



Mobilfunk:

Mobilfunkbasisstationen und menschliche Befindlichkeit

Band 18 der Schriftenreihe

Materialien zur Umweltmedizin

Mobilfunk: Mobilfunkbasisstationen und menschliche Befindlichkeit
Band 18 der Schriftenreihe

Weitere Informationen finden Sie in unserem Internetauftritt www.lgl.bayern.de.

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
Eggenreuther Weg 43
91058 Erlangen
Telefon: 09131 764-0
Telefax: 09131 764-102
Internet: www.lgl.bayern.de
Fotos: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
E-Mail: poststelle@lgl.bayern.de
Druck: Print Com oHG, Erlangen
Stand: Dezember 2007

© Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, alle Rechte vorbehalten

Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier

ISSN 1862-8052	Print Ausgabe	ISSN 1862-9601	Online Ausgabe
ISBN 978-3-939652-53-3	Print Version	ISBN 978-3-939652-54-0	Online Version

Diese Druckschrift wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars erbeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt.

Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt.

Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden.

Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung.

Unter Tel. 0180 1 201010 (3,9 Cent pro Minute aus dem deutschen Festnetz; abweichende Preise aus Mobilfunknetzen) oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	2
Können die elektromagnetischen Felder von Mobilfunkbasisstationen beim Menschen Befindlichkeitsstörungen hervorrufen?	3
Wie kann die Bedeutung und Aussagekraft von Forschungsergebnissen beurteilt werden? ..	4
Wie ist die Aussagekraft von Fallbeschreibungen im Vergleich zu experimentellen oder epidemiologischen Studien zu bewerten?	6
Warum werden keine experimentellen Studien zu den Wirkungen einer Abschaltung von Mobilfunkbasisstationen durchgeführt?	6
Wie ist der derzeitige wissenschaftliche Kenntnisstand zum Einfluss auf das Wohlbefinden? ..	7
Wie ist der derzeitige wissenschaftliche Kenntnisstand zum Einfluss auf kognitive Funktionen (Konzentration, Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Verhalten)?	9
Wie ist der derzeitige wissenschaftliche Kenntnisstand zum Einfluss auf den Schlaf?	10
Sind gepulste Signale der Mobilfunktechnologie schädlich?	11
Wie ist das Phänomen „Elektrosensibilität“ einzuschätzen?	12
Wie kann den Betroffenen geholfen werden?	13
Glossar	14
Umweltmedizinische Beratungsstellen und Ambulanzen in Bayern.....	16
Weiterführende Information.....	17
Quellenangaben	17

Vorwort

In einer bayerischen Gemeinde klagen Anwohner über Befindlichkeitsstörungen. Diese werden auf die im Ort befindliche Mobilfunkbasisstation zurückgeführt, insbesondere auf die kürzlich vollzogene Umstellung auf eine neue Übertragungstechnik. Die Anwohner fordern die Behörden auf, die Abschaltung der Basisstation zu veranlassen.

Wie sind solche Situationen einzuschätzen? Können die Mobilfunkmasten tatsächlich die beschriebenen Befindlichkeitsstörungen hervorrufen? Wie ist der aktuelle wissenschaftliche Kenntnisstand hierzu? Welche Aussagekraft haben die von den Anwohnern vorgebrachten Fallbeschreibungen? Wie kann den Betroffenen geholfen werden?

Diese Broschüre soll dazu beitragen, einer Antwort auf die o.g. Fragen näher zu kommen und Ärztinnen und Ärzten wie auch die Gesundheitsämter, die von den Betroffenen angesprochen werden, bei der Beratung zu unterstützen.

Natürlich können nicht alle Fragen abgedeckt werden. Der Anhang dieser Broschüre enthält daher weitere Informationsquellen.

Können die elektromagnetischen Felder von Mobilfunkbasisstationen beim Menschen Befindlichkeitsstörungen hervorrufen?

Immer wieder berichten Anwohner über Befindlichkeitsstörungen, die von den hochfrequenten Feldern der Basisstation hervorgerufen würden. Dabei handelt es sich meist um unspezifische Symptome wie z.B. Kopfschmerzen, Einschränkung der Konzentrationsfähigkeit, Schlafstörungen oder Blutdruckerhöhungen. Die Symptome können leicht sein oder auch über lange Zeit zu erheblichen Einschränkungen führen.

Nach Umfrage des Instituts für angewandte Sozialwissenschaft GmbH (Infas) zeigten sich im Jahr 2006 27% der deutschen Bevölkerung gesundheitlich besorgt über die elektromagnetischen Felder (EMF) durch Mobilfunkbasisstationen, Handys oder schnurlose Telefone.¹ Die Mobilfunkbasisstationen sind hierbei die stärkste Sorgenquelle, obwohl deren Strahlung am geringsten sind. Gesundheitlich beeinträchtigt durch die EMF fühlen sich 9%. Auch hier wird die Mobilfunkbasisstation als wichtigste Quelle angegeben.

Nach dem heutigen Stand der Wissenschaft liegen jedoch keine konsistenten Hinweise dahingehend vor, dass die von Mobilfunkbasisstationen ausgehenden hochfrequenten (HF) elektromagnetischen Felder tatsächlich Gesundheitsbeeinträchtigungen beim Menschen auslösen können.²

Bekannt ist jedoch, dass HF EMF (hochfrequente elektromagnetische Felder) bei hohen Feldintensitäten thermische Wirkungen, also eine Zunahme der Körpertemperatur, hervorruft. Die zulässigen Feldintensitäten der Mobilfunkbasisstationen sind in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) geregelt.³ Die dort niedergelegten Grenzwerte orientieren sich an der Empfehlung des Rates der Europäischen Union hinsichtlich des Schutzes der Bevölkerung bei Einwirken elektromagnetischer Felder.⁴ Messungen in Bayern im Rahmen des EMF-Monitorings durch das Bayerische Landesamt für Umwelt zeigen, dass die Feldintensitäten in der Regel weit unterhalb dieser Grenzwerte liegen (in 95% der Fälle unter 1% der Grenzwerte).⁵ Die Feldintensität ist damit so niedrig, dass eine für die menschliche Gesundheit relevante Temperaturerhöhung ausgeschlossen werden kann.

Über die thermischen Wirkungen hinaus bestehen Hypothesen über andere mögliche Wirkungsweisen, wie die hochfrequenten EMF in dem Frequenzbereich des Mobilfunks auf die menschliche Gesundheit Einfluss nehmen könnten. Diese Hypothesen konnten aber bisher nicht schlüssig belegt werden. Davon unabhängig wurde in verschiedenen Studien untersucht, ob Befindlichkeitsstörungen bzw. unspezifische Symptome wie Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlafstörungen oder eingeschränkte kognitive Leistungsfähigkeit beim Menschen durch hochfrequente EMF ausgelöst werden können. Zum Teil handelt es sich dabei um epidemiologische Untersuchungen, zum Teil um experimentelle Untersuchungen unter Laborbedingungen. Ergebnisse zu einzelnen Symptomen sind in folgenden Kapiteln dargestellt. Auch auf Basis dieser Untersuchungen konnte bisher kein Zusammenhang zwischen den EMF der Mobilfunkbasisstationen und Befindlichkeitsstörungen belegt werden.

Um weitere wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen, werden national und international eine Vielzahl von Forschungsvorhaben durchgeführt. Beispielhaft werden in den folgenden Kapiteln Forschungsprojekte aus dem Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramm genannt (<http://www.emf-forschungsprogramm.de/>). Ein Teil dieser Forschungsprojekte sind bereits abgeschlossen, Teilergebnisse liegen zum Teil bereits vor, weitere Veröffentlichungen von Ergebnissen werden in naher Zukunft erwartet.

Im Sinne der Vorsorge kann eine Expositionsminde rung angestrebt werden. Hinweise des Bundesamtes für Strahlenschutz hierzu finden Sie unter http://www.bfs.de/elektro/faq/emf_faq_vorsorge.html.

