werden.

Glaser dreht in seinem aktuellen FGF Newsletter-Artikel einen Kreis nach dem anderen, die gleichen Behauptungen werden wieder und wieder aufgetischt. Immer wieder behauptet er, die, die Effekte beobachtet haben, hätten schlechte Forschung gemacht oder sogar die Daten gefälscht. Falschnegative Befunde gibt es für ihn nicht und fälschen tun nur die Mobilfunkskeptiker. Kein Wort darüber, dass die empirisch nachgewiesene starke Tendenz, in der Industrie-geförderten Forschung nichts zu finden (s.o.), mindest genauso viel Verwirrung stiftet und der Aufklärung möglicher Risiken durch hochfrequente Felder genauso abträglich ist, wie überinterpretierte positive Befunde. Und immer wieder die Behauptung, alle positiven Befunde seien längst widerlegt. Schön wäre es ja, wenn alle Untersuchungen, allerdings auch solche mit negativen Befunden, überprüft würden. Aber es gibt selbst zu den Untersuchungen mit positiven Befunden nur eine Hand voll Überprüfungen. Eingehende Analysen, warum in einem Labor ein Effekt gefunden wurde, in einem anderen bei ähnlichem Untersuchungsdesign jedoch nicht, gibt es schon gar nicht. Der einzige dem Autor dieses Beitrags bekannte Fall, sind die Untersuchungen von Prof. Loescher und Mitarbeitern an der Tierärztlichen Hochschule Hannover zur kokkanzerogenen Wirkung niederfrequenter Magnetfelder im Tiermodell, die in den USA wiederholt wurden. Loeschers Ergebnisse konnten dort trotz identischem Versuchsprotokoll nicht reproduziert werden. Erst eine sehr gründliche Analyse durch beide Arbeitsgruppen offenbarte den Grund: Die Amerikaner hatten mit einem anderen Rattenstamm experimentiert als die Deutschen, weil eine Einfuhr von Tieren des in Deutschland verwendeten Stamms mit anderer Empfindlichkeit gegenüber kanzerogenen Noxen nicht möglich war. Solche vergleichenden Analysen würde man sich zumindest zu jedem Experiment wünschen, das das Potential hat, zur Aufklärung möglicher Risiken durch elektromagnetische Felder beizutragen, sei es dass es mögliche gesundheitliche Wirkungen aufzeigt, dass es Hinweise auf mögliche Wirkungsmechanismen gibt oder

dass es andere Befunde in Frage stellt. Solche eingehenden Analysen sind nicht durch wissenschaftliche Mehrheitsmeinungen zu ersetzen. Und überhaupt nicht hilfreich sind einseitige pauschale Diskreditierungsstrategien à la Glaser.

Der Fortschritt der Wissenschaft wird üblicherweise durch Reviews und Metaanalysen dokumentiert. Man braucht nicht den Extremfall zu betrachten, mit dem kürzlich Rüdiger in der Zeitschrift „Pathophysiology“ seine Schlussfolgerung zieht: Von 101 Publikationen zu EMF-Wirkungen zeigten 49 einen genotoxischen Effekt, 42 nicht, die restlichen legten eine Verstärkung chemischer Mutagenität nahe. Ergo: die Mehrheit entscheidet - mehrere Wege genotoxischer Wirksamkeit sind wahrscheinlich! Auch in seriösen Metaanalysen der EMF-Forschung herrscht das Prinzip vor, dass in Tabellen zusammengefasst, im Text kommentiert, die positiven und negativen Ergebnisse unkritisch und quasi gleichberechtigt nebeneinandergestellt werden. Im Unterschied zu einer Vorgehensweise auf anderen Gebieten der Wissenschaft wird hier nicht ein historisch-dynamischer Verlauf dargestellt, der aus Irrtümern zu Erkenntnissen führt, vielmehr werden die nicht reproduzierbaren Ergebnisse weitergeschleppt. Kein Wunder, dass sich für den Außenstehenden der Eindruck wissenschaftlicher Unklarheit und mangelnden Fortschritts ergibt. Für den Drittmittel-Suchenden, dem nichts Besseres einfällt, lautet dann eben wieder die erfreuliche Schlussfolgerung: „further studies required!“

