

Bericht zum FGF-Workshop in Immenstaad: „Können elektromagnetische Felder des Mobilfunks Schlafstörungen und andere kognitive Änderungen hervorrufen?“

Siegfried Eggert, Roland Glaser, Frank Gollnick, Lutz Haberland

Bei der internationalen Fachtagung vom 8. bis 10. Dezember 2003 in Immenstaad am Bodensee wurde das Thema unter etwa 50 Experten aus den entsprechenden Forschungsbereichen diskutiert.

Der von der Forschungsgemeinschaft Funk in Kooperation mit der europäischen Forschungsaktion COST281 und dem Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg organisierte Workshop hatte sich das Ziel gesetzt, die aktuellen Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen zu biologischen Einflüssen hochfrequenter elektromagnetischer Felder (HF-EMF) insbesondere auf den menschlichen Schlaf zu diskutieren und möglichst Empfehlungen für weitere Forschungsaktivitäten zu geben. Vor allem die Ergebnisse einer Forschergruppe um den schweizer Schlafforscher Peter Achermann gaben in den letzten Jahren Anlass zu Befürchtungen. Demnach soll die Einwirkung schwacher HF-Felder, wie z.B. im Mobilfunk üblich, im Experiment an freiwilligen Probanden zu einer Veränderung der Gehirnaktivität während des Schlafs führen.

In zwei Grundlagen-orientierten Beiträgen und einer Reihe von Fachbeiträgen aus den Bereichen der Epidemiologie (Bevölkerungsuntersuchungen), der experimentellen Schlaf- und Wahrnehmungsforschung sowie der Mess- und Expositionstechnik für Untersuchungen am Menschen näherte man sich dem Thema aus verschiedenen Richtungen. Bewusst wurde dabei den Diskussionen besonders viel Zeit eingeräumt. Im Einzelnen wurde von bereits durchgeführten oder geplanten Schlafstudien, von Bevölkerungsstudien anhand von Fragebogenuntersuchungen sowie von verschiedenartigen Studien zu kognitiven Leistungen (Wahrnehmung, Reaktion – vornehmlich beim Menschen) unter dem Einfluss von HF-Feldern berichtet. Immer stand also das Gehirn des Menschen und seine mögliche Beeinflussung durch Mobilfunkfelder im Mittelpunkt der Gespräche. Die Diskussionen über die Methoden der exakten und bestmöglichen Messung und Auswertung der hierzu maßgeblichen Parameter (z.B. EEG-Messungen, Feldmessungen, Art der Fragebögen), über die geeignete Simulation der Mobilfunkfelder im Labor sowie über die besten Versuchseinrichtungen und Verfahren für möglichst lebensnahe Bedingungen im Experiment rundeten den Workshop ab.

Die Veranstaltung gliederte sich in die folgenden thematisch abgegrenzten Sitzungen:

- Schlaf und Schlafstörungen aus medizinischer Sicht
- Epidemiologische Untersuchungen über HF-Einflüsse auf Schlafstörungen
- Dosimetrie
- Experimentelle Untersuchungen über HF-Einflüsse auf kognitive Prozesse und Schlafstörungen

Gerd **Friedrich** (FGF), Norbert **Leitgeb** (COST281) und Peter **Brunner** (Ministerium) begrüßten zunächst die Teilnehmer. Brunner nutzte die Gelegenheit, um die Aktivitäten seines Ministeriums zur Klärung eventueller gesundheitlicher Gefahren des Mobilfunks und anderer hochfrequenter Technologien zu beleuchten. Insbesondere wies er auf die

kürzlich abgeschlossenen großflächigen Immissionsmessungen (Rundfunk, Fernsehen und Mobilfunk) in Baden-Württemberg hin. Alle Messwerte lagen weit unter den gültigen Grenzwerten – der höchste gemessene Wert betrug 11% des Grenzwertes.

Schlaf und Schlafstörungen aus medizinischer Sicht

Die Einführungssitzung behandelte die **medizinischen Grundlagen des Schlafs und von Schlafstörungen**. Dieter **Riemann** (Universitätsklinik Freiburg) gab einen Überblick zur Abfolge und Bedeutung der einzelnen Schlafphasen sowie über den Zusammenhang mit hormonellen Änderungen und dem biologischen Tagesrhythmus. Die verschiedenen Arten von Schlafstörungen (Insomnie - Schlaflosigkeit, Hypersomnie – krankhaft gesteigertes Schlafbedürfnis, Parasomnie – Störung der Schlafregulation) und ihre möglichen Ursachen wurden diskutiert, verbunden mit den entsprechenden Behandlungsmethoden.