Stellungnahmen von Fachorganisationen

WHO (Weltgesundheitsorganisation): „Berücksichtigt man die sehr niedrigen Feldstärken und die vorhandenen Forschungsergebnisse, lässt sich kein überzeugender wissenschaftlicher Beleg dafür finden, dass sich die schwachen HF-Signale von Basisstationen und drahtlosen Netzwerken nachteilig auf die menschliche Gesundheit auswirken.“⁶

BfS (Bundesamt für Strahlenschutz): „Nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand sind gesundheitliche Beeinträchtigungen durch die hochfrequente Strahlung des Mobilfunks nicht zu befürchten, wenn die Grenzwerte eingehalten werden.“⁷

Health Council of the Netherlands: „The suspicion that a large range of health problems, which are often non-specific, could be the results of exposure to radiofrequency electromagnetic fields originating from base stations or mobile phones, is frequently expressed. ... The Committee is of the opinion that it cannot be reasonably presumed that any of the three categories of non-thermal effects concerned, namely, biological effects, carcinogenesis and non-specific complaints, pose a health threat“.⁸

SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks): „Scientific studies have failed to provide support for a relationship between RF exposure and self-reported symptoms sometimes referred to as EHS (electromagnetic hypersensitivity). Present knowledge suggests that symptoms are not correlated to RF field exposure, but few studies have addressed this issue directly. The exposure levels from base stations are very low compared to the exposure during the use of a mobile phone. Research regarding health effects from base stations where exposure is significantly lower than for mobile phone users is mainly driven by concern in the general population.“⁹

Wie kann die Bedeutung und Aussagekraft von Forschungsergebnissen beurteilt werden?

Bei der Beantwortung einer Forschungsfrage wie z.B. des Einflusses von EMF auf die menschliche Befindlichkeit muss die gesamte Fachliteratur betrachtet und unter Berücksichtigung der methodischen Qualität der Einzelstudien eine Schlussfolgerung gezogen werden. Einzelstudien alleine können nie Grundlage einer abschließenden Bewertung sein oder einen Zusammenhang belegen.

Voraussetzung einer Betrachtung der Gesamtliteratur ist die klare Definition der Fragestellung: Was ist der interessierende Einflussfaktor (Exposition), welche Zielgröße interessiert? Sind es die Felder, die von einer Mobilfunkbasisstation ausgehen, oder die Felder, die von dem Endgerät (Handy) ausgehen? Diese Felder unterscheiden sich in der Stärke und Verteilung der Exposition: die Felder des Endgeräts sind um Größenordnungen höher als die einer Mobilfunk-Basisstation, kommen aber nur eine geringere Zeit des Tages zum Tragen; die Exposition durch Mobiltelefone erfolgt primär am Kopf.

Die Aussagekraft der Einzelstudien ergibt sich aus verschiedenen methodischen Aspekten: des Umfangs der Stichprobe, der Repräsentativität der Stichprobe, der fehlerfreien Feststellung der Exposition und der Zielgröße, sowie des Ausschlusses bzw. der Kontrolle anderer Faktoren, die den Zusammenhang zwischen Exposition und Zielgröße beeinflussen können, und auch der Eignung der eingesetzten statistischen Verfahren. Veröffentlichungen, die keine Informationen zu diesen Qualitätsmerkmalen enthalten (z.B. häufig Berichte oder Artikel aus Zeitschriften, die keinem Peer-Review-Verfahren unterliegen), entziehen sich dadurch

der wissenschaftlichen Bewertung und werden deshalb in der wissenschaftlichen Diskussion in der Regel nicht berücksichtigt.

In einem kontrollierten Experiment unter Laborbedingungen kann eine hohe methodische Qualität am besten erreicht werden. Daher spielen Laborstudien eine bedeutende Rolle bei der Untersuchung von biologischen Wirkungen der EMF auf den Menschen.

- Im Labor kann die Höhe der Exposition genau vorgegeben und gemessen werden.
- Physiologische Parameter wie Gehirnaktivität (messbar im EEG) können unter Laborbedingungen leichter als im alltäglichen Lebensumfeld ermittelt werden.
- Andere Faktoren, die einen Einfluss auf physiologische Parameter oder das Wohlbefinden der Probanden haben können, können hier leichter kontrolliert werden. Das Wissen um das Vorhandensein der EMF kann z.B. bereits zu einer Verschlechterung des subjektiven Wohlbefindens oder zu einer Beeinträchtigung des Schlafes führen. Dieser psychologische Effekt ist als Placebo-Effekt bekannt. Um diesen psychologischen Effekt zu verhindern, werden die Probanden z.T. nur scheinbar einem Signal ausgesetzt. Die Probanden und das Studienpersonal werden verblindet (es ist ihnen nicht bekannt, ob ein echtes oder ein „Schein“-Signal aktiv ist).
- Nachteil dieser Laborstudien ist jedoch, dass nur kurzfristig auftretende Effekte gemessen werden können.
- Die Übertragbarkeit der unter Laborbedingungen gewonnenen Ergebnisse auf den Lebensalltag kann eingeschränkt sein.

Experimentelle Studien können auch unter Bedingungen des natürlichen Lebens („im Feld“) durchgeführt werden. Untersuchungen im Feld ermöglichen, dass längere Untersuchungszeiträume abgedeckt werden. Allerdings stellt die Verblindung hier ein großes Problem dar, da das Vorhandensein von Feldern mit Hilfe von Handys oder Messgeräten festgestellt werden kann.

Neben den experimentellen Studien können weitere Erkenntnisse aus beobachtenden epidemiologischen Studien gewonnen werden. In solchen Studien werden Informationen über Exposition und Befindlichkeit von Menschen erhoben, ohne dass – wie in einem Experiment – Einfluss auf ihre Exposition genommen wird. Vorteil ist, dass hier auch langfristige Effekte untersucht werden können. Dafür schränken verschiedene methodische Schwierigkeiten, insbesondere die Expositionsabschätzung und der Einfluss psychologischer Effekte, ihre Aussagekraft ein.

In Bereich möglicher Befindlichkeitsstörungen durch Mobilfunkbasisstationen wurden bislang primär ökologische Studien durchgeführt. Hierbei wird die Exposition nicht individuell bestimmt, sondern auf Gruppenebene abgeschätzt, z.B. basierend auf einem definierten Abstand um die Mobilfunkbasisstation. Problematisch ist hierbei, dass die Entfernung alleine ein wenig geeigneter Parameter für die Exposition zu hochfrequenten EMF darstellt, da die Exposition im bebauten Gebiet weit stärker von Richtungs-, Dämmungs- und Bebauungsfaktoren abhängt. Hinzu kommt, dass sich Menschen nicht nur in ihrem zu Hause aufhalten, sondern auch an anderen Orten, und dort die Exposition ganz anders sein kann. Eine Rückführung von Erkrankungsfällen auf individuell erhöhte Exposition ist daher in solchen Studien nicht möglich, weshalb sich diese Studien nicht für den Beleg eines kausalen Zusammenhanges eignen. Weiterhin kommen neben den Feldern der Mobilfunkbasisstationen auch Felder von TV und Radio vor, die zum Teil sogar stärker sein können als die des Mobilfunks. Hinzu kommt, dass psychologische Faktoren in epidemiologischen Studien schwer aususchalten oder zu kontrollieren sind. Studienteilnehmer können die Mobilfunk-Basisstationen sehen oder sich über ihren Standort kundig machen und ihr Befinden kann sich schon alleine durch dieses Wissen verändern.

Wie ist die Aussagekraft von Fallbeschreibungen im Vergleich zu experimentellen oder epidemiologischen Studien zu bewerten?

Die Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“ des Robert-Koch-Institutes schreibt: „*Gut dokumentierte klinische Fallbeschreibungen ... haben in der Medizin eine lange Tradition und wesentlich zur Entwicklung des medizinischen Fachwissens beigetragen. Sie lassen sich durch die moderne Epidemiologie oder Toxikologie nicht vollständig ersetzen.*“¹⁰ Gute umweltmedizinische Kasuistiken bieten die Gelegenheit, unerwartete, seltene und ungewöhnliche Fälle zu erfassen, die durch das Raster der wissenschaftlich etablierten Methoden Epidemiologie und Toxikologie fallen können. Gute Fallbeispiele müssen jedoch wissenschaftlich-publizistischen Regeln folgen, wie z.B. eine Diskussion anderer plausibler Erklärungen für die Symptome und der Grenzen der Kasuistik beinhalten. Die im Anhang abgedruckte Empfehlung des Robert-Koch-Institutes kann für die Erstellung von Kasuistiken einen Leitfaden darstellen.