Prof. Glaser hat ja Recht – im Prinzip jedenfalls. Natürlich reicht es nicht, einfach die Untersuchungen mit positiven und die mit negativen Befunden zu zählen, ohne die Qualität der Arbeiten zu würdigen, und die Zahlen nebeneinander zu stellen. Aber solche simplen 'Metaanalysen' finden sich allenfalls in der grauen Literatur. Zu dem von Glaser angesprochenen Thema haben Gollnick und Dubois 2008 sogar im FGF Newsletter eine sehr detaillierte Übersicht vorgelegt. Dass auch in dieser Arbeit von Autoren, die sicher der von Glaser gerne unterstellten Zugehörigkeit zum mobilfunkkritischen Lager unverdächtig sind, Untersuchungen mit negativem Befund solchen mit positivem gegenüberstehen, liegt schlicht daran, dass sich die Untersuchungen nicht gegeneinander 'verrechnen' lassen, weil es kaum Untersuchungen gibt, die als wechselseitige Replikationsexperimente gelten könnten, weil nicht die selben Effekte untersucht wurden, weil sich die untersuchten Systeme unterschieden, weil mit Feldern unterschiedlicher Art gearbeitet wurde, weil die Analysemethoden nicht vergleichbar waren usw. Untersuchungen dürfen eben nur dann in den 'wissenschaftlichen Papierkorb' geworfen werden, wenn sie nachweislich gefälscht oder falsch durchgeführt wurden oder wenn sie eindeutig widerlegt wurden. Glaser und andere machen es sich da viel zu leicht: Was nicht passt, kann nicht stimmen.

Diese Einschätzung, mit welcher der Autor dieser Schrift erfahrungsgemäß nicht allein steht, spiegelt sich nur teilweise in der zur Zeit immer noch steigenden Anzahl internationaler Publikationen wider (Verweis auf eine Abbildung). Bemerkenswert, und der Empfehlung entsprechend, ist allerdings der Umstand, dass in dem ursprünglich auf diesem Gebiet führenden Land, den USA, die Anzahl von Publikationen, insbesondere solcher experimentellen Inhalts, weit zurückgegangen ist (Verweis auf eine Abbildung). Der summarische Anstieg internationaler Publikationen wird gespeist nicht nur durch ver-

mehrte Forschungsaktivitäten der letzten Jahre in Europa, insbesondere in Italien und Frankreich, sondern vor allem durch wissenschaftlich aufstrebende Länder wie Indien, China, Türkei, Süd-Korea usw.

Letzteres führt leider zu einer vermehrten Anzahl von Publikationen zweifelhafter Qualität. Auch die frühe Entwicklung der EMF-Forschung in den USA ist dadurch gekennzeichnet, dass manche Publikationen auf Experimenten beruhen, die mit unzureichender Methodik durchgeführt wurden.

Prof. em. Glaser könnte wissen, was jeder weiß, der die internationale Forschungslandschaft schon länger beobachtet, dass die Forschung in den USA sehr viel stärker am Tropf der Industrie hängt als in Europa und dass diese immer weniger Mittel für die EMF-Forschung bereitgestellt hat. Öffentliche Mittel fehlten in den letzten Jahren fast völlig. Es ist also kein Wunder, dass sich US-Forscher anderen Gebieten zugewandt haben und dass aus den USA in den letzten Jahren vergleichsweise wenige Publikationen kamen. Es wäre sicher im Interesse der Industrie, wenn auch in Europa die Forschungsaktivitäten zurückgefahren würden. Glaser und andere arbeiten jedenfalls kräftig daran.