Thomas **Penzel** (Universitätsklinikum Marburg) fokussierte in seinem Vortrag auf die Methoden der Schlafdiagnose und auf Probleme der Hypersomnie. Zur Charakterisierung der Schlafqualität wird eine Vielzahl von Methoden angewandt, wie die Aufzeichnungen von:

- EEG (Elektroenzephalogramm – Messung der elektrischen Gehirnaktivität)
- EOG (Elektrookulogramm – elektrische Messung der Augenaktivität)
- EMG (Elektromyogramm – elektrische Messung der Muskelaktivität)
- EKG (Elektrokardiogramm – Messung der elektrischen Herzaktivität)
- Bewegungen
- Schnarchen und
- Atmung.

Mit Hilfe der dabei gewonnenen Daten (vor allem über die elektrische Gehirnaktivität) erfolgt die Einteilung in Schlafphasen. Allerdings ist dies kein absolut objektivierbarer Vorgang – die Übereinstimmung in der Beurteilung liegt bei verschiedenen Auswertern interessanterweise nur bei 60 – 85%. Im folgenden wurde auf Ursachen und Begleiterscheinungen der Hypersomnie eingegangen.

In der anschließenden **Diskussion** ging es hauptsächlich um die **Objektivität von Schlafmessungen**: Gibt es so sensitive Messmethoden, dass beim Menschen auch ein nur sehr geringer Einfluss auf den Schlaf nachzuweisen ist? Ist es möglich, die individuelle Schlafvariabilität zu messen und wie viele Nächte sind dafür nötig? Gibt es Methoden objektiver Registrierung des Verlaufes des Schlafes, die einen geringeren Aufwand erfordern als die Messungen eines vollständigen EEG, solche, die den Schlaf des Probanden weniger behindern und unter gewohnten Umständen zuhause anwendbar sind? Auf diese methodischen Fragen gibt es offenbar noch keine eindeutigen Antworten. Verfügbare Hand-Registriergeräte, wie das mit wenigen Elektroden auskommende kleine Gerät „QUISI“, liefern nur Daten mit begrenzter Aussagekraft.

Epidemiologische Untersuchungen der Bevölkerung und Messungen in deren direktem Umfeld

Die Sitzung zu epidemiologischen Studien begann mit dem Vortrag von Ekkehardt **Altpeter** (Universität Bern) zur Kurzwellensendeanlage Schwarzenburg/Schweiz. Nach gesundheitlichen Beschwerden der Anwohner wurden in den 1990er Jahren Untersu-

chungen zur Schlafqualität (Fragebögen) und zu hormonellen Änderungen (Melatonin) durchgeführt. Während beim in der Nacht normalerweise verstärkt produzierten Melatonin in Abhängigkeit von der Entfernung zur Sendeanlage keine statistisch eindeutigen Effekte durch den Sender nachweisbar waren (abgesehen von einem geringfügigen Anstieg in der stärker exponierten Gruppe beim kurzzeitigen Abschalten der Anlage), zeigte die berichtete Schlafqualität einen eindeutigen Zusammenhang mit der Entfernung zum Sender. Je näher am Sender die Befragten wohnten, um so größer waren die Beschwerden über unzureichenden Schlaf und umso stärker war eine selbst auferlegte „Schlafhygiene“ ausgeprägt (z.B. Vermeiden von schweren Speisen vor dem Schlafen). Probleme der Aussagekraft der Studie wurden diskutiert, so die Unmöglichkeit einer „Blindung“ dieser Art von Erhebungen – Die Anwohner der Sendeanlage konnten leicht in Erfahrung bringen, ob diese gerade sendete oder nicht.