Bezüglich der wissenschaftlichen Aussagekraft stehen Kasuistiken und Fallserien jedoch auf der untersten Stufe der evidenzbasierten Medizin. Die im Bereich der EMF durchgeführten Laborstudien und epidemiologischen Studien sind als höherwertig einzustufen. Gute Kasuistiken können Anlass zur Hypothesengenerierung geben. Sind diese Hypothesen bereits in methodisch höherwertigen Studien untersucht worden, können Fallbeispiele keinen neuen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn bezüglich dieser Hypothesen beitragen.

Warum werden keine experimentellen Studien zu den Wirkungen einer Abschaltung von Mobilfunkbasisstationen durchgeführt?

Eine Studie, in der Mobilfunk-Basisstationen ausgeschaltet werden, um daraufhin Änderungen der Befindlichkeit der Anwohner zu untersuchen, wäre aufgrund methodischer Schwächen nur sehr beschränkt aussagefähig. Sie würde die Nachteile sowohl der Laborstudien wie auch der epidemiologischen Studien beinhalten:

Genauso wie in Laborstudien könnte in einer solchen Studie nur der Kurzzeiteffekt der EMF gemessen werden. Aussagen über Langzeitwirkungen wären auch hier nicht möglich.

Wie in epidemiologischen Studien bestünde das Problem der Expositionsbestimmung und der psychologischen Beeinflussung. Wegen Ungenauigkeiten in der Expositionsbestimmung würde sich der notwendige Stichprobenumfang vergrößern. Eine einzelne Gemeinde wäre evtl. in einem solchen Fall zu klein.

Eine Bestimmung der individuellen Exposition wäre notwendig um sicher zustellen, dass die Exposition durch das Abschalten der Basisstation tatsächlich reduziert ist und wie groß dieser Unterschied ist. Dabei muss bedacht werden, dass hochfrequente EMF auch von anderen Quellen, wie z.B. Fernseh- und Rundfunksendern oder DECT-Telefonen ausgehen können. Laut dem Niedersächsischen Landesgesundheitsamt besteht die Möglichkeit, dass die Zuschaltung einer Sendeanlage für einen Teil der Anwohner eine Reduktion der Exposition zur Folge haben könnte, weil benachbarte Sendeanlagen ihre Leistung reduzieren könnten.¹¹ Dementsprechend könnte eine Abschaltung einer Basisstation zu einer Expositionserhöhung aufgrund erhöhter Leistung von benachbarten Sendeanlagen führen. Dies zeigt die Notwendigkeit einer individuellen Expositionserfassung auch bei solchen Studien.

Ein wesentlicher Nachteil einer experimentellen Studie über Effekte des Abschaltens von Mobilfunkbasisstationen ist die fehlende Verblindung. Bei eingeschaltetem Mobiltelefon ist leicht zu überprüfen, ob die Basisstation ein- oder ausgeschaltet ist. Ein Placebo- bzw. Nocebo-Effekt ist dann nicht auszuschließen: Wie aus der pharmakologischen Forschung be-

kannt ist, können unspezifische Symptome wie Kopfschmerzen, Müdigkeit, Übelkeit, Schlafstörungen und Konzentrationsschwierigkeiten alleine aufgrund von psychologischen Prozessen auftreten. So kann in klinischen Studien die Häufigkeit an Nebenwirkungen in der Placebogruppe genauso hoch sein wie in der Gruppe, die das wirksame Präparat erhält; die Nebenwirkungen des Placebos können sogar so stark sein, dass sie zu einer Beendigung der Studienteilnahme führen.¹² Entsprechend könnte auch alleine das Wissen um das Einschalten einer Mobilfunkbasisstation Befindlichkeitsstörungen auslösen, bzw. könnte, wenn bekannt ist, dass die Basisstation ausgeschaltet ist, eine Besserung eintreten.

In der Planungsphase einer Studie ist die Bestimmung der benötigten Stichprobengröße wichtig um sicher zu stellen, dass die statistische Signifikanz überhaupt erreicht werden kann. Die benötigte Stichprobengröße hängt von der erwarteten Häufigkeit der Exposition in der Studienpopulation, des erwarteten Risikos für Befindlichkeitsstörungen in der Gruppe ohne Exposition und der durch die Exposition hervorgerufene Risikoerhöhung ab. Bei einer ungenauen Bestimmung der Exposition und / oder der Befindlichkeitsstörungen erhöht sich die Größe der notwendigen Stichprobe zusätzlich. Berechnungen von Berg et al. im Rahmen der QUEBEB-Studie ergaben, dass bei exakter Bestimmung der Exposition eine Stichprobengröße von 1.000 ausreichend ist, um bei einer Hintergrundhäufigkeit von Befindlichkeitsstörungen von 20% eine Risikoerhöhung um die Hälfte auf 30% bei Exposition zu erkennen.¹³ Insbesondere bei einer schlechten Erkennung von nicht-exponierten Personen (geringe Spezifität der Expositionserfassung) verringert sich jedoch die beobachtbare Risikoerhöhung, was zu einer Vergrößerung der notwendigen Stichprobengröße über die 1.000 hinaus führt.

Aufgrund der genannten Probleme würde eine „einfache“ Studie, in der die Häufigkeit an Befindlichkeitsstörungen vor und nach Ausschalten einer Mobilfunkbasisstation verglichen werden, wenig aussagekräftig sein. In Rahmen des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms werden jedoch Studien durchgeführt, die diesem Studienansatz nahe kommen, also Personen in ihrer normalen Umgebung untersuchen, und gleichzeitig versuchen, die Einschränkungen der Aussagekraft minimal zu halten, wie z.B. die QUEBEB-Studie (http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/epidemiologie/epidemiologie_verg/epi_020.html) oder die Untersuchung der Schlafqualität bei Anwohnern einer Basisstation, in der ein mobiler Sendemast die Exposition erzeugt, die von den Anwohnern nicht identifiziert werden kann (http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie_verg/bio_095.html).

Wie ist der derzeitige wissenschaftliche Kenntnisstand zum Einfluss auf das Wohlbefinden?

Hierunter fallen eine Reihe von Symptomen wie Kopfschmerzen, Müdigkeit und Schwindel, die mit unterschiedlichen Erkrankungen einhergehen bzw. verschiedene Ursachen haben können.

Bisher liegen nur wenige epidemiologische Studien vor, in denen die Häufigkeit und Schwere von Symptomen in Abhängigkeit von der EMF-Exposition durch eine Mobilfunkbasisstation untersucht wurden. Aufgrund der methodischen Schwierigkeiten der Querschnitterhebungen erlauben diese Studien keine Aussagen hinsichtlich eines kausalen Zusammenhangs zwischen einer Zunahme an Symptomen und der EMF-Exposition. Hutter et al. führten eine Studie in Österreich unter Anwohnern von 10 Mobilfunkbasisstationen durch.¹⁴ Die Studie wurde als Untersuchung zum Thema Umwelt und Gesundheit bezeichnet, Mobilfunkbasisstationen wurden in der Einladung zur Studienteilnahme nicht genannt. Nach Beantwortung eines Fragebogens und Durchführung von Tests wurde in den Schlafzimmern der Studienteilnehmer die EMF-Belastung gemessen. Es zeigte sich ein signifikant häufigeres Auftreten von 3 der 14 befragten Symptome (Kopfschmerzen, Konzentrationsschwierigkeiten, kalte

Hände und Füße) in der Gruppe mit der höchsten EMF-Belastung. Ob die in den Schlafzimmern gemessene Exposition ein guter Indikator für die Gesamtexposition mit EMF darstellt, erscheint jedoch fragwürdig. Diese Ergebnisse müssen in unabhängigen Studien wiederholt und in Studien mit validem Design bestätigt werden, bevor Schlussfolgerungen bezüglich einer kausalen Beziehung zwischen der EMF-Belastung und den genannten Symptomen gezogen werden können.