Dass Indien, China, Türkei, Süd-Korea in der Forschung aufholen, ist nur zu begrüßen. Auch Ägypten, Israel und einige der arabischen Länder könnten genannt werden. Glasers Behauptung, Forschung in diesen Ländern führe zu einer vermehrten Anzahl von Publikationen zweifelhafter Qualität, ist, da er wieder einmal jeglichen Beleg schuldig bleibt, nur als chauvinistische Entgleisung zu werten. An anderer Stelle verunglimpft er dann auch noch die Mediziner als ganzen Berufsstand. Aus seiner Sicht sind allein Biophysiker seines Schlages zu richtiger Forschung und zur richtigen Interpretation von Forschungsergebnissen in der Lage. Aus Sicht des Autors dieses Beitrages, der immerhin auch Biophysik studiert hat, können aber nur interdisziplinäre Forschungsansätze Fortschritte in der experimentellen Forschung bringen.

Die vorstehend zitierten Passagen stellen nur einen kleinen Ausschnitt aus dem Artikel von Prof. em. Glaser im Newsletter der FGF dar. Wer sich selbst ein Urteil bilden will und die Kommentare des Autors dieses Beitrags für übertrieben hält, sollte sich den Originalartikel besorgen (Glaser 2009). Glasers einfache Sicht der Dinge wird sicherlich Zustimmung bei einigen finden, vor allem bei denen, die davon profitieren, wenn die Bevölkerung, vor allem in ihrer Eigenschaft als Konsumentinnen und Konsumenten, nicht durch wissenschaftliche Risikodebatten verunsichert wird. Anerkannte wissenschaftliche Arbeitsgruppen und Gremien haben bisher glücklicherweise nicht gefordert, die Forschung einzustellen, ganz im Gegenteil:

Die Strahlenschutzkommission stellt in ihrer Stellungnahme zum Deutschen Mobilfunkforschungsprogramm (DMF) fest bzw. empfiehlt (SSK 2008):

- Untersuchungen zu nicht-thermischen Wechselwirkungsmodellen bleiben weiterhin aktuell insbesondere in Hinblick auf potenzielle genotoxische Effekte.
- Während für die gesundheitliche Bewertung akuter Expositionen aus biologischer Sicht bereits vielfältiges Datenmaterial vorliegt, ist für die Bewertung länger anhaltender bis lebenslanger Expositionen noch Forschungsbedarf gegeben, der besonders in Hinblick auf potenzielle Lang-