Neben den epidemiologischen Studien wurden auch Provokationsstudien im Labor durchgeführt. Viel Beachtung fand die so genannte TNO-Studie.¹⁵ Hierbei handelt es sich um eine nur als Forschungsbericht veröffentlichte experimentelle Laborstudie, in der eine Verschlechterung des Wohlbefindens bei Exposition mit UMTS-Signalen beobachtet wurde. In der Studie fand sich jedoch keine Beeinflussung des Wohlbefindens bei Exposition mit GSM-Signalen (945 MHz = D-Netz und 1840 MHz = E-Netz). Aufgrund der bevorstehenden Einführung von UMTS wurden den Ergebnissen große Bedeutung beigemessen und Replikationsstudien initiiert. Im Jahr 2006 wurde die ersten Ergebnisse einer Studie veröffentlicht, in der das experimentelle Protokoll hinsichtlich einer verbesserten Dosimetrie, eines größeren Studienkollektives und längerer Intervalle zwischen den einzelnen Expositionsbedingungen angepasst wurde.¹⁶ In dieser Studie konnten die Ergebnisse der TNO-Studie nicht bestätigt werden, es konnte kein Effekt der UMTS-Signale auf das Wohlbefinden gezeigt werden. Auch in neueren Provokationsstudien konnte keine Beeinflussung des Wohlbefindens durch Signale des Mobilfunks gezeigt werden.^{17 18}

In einer Felduntersuchung wurde über einen Zeitraum von 3 Monaten eine neu errichtete UMTS-Mobilfunkbasisstation nach jeweils ein, zwei oder drei Tagen an- oder ausgeschaltet.¹⁹ Bei in unmittelbarer Nähe arbeitenden Personen wurde mittels Online-Fragebogen täglich die Befindlichkeit erfasst. Es zeigte sich hierbei kein Zusammenhang zwischen dem berichteten Befinden der Studienteilnehmer und der tatsächlichen Exposition durch die Mobilfunkbasisstation. Diese Studie wurde noch vor Einführung von UMTS in Deutschland durchgeführt.

Im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms wurde eine Querschnittsstudie zur Erfassung und Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die Felder von Mobilfunkbasisstationen gefördert. In dieser repräsentativen Querschnitterhebung unter 30.000 Personen in Deutschland wird überprüft, ob ein Zusammenhang zwischen den gesundheitlichen Beschwerden der Teilnehmer und den grob abgeschätzten Feldern von Mobilfunkbasisstationen besteht. In einer Untergruppe von 3.200 Personen werden vertiefte Erhebungen der Gesundheitsbeschwerden, Risikowahrnehmung, Stress und Lebensqualität sowie die Messung der Felder durchgeführt. Ergebnisse werden unter http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/epidemiologie/epidemiologie_verg/epi_020.html veröffentlicht.

Um der Frage einer besonderen Empfindlichkeit von Kindern und Jugendlichen nachzugehen, wird in einer weiteren Studie bei 1500 Kindern und 1500 Jugendlichen die EMF-Exposition für 24 Stunden mit einem Dosimeter gemessen und gleichzeitig die Befindlichkeit mit einem Fragebogen erfasst (http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/epidemiologie/epidemiologie_verg/epi_045.html).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass auf Basis der derzeitigen Datenlage kein Symptom identifiziert werden kann, das spezifisch durch die EMF von Mobilfunkbasisstationen verursacht würde. Ein Einfluss auf das Wohlbefinden ist aber aufgrund der fehlenden epidemiologischen Studien mit aussagekräftigem Design auch nicht gänzlich auszuschließen.

Wie ist der derzeitige wissenschaftliche Kenntnisstand zum Einfluss auf kognitive Funktionen (Konzentration, Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Verhalten)?

Mittlerweile liegen eine Vielzahl von Untersuchungen zu dieser Thematik vor. In den meisten Experimenten werden die Auswirkungen von Mobiltelefonexposition untersucht, nur in einzelnen Studien wurden die Probanden einer basisstationähnlichen Ganzkörperexposition ausgesetzt. In neuropsychologischen Tests werden unterschiedliche kognitive Leistungen wie z.B. Reaktionszeit oder Gedächtnisleistung erfasst.

Eine aktuelle Literaturübersicht über Studien zum Einfluss der HF-EMF auf die kognitiven Funktionen findet sich in dem Zwischenbericht von Danker-Hopfe aus dem Jahr 2004 und dem Bericht des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt aus dem Jahr 2006.^{20 21}

In früheren Studien wurde relativ konsistent eine Verkürzung der Reaktionszeit unter Mobiltelefonexposition beobachtet. So führte z.B. eine finnische Arbeitsgruppe eine Untersuchung an 48 Probanden im Alter 18 bis 49 Jahre durch.²² In einem einfach geblindeten cross-over Design wurde der Einfluss eines mit 217 Hz gepulsten 902 MHz-Feldes auf die Leistung in 12 Reaktionstests überprüft. Hier zeigte sich eine Verkürzung der Reaktionszeit bei leichten Rechenaufgaben, einfachen Reaktionszeitaufgaben und Vigilanzaufgaben (Aufgaben, die Aufmerksamkeit überprüfen). Auch wurde bei der Vigilanzaufgabe eine niedrigere Fehlerrate beobachtet. Die Autoren folgerten daraus, dass Felder im Mobilfunkfrequenzbereich einen begünstigenden Effekt auf Gehirnfunktionen und die kognitive Verarbeitung im Arbeitsgedächtnis haben.

Die Ergebnisse früherer Studien ließen sich jedoch in Folgestudien nicht immer replizieren. So misslang der o.g. finnischen Arbeitsgruppe eine Replikation der Studienergebnisse in einem unabhängigen Kollektiv.²³ In der Replikationsstudie wurde das Studiendesign u.a. durch eine doppelte Verblindung verbessert. Die Aussagekraft muss somit als höher eingeschätzt werden. Auch andere Studien kommen zu inkonsistenten Ergebnissen: Z.T. wurde kein Einfluss der EMF auf die Aufmerksamkeit, die Gedächtnisleistung oder die Reaktionszeit gezeigt,²⁴⁻²⁷ in anderen Studien wurde jedoch eine Verkürzung der Reaktionszeit und eine verbesserte Gedächtnisleistung,²⁸ bzw. im Gegenteil eine Verlängerung der Reaktionszeit beobachtet.²⁹

Im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms wird bei 30 gesunden Probanden der Einfluss von EMF entsprechend der GSM- und UMTS-Handys auf Gehirnaktivitäten und kognitive Funktion untersucht (siehe hierzu http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie_verg/bio_080.html).

Aufgrund der inkonsistenten Ergebnisse ist keine abschließende Bewertung der Wirkung von EMF auf die kognitive Leistungsfähigkeit möglich. Die Ergebnisse der neueren Studien verringern nach Einschätzung des Schweizer Bundesamtes für Umwelt die Wahrscheinlichkeit, dass kurzfristige Effekte der Mobiltelefonexposition auf die kognitive Funktion bestehen.²¹

Wie ist der derzeitige wissenschaftliche Kenntnisstand zum Einfluss auf den Schlaf?

Die Schlafqualität lässt sich objektiv im Schlaflabor durch die Aufzeichnung von Hirnströmen im Elektroenzephalogramm (EEG) beurteilen. Anhand des EEGs lassen sich verschiedene Schlafphasen identifizieren wie z.B. der REM-Schlaf (REM = Rapid eye movement); die Dauer und Latenzzeit dieser Phasen gelten als klassische Schlafparameter. Eine Veränderung der Schlafparameter ist jedoch nicht mit einer Gefährdung der Gesundheit gleich zu setzen.

Schlafstörungen im Sinne einer Insomnie (Mangel an Schlafqualität und / oder Schlafquantität) oder Hypersomnie (exzessive Tagesmüdigkeit, die auf eine ungenügende Nachtschlafdauer zurückzuführen ist) sind zunächst subjektiv empfundene Beschwerden. Zur klinisch relevanten Erkrankung werden sie, wenn sie mit einer bestimmten Häufigkeit auftreten und wenn sie zu einer Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit, des Wohlbefindens und von sozialen Funktionen führen.

Schlafstörungen treten in der Allgemeinbevölkerung häufig auf, je nach Definition (subjektiv berichtete oder klinisch relevante Schlafstörung) finden sich Prävalenzen zwischen 7% und 50%.

Aktuelle Literaturübersichten über Studien zum Einfluss der HF-EMF auf den Schlaf finden sich in den Zwischenberichten von Danker-Hopfe aus dem Jahr 2004 und 2005 und von Leitgeb aus dem Jahr 2005.³⁰⁻³²

In den bisherigen Untersuchungen zum Einfluss des Mobilfunks auf den Schlaf wurden überwiegend Signale des GSM-Mobilfunks (gepulste Signale) eingesetzt, die weiterhin überwiegend denen der Endgeräte und nur in wenigen Studien denen von Basisstationen ähnelten. Zum Teil wurde vor Schlafbeginn exponiert, z.T. intermittierend und z.T. kontinuierlich während des Schlafes exponiert.

Eine Schweizer Arbeitsgruppe führte z.B. Untersuchungen an 24 Männern im Alter 20 bis 25 Jahre durch, die 5 Nächte im Schlaflabor verbrachten: eine Screeningnacht sowie 2 Studienächte mit unmittelbar vorangehender Adaptionsnacht.³³ In den Studiennächten war eine Antenne hinter dem Kopfende des Bettes angebracht, die ein GSM-Signal ähnlich einer Mobilfunk-Basisstation abgab bzw. unter Placebo-Bedingungen kein Signal abgab. In dieser Studie wurde ein schlaffördernder Effekt der GSM-Signale im Sinne einer „verminderten Zeit wach nach Schlafbeginn“ (die Gesamtlänge der Wachphasen zwischen dem ersten Einschlafen und dem endgültigen Aufwachen ist verkürzt) beobachtet.

In anderen Laborstudien konnten nur z.T. signifikante Einflüsse auf spezifische Schlafparameter festgestellt werden. Insgesamt sprechen experimentelle Schlafstudien im Labor eher für eine schlafanstoßende bzw. schlaffördernde Wirkung der EMF. Dies steht in Kontrast zu den Klagen der Anwohner von Mobilfunkbasisstationen, die von einer subjektiv empfundenen Beeinträchtigung des Schlafes berichten.

Die Technische Universität Graz führte kürzlich ein „Protektionsexperiment“ im häuslichen Umfeld von Elektrosensiblen durch.³⁴ Hier wurde der Schlafplatz der Probanden (Personen, die angaben unter schweren Schlafstörungen zu leiden und diese auf EMF zurückführten) in drei Nächten durch einen Baldachin abgeschirmt, in weiteren 3 Nächten wurde ein „Placebo-Baldachin“ und in weiteren drei Nächten gar kein Baldachin verwendet. In dieser Studie konnte keine Verbesserung der Schlafqualität, aber auch keine Verschlechterung, bei Schirmung der EMF beobachtet werden.

Im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms wird weiterhin in einer Doppelblind-Studie mit Cross-over Design der Einfluss von Strahlung einer Mobilfunkbasisstation (hier durch einen mobilen Sendemast erzeugt) auf die subjektive Schlafqualität und das Schlaf-EEG untersucht (http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie_verg/bio_095.html).

Eine abschließende Bewertung liegt aufgrund der kontroversen Ergebnisse nicht vor. Hinweise auf eine gesundheitliche Beeinträchtigung lassen sich aus den bisher zum Schlaf vorliegenden Ergebnissen nicht ableiten.

Sind gepulste Signale der Mobilfunktechnologie schädlich?

Die Signale der GSM-Basisstationen (D- und E-Netz) sind gepulst. Mittels Pulsung können 8 Gespräche gleichzeitig über einen Mobilfunkkanal gesendet werden. Hierfür wird das Signal in 8 Zeitschlitze aufgeteilt, die zeitversetzt den 8 Gesprächen zugeordnet werden. Der Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Zeitschlitzen des selben Gesprächs beträgt etwa 4,6 ms, daraus ergibt sich eine Pulsfrequenz von 217 Hz. Gepulste Felder treten auch bei Feldern von Funk- und Fernsehsendeantennen auf, sowie beim Radar.

Elektronische Bauteile können empfindsam auf Funkwellen reagieren und die niederfrequenten Pulsanteile demodulieren, d.h. die Information, die in der Modulation steckt, identifizieren und umsetzen wie z.B. auch hörbar machen (Radio). Bekannt ist, dass pulsmodulierte EMF auch elektrischer Implantate stören können. Die Störfestigkeit von technischen und medizinischen Geräten wird durch Normen geregelt.

Eine Reihe von physiologischen Vorgängen im Körper basiert auf regelmäßig in Intervallen vorkommenden Reizleitungen, die man als „gepulst“ bezeichnen kann. Die neuronale Aktivität ist das deutlichste Beispiel. Für Laien liegt es daher nahe, eine störende Beeinflussung der „Informationsverarbeitung“ des menschlichen Körpers durch gepulste Felder des Mobilfunks zu vermuten.

Ein gepulstes Signal könnte dann zu einer anderen biologischen Wirkung als ein ungepulstes Signal führen, wenn nicht das hochfrequente elektromagnetische Feld wirkt, sondern dessen „Ein- und Ausschalten“ eine Reaktion z.B. an der Zellmembran auslösen würde. Bis jetzt konnte jedoch nicht gezeigt werden, dass die Pulsfrequenz von 217 Hz biologische Effekte durch eine Demodulation ausgelöst hat.

Häufig werden Studien aus den 80iger Jahren zitiert, in denen die Autoren angaben, nach Exposition mit HF EMF einen verstärkten Austritt von Kalzium aus Nervenzellen beobachtet zu haben.³⁵ In mehreren Experimenten hatten die Forscher amplitudenmodulierte (6 - 20 Hz) HF EMF (147 MHz, 450 MHz) verwendet. Diese Expositionsparameter sind nicht mit den gepulsten Feldern des GSM-Standards vergleichbar. In neueren Studien mit genaueren Meßmethoden konnten weder bei Exposition mit amplitudenmodulierten, noch mit gepulsten Feldern eine Auswirkung auf den Kalziumtransport durch die Zellmembran gezeigt werden.^{36 37}

Andere Experimente an Zellmembranen im Hochfrequenz-Bereich der EMF zeigen, dass Ionen die Membran über Ionenkanäle nicht schnell genug durchqueren können, um dem Wechselfeld zu folgen. Andere Mechanismen einer Demodulation lassen sich grundsätzlich nicht ausschließen, konnten aber bisher nicht nachgewiesen werden.

Das Bundesamt für Strahlenschutz sagt hierzu: *Bisher gibt es keinen Nachweis dafür, dass durch die sog. „Pulsung“, die aufgrund des verwendeten Zeitschlitzverfahrens zustande*

kommt, grundsätzlich andersartige Wirkungen der hochfrequenten elektromagnetischen Felder resultieren als bei nicht gepulsten Feldern. Es gibt zwar einige Arbeiten, bei denen über besondere biologische Effekte durch gepulste hochfrequente Felder berichtet wird, die entsprechenden Ergebnisse konnten aber bisher nicht reproduziert werden.

Im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms wird ein Forschungsprojekt gefördert, in dem weiter untersucht werden soll, ob die Möglichkeit der Demodulation der niederfrequenten Pulsung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks an der Zellmembran besteht (http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie_verg/bio_010.html).

Wie ist das Phänomen „Elektrosensibilität“ einzuschätzen?

In der Bevölkerung gibt es Menschen, die sich selber als „elektrosensibel“ bezeichnen. Diese Menschen leiden an unspezifischen Symptomen wie dermatologischen und vegetativen Symptomen, die sie auf die Exposition zu EMF zurückführen. Mitte der 80er Jahre zeigte sich dieses Phänomen erstmals an Bildschirmarbeitsplätzen, später wurden Haushaltsgeräte als Ursachen genannt. Heute steht hauptsächlich der Mobilfunk im Mittelpunkt. Manche der Betroffenen geben nur leichte Symptome an, andere haben so schwere Symptome, dass sie ihren Arbeitsplatz aufgeben und ihr gesamtes Leben umstellen. Elektrosensibilität ist zu unterscheiden von Elektrosensitivität, welches die Fähigkeit, EMF wahrzunehmen, beschreibt. Ein Großteil der so genannten Elektrosensiblen gibt an, EMF wahrnehmen zu können, eine Feldwahrnehmung alleine muss jedoch nicht mit Symptomen verbunden sein.