- zeiteffekte zu sehen ist. Dazu sind auch weitere Arbeiten über potenzielle genotoxische Effekte und die Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Tierversuchen auf den Menschen erforderlich. Ebenso fehlen weiterhin biologische Ergebnisse zur Festlegung eines geeigneten Expositionsmaßes bei zeitlich variierenden und räumlich inhomogenen Expositionen sowie tolerierbare Temperaturänderungen und Änderungsgeschwindigkeiten. Offene Fragen ergeben sich auch bezüglich der Exposition von Föten und Kindern sowie potenzieller Auswirkungen auf Kognition, Befindlichkeit und Schlaf.
- Epidemiologische Untersuchungen zu potenziellen Langzeitwirkungen haben bisher aufgrund der noch relativ kurzen Zeiträume der Handynutzung eingeschränkte Aussagekraft. Zur gesundheitlichen Bewertung können sie auch weiterhin sinnvoll sein, wobei die evidenzbasierte Auswahl biologischer Endpunkte die Belastbarkeit der Ergebnisse erhöhen würde. Ein besonderes Problem der Untersuchung langer Zeiträume stellen jedoch die rasche Entwicklung und schnelle Verbreitung neuer Technologien dar, die ständige Änderungen des Expositionsszenarios bewirken und die dosimetrische Zuordnung und Interpretation von Ergebnissen erheblich erschweren. Schwierig zu klärende Fragen stellen Befindlichkeitsstörungen dar, die von Betroffenen auf Mobilfunkeinflüsse zurückgeführt werden. Die Epidemiologie kann dabei zwar Hilfestellungen geben, aber es wird erforderlich sein, zur Klärung auch hypothesenbasierte und experimentelle Untersuchungsansätze und Strategien anzuwenden.
 - Ob noch weitere Untersuchungen zum Hirntumorrisiko vorgenommen werden sollten, sollte erst nach Publikation und Bewertung der Gesamt-INTERPHONE-Studie entschieden werden. Studien unter Einbeziehung von Kindern, z. B. in multinationalen prospektiven Kohortenstudien, könnten einen wichtigen Beitrag zur gesundheitlichen Bewertung erbringen, erfordern jedoch eine verbesserte Expositionserfassung und die Klärung, wie über einen längeren Zeitraum sich ändernde Expositionsszenarien, -quellen und -felder bei der Ermittlung der Expositionsgruppen und des Risikoschätzers zu berücksichtigen wären.
 - Das DMF hat gezeigt, dass es sinnvoll ist, die Evaluierung der Exposition durch neue Technologien, wie z. B. TETRA, LTE, 4G, DVB-H, Femto-Zellen, RF-ID, technikbegleitend durchzuführen. Auf diese Weise können zeitnah Informationen über Technik und Exposition in die Risikobewertungen einfließen. Offen ist nach wie vor, welche Immissionsgröße (z. B. räumlicher und/oder zeitlicher Mittelwert oder Maximalwert) ermittelt werden sollte, sowie die Erfassung und Bewertung der Exposition in inhomogenen und quellnahen Feldern. Zur Expositionsbestimmung durch numerische Simulation sind anatomische Modelle für Schwangere verschiedenen Schwangerschaftsstadiums und für Kinder(köpfe) verschiedenen Alters sowie hochauflösende Modelle für höhere Frequenzen zu entwickeln.
 - Angesichts höherer Frequenzen, feiner auflösender Modelle und jüngerer Exponierter sind die Größe und die Form des Teilkörpervolumens zu hinterfragen, über das die spezifische Absorptionsrate ermittelt (gemittelt) wird. Eine wichtige Herausforderung stellt die realitätsnahe Berechnung der Temperaturerhöhung als biologisch relevantere Größe zur Risikoabschätzung dar. Zur belastbareren

Expositionsabschätzung für epidemiologische Studien sollten Personendosimeter weiter entwickelt und unter Berücksichtigung verschiedener Quellen- und Positionierungsarten validiert werden.

Die Internationale Agentur für Krebsforschung schließt den EMF-Net Bericht über Gesundheitsrisiken durch Hochfrequenzfelder im Rahmen des 6. EU-Rahmenprogramms mit der dringenden Empfehlung (Cardis 2009),

- sowohl Krebserkrankungen als auch andere Endpunkte im Zusammenhang mit der Nutzung von Mobiltelefonen vor allem durch Kinder und Jugendliche epidemiologisch zu untersuchen.
- Auch Untersuchungen an beruflich exponierten Personen seien wichtig.

Erheblicher Forschungsbedarf wurde auch von Wissenschaftlern angemeldet, die als Experten zu einem Hearing des US-Senats eingeladen waren, das Mitte September in Washington stattfand, bzw. die an einem parallelen Meeting teilnahmen, das u.a. vom National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) unterstützt wurde (s. z.B. Davis 2009, Leszczynski 2009, Naidenko 2009, Sadetzki 2009).

Wir brauchen also nicht weniger, sondern bessere Forschung! Und Wissenschaftler mit Einblick in die Schwierigkeiten ihrer jeweiligen Arbeitsgebiete sollten sich daran beteiligen wichtige Fragestellungen zu identifizieren, Kriterien und Methoden für eine bessere Forschung sowie Verfahren zu ihrer Evaluation zu entwickeln und in der wissenschaftlichen Community für eine kritische, aber von sachlichen und fachlichen Erwägungen geleitete Diskussion zu schaffen. Hier könnte sich auch ein emeritierter Professor der Biophysik einbringen und auf Dauer mehr Anerkennung finden als mit polemischen und destruktiven Kampfschriften.