Um dem Phänomen Elektrosensibilität nachzugehen, wurden eine Reihe von Provokationsstudien durchgeführt. Seitz et al. und Rubin et al. publizierten kürzlich zwei Übersichtsarbeiten über diese Studien.^{38 39} Es zeigt sich allgemein, dass die elektrosensiblen Menschen nicht besser als andere Personen die Anwesenheit eines EMF wahrnehmen können. Weiterhin waren in gut durchgeführten Untersuchungen ihre Symptome nicht mit der EMF-Exposition korreliert. Diese Ergebnisse bestätigten sich auch in neueren Untersuchungen. Z.B. wurden in der neuen Untersuchung von Rubin et al. 60 Personen, die angaben, häufig bei Verwendung des GSM-Mobilfunks innerhalb von 20 Minuten Kopfschmerzen zu entwickeln, im Labor 3 verschiedenen Expositionen ausgesetzt: einem 900 MHz-GSM-Signal, einem nicht-gepulsten Signal und einer Kontrollsituation (kein Signal).¹⁷ Parallel wurden auch 60 Personen ohne Elektrosensibilität untersucht. Es zeigte sich, dass sich im Versuch die Kopfschmerzen verstärkten und sofort nach Beendigung abklagen. Dies war jedoch unabhängig davon, ob tatsächlich ein Signal vorlag oder nicht. Dass auch in der Kontrollsituation Symptome auftraten weist darauf hin, dass psychologische Effekte eine starke Rolle spielen. Die elektrosensiblen Personen waren weiterhin nicht in der Lage festzustellen, ob ein Signal vorlag oder nicht. Ähnliche Ergebnisse ergaben sich in einer Studie der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (http://www.baua.de/nn_49914/de/Themen-von-A-Z/Elektromagnetische-Felder/pdf/Vortrag-05.pdf).

Im Rahmen des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms werden in einer Untersuchung Personen, die sich als elektrosensibel betrachten, und Kontrollpersonen hinsichtlich subjektiv berichteter gesundheitlicher Beschwerden, Lebensqualität und Lebenszufriedenheit und objektiver Parameter des Gesundheitszustandes verglichen (http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie_verg/bio_015.html). In einer weiteren Studie soll anhand objektiver medizinischer Tests geklärt werden, ob Begleitfaktoren bedeutsam für das Auftreten von Elektrosensibilität sind und wie sie sich gegebenenfalls auf Art und Stärke der gesundheitlichen Beeinträchtigung der Betroffenen auswirken (http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie_verg/bio_115.html).

Das Bundesamt für Strahlenschutz sagt hierzu (aus der Anhörung im Bayerischen Landtag, Dezember 2006): „*Es gibt weltweit mehrere Studien zur Elektrosensibilität. Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen den nieder- und hochfrequenten Feldern und den Beschwerden der Betroffenen konnte allerdings bisher nicht nachgewiesen werden.*“

Die Stellungnahme der WHO lautet ⁶: „*EHS ist durch eine Vielzahl unspezifischer Symptome gekennzeichnet, die von Fall zu Fall variieren. Die Symptome sind zweifellos real und können in ihrem Schweregrad stark schwanken. Was auch die Ursache der Störungen sein mag, EHS kann für die Betroffenen stark beeinträchtigend sein. Es gibt keine eindeutigen Diagnosekriterien für EHS und es gibt auch keine wissenschaftliche Basis, um die EHS-Symptome mit der Einwirkung von EMF in Verbindung zu bringen.*“

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Studien folgert die Weltgesundheitsorganisation, dass an den Symptomen der Betroffenen zwar nicht zu zweifeln ist, dass es aber keine wissenschaftliche Grundlage für die Zurückführung der Symptome auf EMF gibt.⁶ Nach Auffassung der Weltgesundheitsorganisation sollte sich die Therapie vornehmlich darauf richten, die Symptome und funktionellen Beeinträchtigungen zu lindern. Als wichtig werden hierbei die Betrachtung der medizinischen und psychologischen Aspekte der Symptome durch einen Facharzt sowie die Beurteilung des Arbeitsplatzes und der häuslichen Situation hinsichtlich Einflussfaktoren, die zu den beschriebenen Symptomen beitragen könnten.

Wie kann den Betroffenen geholfen werden?

Bei Vorliegen von Befindlichkeitsstörungen und insbesondere bei schwerwiegenden Beeinträchtigungen ist den Betroffenen zu empfehlen, eine gründliche ärztliche Untersuchung vorzunehmen um Ursachen für die Symptomatik zu ergründen. In den Einzelfällen sind alle schon vorliegenden Vorbefunde zu prüfen. Mögliche Differentialdiagnosen sollen geprüft werden.

Eine alleinige Erklärung eines Patienten, dass z.B. ein Mobiltelefon die Ursache für seine Beschwerden sei, ist nicht als ausreichend anzusehen. Es muss vielmehr geprüft werden, ob andere Erklärungsmuster vorliegen können. Offene klinische Befunde sollten mit den beteiligten Ärzten abgeklärt werden.

Hier sei besonders auf die Umweltmedizinischen Beratungsstellen und Ambulanzen in Bayern hingewiesen, die hinsichtlich der Beurteilung von Zusammenhängen zwischen Umweltfaktoren und gesundheitlichen Störungen qualifiziert sind. Eine Liste von entsprechenden Beratungsstellen und Ambulanzen findet sich im Anhang. Diese Beratungsstellen sollten auch von sog. Elektrosensiblen genutzt werden.

Glossar

26. BImSchV

26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz legt verbindliche Grenzwerte für die Emission von nieder- und hochfrequenter nichtionisierender Strahlung fest. Die Grenzwerte beziehen sich auf ortsfeste Anlagen.

Cross-over Design

Bei einem cross-over Design werden die Probanden nacheinander allen verschiedenen Versuchssituationen ausgesetzt. Jeder Proband ist somit seine eigene Kontrollperson. Die Abfolge der Versuchssituationen sollte randomisiert werden.

Demodulation

Demodulation ist die Wiedergewinnung der Information, die zuvor durch Modulation auf eine Trägerwelle aufmoduliert wurde. Bei der Demodulation werden der oder die informationstragenden Parameter (z. B. Frequenz, Phase, Amplitude) des modulierten Trägers ausgewertet und zur weiteren Verarbeitung wiederum einer technischen Größe aufgeprägt (z. B. eine der Information proportionalen elektrischen Spannung oder einem binären Zahlenwert in der Digitaltechnik).

EMF-Monitoring in Bayern

Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat im Rahmen des EMF Monitorings in den Jahren 2002-2003 sowie 2006-2007 an 400 zufällig ausgewählten Messorten in Bayern im Freien EMF gemessen. Ergebnisse dieser Messreihe finden sich in: Bayer. Landesamt für Umwelt (Hrsg.) EMF Monitoring in Bayern (12.4.2006), Augsburg, 2006, zugänglich über http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/emf_messung_bewertung/doc/endbericht_emf.pdf. Ergebnisse des zweiten Durchgangs der Messreihe an den gleichen Messpunkten werden derzeit zusammengestellt.

GSM

Global System for Mobile Communications. Das weltweit am meisten verbreitete Mobilfunkstandard. Das D-Netz nutzt den GSM-Standard bei der Frequenz von ca. 900 MHz (GSM900), das E-Netz den GSM-Standard bei der Frequenz von ca. 1800 MHz (GSM1800).

Hochfrequente (HF) elektromagnetische Felder

Elektromagnetische Felder der Frequenz 100 kHz bis 300 GHz. Die Frequenzen für Mobilfunk liegen bei ca. 900 MHz (D-Netz), ca. 1800 MHz (E-Netz) und ca. 2100 (UMTS).

Multiples Testen

Im allgemeinen wird ein Ergebnis dann als statistisch signifikant bezeichnet, wenn der p-Wert der dazugehörigen Teststatistik unter 0,05 liegt. Das heißt, die Wahrscheinlichkeit, dass der Zusammenhang nur fälschlicherweise zu beobachten ist, beträgt 5%. Werden mehrere Fragestellungen gleichzeitig untersucht (z.B. eine Liste verschiedener Symptome), vergrößert sich die Wahrscheinlichkeit, dass unter diesen fälschlicherweise ein Ergebnis statistisch signifikant ist. Bei Anwendung des Signifikanz-Niveaus von 0,05 vergrößert sich somit die Wahrscheinlichkeit, dass es sich nur um ein Zufallsergebnis handelt.

Prävalenz

Häufigkeit in einer definierten Bevölkerung / Stichprobe zu einem definierten Zeitpunkt oder Zeitraum.