Literatur

- Cardis E. 2008: Effects of the exposure to electromagnetic fields: From science to public health and safer workplace. Report on health effects of RF with recommendations for non-ionizing radiation protection and research needs. EMF-NET Projekt Nr. SSPE-CT-2004-502173
- Davis D.L. 2009: Statement of Devra Lee Davis Ph.D. MPH, Professor of Epidemiology, University of Pittsburgh, Graduate School of Public Health before the U.S. Senate Committee on Appropriations. Testimony from Hearing on Health Effects of Cell Phone Use. 14. September 2009. <http://appropriations.senate.gov/ht-labor.cfm?method=hearings.view&id=15611855-77a8-49f2-bbda-e23a5a5653a3>
- Glaser R. 2009: EMF-Forschung tut Not? Betrachtungen aus der Sicht der praktischen Vernunft. FGF Newsletter 17 (3): 34-39
- Gollnick F. & Dubois W. 2008: Gentoxische Effekte durch Funkwellen? FGF Newsletter 16 (3): 13-22
- Huss A., Egger M., Hug K., Huwiler-Müntener K. & Röösli M. 2007: Source of funding and results of studies of health effects of mobile phone use: systematic review of experimental studies. Environ. Health Persp. 115 (1): 1-4
- Leszczynski D. 2009: Full statement of Dariusz Leszczynski, Ph.D, DSc Research Professor Radiation and Nuclear Safety Authority, Helsinki, Finland. U.S. Senate Committee on Appropriations. Testimony from Hearing on Health Effects of Cell Phone Use. 14. September 2009. <http://appropriations.senate.gov/ht-labor.cfm?method=hearings.view&id=15611855-77a8-49f2-bbda-e23a5a5653a3>
- Naidenko O.V. 2009: Testimony of Olga V. Naidenko, Ph.D. Senior Scientist Environmental Working Group before the U.S. Senate Committee on Appro-

priations. Testimony from Hearing on Health Effects of Cell Phone Use. 14. September 2009.

<http://appropriations.senate.gov/ht-labor.cfm?method=hearings.view&id=15611855-77a8-49f2-bbda-e23a5a5653a3>

Neitzke H.-P. 2006: Geld für Forschung - Forschung für Geld. EMF-Monitor 12 (5): 1-4

Neitzke H.-P. 2008 a: Mobiltelefonnutzung und Hirntumoren: Warten auf den INTERPHONE-Bericht. EMF-Monitor 14 (1): 1-5

Neitzke H.-P. 2008 b: Hirntumorrisiko durch Mobilfunk: Probleme bei der Bewertung epidemiologischer Befunde. EMF-Monitor 14 (5): 7-9

Neitzke H.-P. & Osterhoff J. 2008: Gentoxische Effekte durch hochfrequente elektromagnetische Felder. EMF-Monitor 14 (6): 1-8

Sadetzki S. 2009: Written testimony for a subcommittee hearing entitled: "The Health Effects of Cell Phone Use" U.S. Senate Committee on Appropriations. 14. September 2009.

<http://appropriations.senate.gov/ht-labor.cfm?method=hearings.view&id=15611855-77a8-49f2-bbda-e23a5a5653a3>

Strahlenschutzkommission (SSK) 2008: Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet in der 223. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 13.5.2008

Valentini E., Curcio G., Moroni F., Ferrara M., De Gennaro L. & Bertini M. 2007: Neurophysiological effects of mobile phone electromagnetic fields on humans: a comprehensive review. *Bioelectromagnetics* 28 (6): 415-432

Vrijheid M., Deltour I., Krewski D., Sanchez M. & Cardis E. 2006: The effects of recall errors and of selection bias in epidemiologic studies of mobile phone use and cancer risk. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 16 (4): 371-384

Wiedemann P. & Schütz H. 2002: Risikobewertung des Mobilfunks. Erfahrungen und Schlussfolgerungen aus einem wissenschaftlichen Dialog. EMF-Monitor 8 (5):1-5



Reisen in fremde Länder

Hatten Sie bisher immer Schwierigkeiten, Ihre Familie dazu zu überreden, doch mal mit Ihnen eine Reise nach Ungarn, Polen, Finnland oder Japan zu machen, weil man ja "nicht mit denen sprechen kann", man "die ja nicht versteht?" Jetzt ist Abhilfe in Sicht: das Handy mit Übersetzungsfunktion. Genau genommen geht es hierbei nicht ums Handy, sondern um die dazu gehörige Software, die es möglich machen soll, einfach das, was man sagen (oder verstehen) möchte ins Handy zu sprechen oder zu tippen, wenn man die Übersetzung bekommen möchte. Ein Internet-Zugang oder Server ist hierfür nicht nötig. Bisher gibt es allerdings noch einige Einschränkungen: Die 40.000 bisher erfassten Vokabeln ermöglichen nur die Übersetzung zwischen Englisch und Spanisch und es gibt die Software auch nur fürs iPhone. Dennoch sollten Sie sich die Option schon einmal vornehmen und den Reisewunsch zu Ihrem Traumziel nicht aufgeben, sondern nur verschieben. Sie wollen beides nicht? Dann verreisen Sie doch einfach mal alleine. Wenn Sie dann zurück kommen, können Sie Ihre Familie mit Vokabeln erfreuen, die nicht einmal Ihr Handy versteht - zumindest jetzt noch nicht.

Falls Sie nach Japan reisen wollen und dies doch erst in einiger Zeit realisieren, kann es geschehen, dass ihnen dort Menschen begegnen, die mit den Augen rollen - mal rechts herum, mal links herum - oder häufiger, ohne den Kopf zu drehen, nach oben rechts oder unten links sehen. Nein, Mitleid oder Besorgnis sind nicht nötig, die Leute sind nicht ansteckend, denn sie haben keine bisher unbekannte Krankheit oder auch nur einen steifen Hals, sie sind nur einfach damit beschäftigt, ihre Handys oder MP3-Player über ihr Headset mit den Augen zu steuern. Vielleicht ist das ja sogar ganz gesund - Augengymnastik und so... In diesem Sinne: Viszlát. Was das heißt? - Fragen Sie Ihr Handy. (OS)



Forschungsspektrum

Niederfrequente Felder

Untersuchung der Erkrankungszahlen von Anwohnern von Hochspannungsleitungen

Mit dem Anteil der Bevölkerung von Longaria, einem Bezirk in Rom, der innerhalb eines Abstands von 40 m zu einer Hochspannungsfreileitung wohnt, wurde eine Kohorten-Studie zur Ermittlung von Erkrankungszahlen durchgeführt. Erfasst wurden Leukämien und Lymphome, alle Krebserkrankungen, d.h. primäre und sekundäre Tumoren, neurodegenerative Erkrankungen, ischämische Erkrankungen, darunter versteht man durch Sauerstoffmangel gekennzeichnete Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Komplikationen während der Schwangerschaft, perinatale Erkrankungen sowie Funktionsstörungen der Schilddrüse. Betroffen waren 345 Personen, die zwischen 1954 und 2003 irgendwann in dem Bereich wohnten und 1998 noch lebten. Der zeitgewichtete Mittelwert der magnetischen Flussdichte wurde basierend auf Messungen in einigen Wohnungen, der geometrischen Konfiguration der Hochspannungsfreileitung, den Stromlastdaten und der Lage der