Thermische Effekte

Die Absorption der in EMF enthaltenen Energie führt zu einer Erwärmung. Dieser thermische Effekt wird bei der Verwendung von Mikrowellenherden genutzt. Eine starke Erhöhung der Körpertemperatur ist für die Gesundheit schädlich. Eine geringe Erhöhung der Körpertemperatur, wie sie z.B. auch bei körperlicher Aktivität auftritt, kann der Körper jedoch kompensieren, ohne dass sich dies auf die Gesundheit auswirkt. Die durch die EMF von Mobilfunkbasisstationen ausgehenden EMF sind so gering, dass die damit einhergehenden Temperaturerhöhungen unbedeutend sind und die menschliche Gesundheit nicht beeinflussen.

Umweltmedizinische Beratungsstellen und Ambulanzen in Bayern

Klinikum Augsburg
Akademisches Lehrkrankenhaus der Ludwig-Maximilians-Universität München
Umweltmedizinisches Zentrum
Stenglinstraße 2
D-86156 Augsburg
Tel.: 0821-400-3200
e-mail: Umweltmedizin@Klinikum-Augsburg.de
http://www.umweltmedizin-klinikum-augsburg.de/einleitung_gr.htm

Umweltmedizinische Ambulanz
Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin
Universität Erlangen-Nürnberg
Kochstr. 19
D-91054 Erlangen
Tel.: 09131-85-29221 / -29219
http://www.arbeitsmedizin.uni-erlangen.de/poliklinik_neu.htm

Umweltmedizinische Beratung
Referat für Gesundheit und Umwelt
der Stadt München
Bayerstraße 28a
D-80335 München
Tel.: 089-233-47-849
e-mail: umweltmedizin.rgu@muenchen.de
http://www.muenchen.de/Rathaus/rgu/beratung_foerderung/angebote/umedizin/38991/index.html

Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin
Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität
München – Innenstadt
Ziemssenstraße 1
D-80336 München
Tel.: 089-5160-2470
e-mail: arbalamb@med.uni-muenchen.de
<http://arbmed.klinikum.uni-muenchen.de/>

Weiterführende Information

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz.

<http://www.stmugv.bayern.de/umwelt/elektrosmog/index.htm>

<http://www.mobilfunk.bayern.de/>

Bayerisches Landesamt für Umwelt. <http://www.lfu.bayern.de/strahlung/index.htm>

Bundesamt für Strahlenschutz. <http://www.bfs.de/elektro>

Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm. <http://www.emf-forschungsprogramm.de/>

EMF-Portal http://www.emf-portal.de/_index.php

Forschungsgemeinschaft Funk e.V. <http://www.fgf.de>

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).

<http://www.icnirp.de/>

Mobilfunk: Ein Gesundheitsrisiko? Studien kontrovers diskutiert.

http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmugv_mf_00008.htm

Strahlenschutzkommission (SSK). <http://www.ssk.de/>

Weltgesundheitsorganisation (WHO). <http://www.who.int/emf>

Quellenangaben

1. Belz J. Ermittlung der Befürchtungen und Ängste der breiten Öffentlichkeit hinsichtlich möglicher Gefahren der hochfrequenten elektromagnetischen Felder des Mobilfunks - Abschlussbericht über die Befragung im Jahr 2006. Bonn: infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH, 2006. http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/risikokommunikation/risikokommunikation_verg/risiko_021_Bericht_voll_2006.pdf.
2. Ahlbom A, Green A, Kheifets L, Savitz D, Swerdlow A. Epidemiology of health effects of radiofrequency exposure. *Environ Health Perspect* 2004;112(17):1741-54. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15579422.
3. Sechszundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), 1996. http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschv_26/gesamt.pdf.
4. The Council of the European Union. Council recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz). 199/519/EC. Official Journal of the European Communities L 199: 59-70.
5. EMF-Monitoring in Bayern. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2006. http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/emf_messung_bewertung/doc/en_dbericht_emf.pdf.
6. World Health Organization. Fact Sheet Nr. 296. Elektromagnetische Felder und öffentliche Gesundheit. Elektromagnetische Hypersensitivität (Elektrosensibilität). 2005. http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/ehs_fs_296_german.pdf.

7. Bundesamt für Strahlenschutz. Moderne Kommunikationsmittel. 2006.
http://www.bfs.de/elektro/hff/modern_kommunikation.html.
8. Health Council of the Netherlands: GSM base stations. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2000. <http://www.gr.nl/pdf.php?ID=34&p=1>.
9. Ahlbom A, Bridges J, Mattson MO. Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health. Brussels: Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks SCENHIR, European Commission, 2007.
http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihir/docs/scenihir_o_007.pdf.
10. Vorschlag zur Gliederung von umweltmedizinischen Kasuistiken. Mitteilung der Kommission "Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin". *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 2006;5:485-6.
11. Hehl O, Hoopmann M, Suchenwirth R, Windorfer A, Brüggemeyer H. Gesundheitliche Auswirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf die Bevölkerung in Niedersachsen - Bestandsaufnahme und Machbarkeitsüberlegungen. Hannover: Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2002.
http://www.nlga.niedersachsen.de/master/C9669495_N9668872_L20_D0_I5800417.html.
12. Barsky AJ, Saintfort R, Rogers MP, Borus JF. Nonspecific medication side effects and the nocebo phenomenon. *Jama* 2002;287(5):622-7.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=11829702.
13. Berg G, Breckenkamp J, Kowall B, Blettner M, Schüz J, Schmiedel S, et al. Querschnittsstudie zur Erfassung und Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die Felder von Mobilfunkbasisstationen - Zwischenbericht zum Abschluss der Basiserhebung. Bielefeld, Mainz, Heidelberg, München: 2006.
http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/epidemiologie/epidemiologie_verg/epi_020_ZwB_02.pdf.
14. Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P, Kundi M. Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup Environ Med* 2006;63(5):307-13.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16621850.
15. Zwamborn APM, Vossen SHJA, van Leersum BJAM, Ouwens MA, Mäkel WM. Effects of global communication system radio-frequency fields on well-being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. Niederlande: TNO Physics and Electronics Laboratory, 2003.
http://home.scarlet.be/milieugezondheid/dossiers/gsm/TNO_rapport_Nederland_sept_2003.pdf.
16. Regel SJ, Negovetic S, Roosli M, Berdinas V, Schuderer J, Huss A, et al. UMTS base station-like exposure, well-being, and cognitive performance. *Environ Health Perspect* 2006;114(8):1270-5. <http://www.ehponline.org/members/2006/8934/8934.pdf>.
17. Rubin GJ, Hahn G, Everitt BS, Cleare AJ, Wessely S. Are some people sensitive to mobile phone signals? Within participants double blind randomised provocation study. *Bmj* 2006;332(7546):886-91. <http://www.bmj.com/cgi/reprint/332/7546/886>.
18. Eltiti S, Wallace D, Ridgewell A, Zougkou K, Russo R, Sepulveda F, et al. Does short-term exposure to mobile phone base station signals increase symptoms in individuals