Wohnungen mittels Berechnung abgeschätzt. Der untersuchte Bereich wurde in Unterbereiche mit verschiedenen Magnetfeldstärken eingeteilt, und zwar in die Unterbereiche R: Abstand über 33 m bis 40 m, magnetische Flussdichte kleiner als 0,17 μ T, A: Abstand geringer als 28 m, magnetische Flussdichte 0,19-3 μ T und B: Abstand zwischen 28 und 33 m, in diesem Bereich traten magnetische Flussdichten auf, die entweder dem Unterbereichen R oder A zugeordnet werden konnten. Die Bewohner wurden je nach Wohndauer (in zehnjährigen Schritten) in dem 40 m-Bereich in fünf Untergruppen eingeteilt, wobei Gruppe 5 alle Personen umfasste, die über 40 Jahre in dem Bereich gelebt haben. Die Erkrankungsdaten wurden aus den Entlassungspapieren nach einem Krankenhausaufenthalt in den Jahren 1998 bis 2003 gewonnen. 83 Entlassungsberichte mit den interessierenden Krankheiten wurden ermittelt, sie betrafen 42 Männer und 41 Frauen. Die Auswertung ergab einen nicht signifikanten Anstieg für alle Krebserkrankungen zusammen. Ein signifikant höheres Risiko ergab sich für gutartige Erkrankungen des hämatologischen Systems. Bei Männern war zudem die Erkrankungsrate an Pankreaskrebs (beruhend auf zwei Fällen) und sekundären,

nicht weiter spezifizierten Neoplasmen signifikant erhöht. Neurodegenerative Erkrankungen (Amyotrophische Lateralsklerose und Alzheimer) und Spontanaborte traten nicht auf. Die Erkrankungshäufigkeit an primären Tumoren sowie an hämatologischen Störungen war bei den Personen, die länger als 30 Jahre in dem Bereich wohnten, statistisch signifikant erhöht. Bei Personen, die zwischen 20 und 30 Jahre in dem Bereich wohnten, zeigte sich eine statistisch signifikante Häufung ischämischer Erkrankungen. Eine signifikante Zunahme aller Tumorerkrankungen, primärer und sekundärer, ergab sich für die Bewohner des Unterbereichs A mit der höchsten Exposition. Diese Bewohner hatten zudem eine höhere Rate an ischämischen Erkrankungen. Die Autorinnen verweisen kritisch auf die geringen Fallzahlen und heben hervor, dass es sich bei der vorliegenden Untersuchung um eine Pilotstudie handelt, die der Vorbereitung einer gepoolten Analyse dient. Dennoch sollten die Ergebnisse dieser Arbeit als Hinweis auf ein erhöhtes Erkrankungsrisiko für einige Krankheiten, insbesondere für solche Personen, die lange und in engeren Nachbarschaft zu Hochspannungsleitungen leben, gewertet werden. (OS)

Fazzo L., Tancioni V., Polichetti A. et al. 2009: Morbidity experience in populations residentially exposed to 50 Hz magnetic fields: methodology and preliminary findings of a cohort study. *Int. J. Occup. Environ. Health* 15 (2): 133-142

Hochfrequente Felder

Beeinflussung der Zellproliferation durch Hochfrequenz-Exposition

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, wie sich die Exposition gegenüber einem 935 MHz-Feld auf die Proliferation, die Struktur des Zellskeletts und den mitotischen Index von V97 Zellen auswirkt. V79 ist eine Fibroblasten Zelllinie und stammt vom Chinesischen Hamster. Diese Zelllinie gilt bezüglich gentoxischer Wirkungen als besonders empfindlich. Die Zellen wurden für eine, zwei oder drei Stunden exponiert. Die spezifische Absorptionsrate betrug 0,12 W/kg, die elektrische Feldstärke 8,2 V/m. Zur Ermittlung der Zellvermehrung wurde jeweils 24, 48, 72 und 96 Stunden nach der Exposition eine Zellzählung vorgenommen. Zur Bestimmung des Mitoseindex

wurde 24 Stunden nach der Exposition die Zahl der sich teilenden Zellen bestimmt und zur Ermittlung des Einflusses auf das Zellskelett wurde direkt nach der Exposition die Struktur der Mikrotubuli untersucht. Mikrotubuli sind röhrenförmige Proteinfasern. Sie sind ein Bestandteil des Zellskeletts und sind an zahlreichen zellulären Prozessen, z.B. der Mitose, der Zellteilung und dem vesikulären Transport beteiligt. Bei der Untersuchung der Beeinflussung der Mikrotubuli wurde zusätzlich eine Positivkontrolle durchgeführt, bei der die Zellen mit dem Spindelgift Colchizin behandelt wurden. Eine aus Mikrotubuli aufgebaute Spindel wird während der Mitose gebildet. Sie zieht die Tochter-Chromosomen zu den beiden Zellpolen. Im Vergleich zu den Kontrollkulturen ergab sich bezüglich der Anzahl der in Teilung befindlichen Zellen (mitotischer Index) kein Unterschied. Die Proliferation der Zellen wurde durch die Exposition negativ beeinflusst. Dieser Einfluss war bei der Zellzählung nach 72 Stunden für die drei Stunden exponierte Kultur im Vergleich zu der Kontrolle statistisch signifikant. Auch bei den anderen Expositionsauern (eine und zwei Stunden) zeigte sich bei den Zählungen nach 48 und 72 Stunden ein deutlich negativer Effekt, der bei der Zählung nach 96 Stunden reduziert, aber immer noch vorhanden war. Sowohl die Morphologie der exponierten Zellen, als auch die Proteinstruktur der Mikrotubuli zeigten Unregelmäßigkeiten. Im Vergleich zu den Kontrollen (unbehandelte Zellen) war bei den eine oder zwei Stunden exponierten Zellen das Ausmaß der Veränderungen der Mikrotubuli statistisch nicht signifikant, während bei den drei Stunden exponierten Zellen ein statistisch signifikanter Unterschied zu den unbehandelten Zellen festgestellt werden konnte. Das Ausmaß der Veränderungen war allerdings geringer als das durch Colchizin verursachte. Das Forschungsteam vermutet, dass die nach 72 Stunden beobachtete signifikant geringere Proliferation der drei Stunden lang exponierten Zellen eine Folge der direkt nach der Exposition nachgewiesenen Schädigung der Mikrotubulstruktur ist, die eine Verlangsamung der Teilungskinetik bewirkt. Die Ergebnisse der Ermittlung der Proliferation am vierten Tag (96 Stunden) nach der Exposition könnten ein Hinweis darauf sein, dass die beobachteten Effekte reversibel sind. (OS)

Trosic I. & Pavicic I. 2009: Disturbance of cell proliferation in response to mobile phone frequency radiation. *Arh. Hig. Rada. Toksikol.* 60 (1): 109-115

Impressum

Herausgeber und Verlag: ECOLOG-Institut
für sozial-ökologische Forschung und Bildung gGmbH,
Nieschlagstr. 26, D-30449 Hannover
Tel.: (+49)-511-47 39 15-16, Fax.: (+49)-511-47 39 15-29
E-mail: mailbox@ECOLOG-Institut.de
Internet: www.ECOLOG-Institut.de

Redaktion: Dr. H.-Peter Neitzke (HPN) (verantwortl.),
Dr. Julia Osterhoff (OS), Dr. Hartmut Voigt (HV)

Druck: Stempel- und Kopierzentrum Linden, Tel.: 05 11-44 79 01
Erscheinungsweise: zweimonatlich, ISSN 0949-488X

Beiträge von Gastautoren geben nicht notwendigerweise den Kenntnisstand und die Meinung der Redaktion wieder.

Bezug:

Einzelheft	12,00 €
Einzelabonnement für Privatpersonen:	55,00 €
Einzelabonnement für Institutionen:	75,00 €
Sammelabonnement für Privatpersonen (ab 10 Exemplare):	35,00 €
Sammelabonnement für Institutionen (ab 10 Exemplare):	55,00 €

(alle Preise enthalten 7 % MwSt., bei Versand in das europäische Ausland erhöht sich der Preis um 12,00 €)

© 2009 ECOLOG-Institut, alle Rechte vorbehalten