- who report sensitivity to electromagnetic fields? A double-blind randomised provocation study. *Environ Health Perspect* 2007;doi:10.1289/ehp.10286 (available at <http://dx.doi.org/>). <http://www.ehponline.org/members/2007/10286/10286.pdf>.
19. Heinrich S, Ossig A, Schlittmeier S, Hellbrück J. Elektromagnetische Felder einer UMTS-Mobilfunkbasisstation und mögliche Auswirkungen auf die Befindlichkeit - eine experimentelle Felduntersuchung. *Umweltmed Forsch Prax* 2007;12(3):171-80. <http://www.scientificjournals.com/sj/ufp/Abstract/ArtikelId/9780>.
 20. Danker-Hopfe H, Dorn H, Berndt O. Untersuchungen an Probanden unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern von Mobiltelefonen - Literaturübersicht. Berlin: Charité - Universitätsmedizin Berlin, 2004. http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie_verg/bio_080_Istudie.pdf.
 21. Hug K, Rapp R, Schär P, Taschner N. Hochfrequente Strahlung und Gesundheit. Bewertung von wissenschaftlichen Studien im Niedrigdosenbereich. Umwelt-Wissen Nr. 0722. Bern: Bundesamt für Umwelt, 2006. <http://www.umwelt-schweiz.ch/uw-0722-D>.
 22. Koivisto M, Revonsuo A, Krause C, Haarala C, Sillanmaki L, Laine M, et al. Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans. *Neuroreport* 2000;11(2):413-5. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=10674497.
 23. Haarala C, Bjornberg L, Ek M, Laine M, Revonsuo A, Koivisto M, et al. Effect of a 902 MHz electromagnetic field emitted by mobile phones on human cognitive function: A replication study. *Bioelectromagnetics* 2003;24(4):283-8. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12696088.
 24. Haarala C, Takio F, Rintee T, Laine M, Koivisto M, Revonsuo A, et al. Pulsed and continuous wave mobile phone exposure over left versus right hemisphere: Effects on human cognitive function. *Bioelectromagnetics* 2007. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=17203481.
 25. Krause CM, Pesonen M, Haarala Bjornberg C, Hamalainen H. Effects of pulsed and continuous wave 902 MHz mobile phone exposure on brain oscillatory activity during cognitive processing. *Bioelectromagnetics* 2007;28(4):296-308. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=17203478.
 26. Russo R, Fox E, Cinel C, Boldini A, Defeyter MA, Mirshekar-Syahkal D, et al. Does acute exposure to mobile phones affect human attention? *Bioelectromagnetics* 2006;27(3):215-20. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16304701.
 27. Besset A, Espa F, Dauvilliers Y, Billiard M, de Seze R. No effect on cognitive function from daily mobile phone use. *Bioelectromagnetics* 2005;26(2):102-8. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15672372.
 28. Regel SJ, Gottselig JM, Schuderer J, Tinguely G, Retey JV, Kuster N, et al. Pulsed radio frequency radiation affects cognitive performance and the waking electroencephalogram. *Neuroreport* 2007;18(8):803-807. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=17471070.

29. Keetley V, Wood AW, Spong J, Stough C. Neuropsychological sequelae of digital mobile phone exposure in humans. *Neuropsychologia* 2006;44(10):1843-8.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16616941.
30. Danker-Hopfe H, Dorn H. Untersuchung der Schlafqualität bei Anwohnern einer Basisstation - Experimentelle Studie zur Objektivierung möglicher psychologischer und physiologischer Effekte unter häuslichen Bedingungen - Literaturübersicht. Berlin: 2005.
http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie_verg/bio_095_LitSt.pdf.
31. Danker-Hopfe H, Dorn H. Biological effects of electromagnetic fields at mobile phone frequencies on sleep: current state of knowledge from laboratory studies. *Somnologie* 2005;9:192-8.
32. Leitgeb N. Untersuchung der Schlafqualität bei elektrosensiblen Anwohnern von Mobilfunk-Basisstationen unter häuslichen Bedingungen - Literaturstudie. Graz: 2005.
http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie_verg/bio_096_ZwB_01.pdf.
33. Huber R, Schuderer J, Graf T, Jutz K, Borbely AA, Kuster N, et al. Radio frequency electromagnetic field exposure in humans: Estimation of SAR distribution in the brain, effects on sleep and heart rate. *Bioelectromagnetics* 2003;24(4):262-76.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12696086.
34. Technische Universität Graz. Untersuchung der Schlafqualität bei elektrosensiblen Anwohnern von Basisstationen unter häuslichen Bedingungen. 2007. http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie_abges/bio_096.html.
35. Bawin SM, Adey WR, Sabbot IM. Ionic factors in release of $^{45}\text{Ca}^{2+}$ from chicken cerebral tissue by electromagnetic fields. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1978;75(12):6314-8.
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=393172&blobtype=pdf>.
36. Cranfield CG, Wood AW, Anderson V, Menezes KG. Effects of mobile phone type signals on calcium levels within human leukaemic T-cells (Jurkat cells). *Int J Radiat Biol* 2001;77(12):1207-17.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=11747545.
37. Platano D, Mesirca P, Paffi A, Pellegrino M, Liberti M, Apollonio F, et al. Acute exposure to low-level CW and GSM-modulated 900 MHz radiofrequency does not affect $\text{Ba}(2+)$ currents through voltage-gated calcium channels in rat cortical neurons. *Bioelectromagnetics* 2007.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=17620299.
38. Rubin GJ, Das Munshi J, Wessely S. Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies. *Psychosom Med* 2005;67(2):224-32.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15784787.
39. Seitz H, Stinner D, Eikmann T, Herr C, Roosli M. Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication--a literature review published between 2000 and 2004. *Sci Total Environ* 2005;349(1-3):45-55.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15975631.

Gesundheit und Umwelt – Materialien zur Umweltmedizin

Erstmalig im Jahr 2001 hat das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz eine Reihe „Gesundheit und Umwelt - Materialien zur Umweltmedizin“ herausgegeben. Diese Reihe wird, beginnend mit dem Band 9, durch das Sachgebiet Umweltmedizin des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) fortgeführt.

Die Materialien zur Umweltmedizin dienen der allgemeinen Information und im Besonderen der Fachinformation der bayerischen Gesundheitsbehörden zu Themen aus den Bereichen Umweltmedizin, Umwelthygiene, Umwelttoxikologie und Umweltepidemiologie.

Bisher sind in dieser Schriftenreihe folgende Bände erschienen:

- Band 1 Mobilfunk: Ein Gesundheitsrisiko? (2001)
- Band 2 PCB – Polychlorierte Biphenyle (2001)
- Band 3 Fortbildung Umweltmedizin (Material der Fortbildung der Bayerischen Akademie für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin am 20./21.11.2001)
- Band 4 Untersuchung und Bewertung der PCB-Belastung von Schülern und Lehrern in der Georg-Ledebour-Schule, Nürnberg (2002)
- Band 5 Aufgaben bei der Altlastenbehandlung (Material der Fortbildung der Akademien für Gesundheit, Ernährung und Verbraucherschutz am 19./21.11.2002)
- Band 6 Schutz vor der Entstehung allergischer Krankheiten: Protektive Faktoren des bäuerlichen Lebens (2003)
- Band 7 Umwelt und Gesundheit im Kindesalter. Ergebnisse einer Zusatzerhebung im Rahmen der Schuleingangsuntersuchung 2001/2002 in 6 Gesundheitsämtern (2004)
- Band 8 Projektbericht Schuleingangsuntersuchungen 2003: Umwelt und Gesundheit (2004)
- Band 9 Grundlagen und Bewertungen im Rahmen des Human-Biomonitorings (2005)
- Band 10 Longitudinale Kohortenstudie zur Erfassung akuter pulmonaler, kardialer und hämatologischer/hämostaseologischer Wirkungen von Feinstaub unter realen Umweltbedingungen (CorPuScula) (2005)
- Band 11 Umweltmedizinische Bedeutung von Dieselruß / Feinstaub (2005)
- Band 12 Kind und Umwelt - Teilprojekt Umweltperzeption und reale Risiken (2005)
- Band 13 Aktuelle umweltmedizinische Probleme in Innenräumen, Teil 1 (2005)
- Band 14 Literaturstudie zu Acrylamid und aromatischen Aminen (2006)
- Band 15 Aktuelle umweltmedizinische Probleme in Innenräumen, Teil 2 (2007)
- Band 16 Umweltmedizinische Bedeutung perfluorierter Kohlenwasserstoffe (PFC) (2006)
- Band 17 Verhalten, Vorkommen und gesundheitliche Aspekte von Feinstäuben in Innenräumen (2007)

sowie der vorliegende

- Band 18 Mobilfunk: Mobilfunkbasisstationen und menschliche Befindlichkeit (2008)



91058 **Erlangen**
Eggenreuther Weg 43
Telefon: 09131 764-0



85764 **Oberschleißheim**
Veterinärstraße 2
Telefon: 089 31560-0



97082 **Würzburg**
Luitpoldstraße 1
Telefon: 0931 41993-0



80538 **München**
Pfarrstraße 3
Telefon: 089 2184-0

www.lgl.bayern.de

**Bayerisches Landesamt für
Gesundheit und Lebensmittelsicherheit**
Eggenreuther Weg 43, 91058 Erlangen

Telefon: 09131 764-0
Telefax: 09131 764-102

E-Mail: poststelle@lgl.bayern.de
Internet: www.lgl.bayern.de

Druck: Print Com, Erlangen

ISSN 1862-8052

ISSN 1862-9601

ISBN 978-3-939652-53-3

ISBN 978-3-939652-54-0

Print Ausgabe

Online Ausgabe

Print Version

Online Version