Martin **Röösl**i (Universität Bern) referierte über Ansätze, Einflüsse von Mobilfunk auf den Schlaf „im wirklichen Leben“ („real life situation“) zu untersuchen – der Versuch epidemiologische Untersuchungen mit Laborexperimenten zu kombinieren. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erreichen, sind eine Vielzahl von Methoden notwendig: Schlaftagebuch, Hormonuntersuchungen, Befragungen, Aufzeichnungen der Bewegung während des Schlafes und die Messung der Exposition. In einer ersten Untersuchung wurde das Einschalten neuer Basisstationen begleitet – ohne, dass die in den Phasen vor- und nachher gemessenen Personen den genauen Einschaltzeitpunkt kannten. Da allerdings die Exposition der Probanden durch die zusätzliche Basisstation nur geringfügig stieg, konnte allein die Aussagekraft der *Methodik* untersucht werden. Die Resultate selbst waren nicht aussagekräftig. Es ist beabsichtigt, die EMF-Exposition zukünftig direkt im Schlafzimmer der Untersuchten zu erzeugen, um eindeutige und nachvollziehbare Feldcharakteristika zu erhalten. Der Referent unterstrich die allerdings in diesen Experimenten schwer zu realisierende Notwendigkeit der „Blind-Experimente“ (bei denen der Proband über den Ein/Aus-Zustand der Feldquelle nicht informiert sein darf). Die Notwendigkeit einer Positivkontrolle (z.B. Lärm) wurde diskutiert.

Über eine ähnliche Machbarkeitsstudie in Deutschland berichtete Hans **Dorn** (für Heidi **Danker-Hopfe**, beide Charité Berlin). Hier wurde hauptsächlich das EEG von freiwilligen Probanden in dem Ort Flachsmeer zuhause mit einem tragbaren Gerät („QUISI“, s.o.) aufgezeichnet und dann ausgewertet, um die Schlafeffektivität zu bestimmen. Die Ergebnisse der methodischen Auswertungen waren zufriedenstellend (ca. 85% der aufgezeichneten Nacht-EEGs auswertbar), so dass auch hier weitere Untersuchungen geplant sind. Hierzu müssten sich der Planung nach allerdings noch (schwer zu realisierende) Möglichkeiten finden, bestimmte Mobilfunk-Sendeanlagen zeitweise gezielt abzuschalten. Diskutiert wurden wiederum das Problem der Blindung der Teilnehmer und vor allem die Art der Exposition (Mobilfunk nur als kleine Teilmenge der Gesamtexposition, wie z.B. auch durch TV und Radio!).

Enrique **Navarro** (Universität Valencia, Spanien) berichtete über eine epidemiologische Erhebung zu Befindlichkeitsstörungen in Abhängigkeit von der Exposition durch Sendemasten in einer kleinen Gemeinde in Spanien. Etwa 100 Fragebögen nach dem Muster von R. Santini (70% der insgesamt versandten Bögen) in dieser Pilotstudie ergaben eine Zunahme von Schlafstörungen in Abhängigkeit von der Nähe zur nächsten Basisstation. Die Aussagekraft der verwendeten Fragebögen und die Art der durchgeführten Messungen (Breitband-Hochfrequenzsignal statt nur GSM-Signal) waren Thema der Diskussion und führten zu substanzieller Kritik an der Studie.

Im Folgenden wurden die verschiedenen **Störfaktoren bei epidemiologischen Untersuchungen** („Confounder“) zum Thema Schlaf und EMF diskutiert. Die wesentlichsten sind Licht, Aktivität (physische Anstrengung), Temperatur, Lärm und biologischer Rhythmus (Stichwort: Schichtarbeit). Auch hormonelle Einflüsse wie der weibliche Menstruationszyklus kamen zur Sprache.

Bezüglich der Methodik wurde u.a. auf die eingeschränkte Aussagekraft von Fragebögen hingewiesen und auf die Notwendigkeit, definierte Expositionsparameter gewinnen zu können sowie die Blindung der Probanden sicherzustellen. So wurde die Frage aufgeworfen, ob eine Umfrage mit deutlichem Bezug auf die Basisstationen nicht vielleicht zu Suggestiv-Antworten führt. Obgleich es zweifellos erforderlich wäre, weitere epidemiologische Studien zu diesem Thema durchzuführen, sei es schwierig, die genannten Fehlermöglichkeiten zu vermeiden. Es müsse nach deutlichen Verbesserungsmöglichkeiten bei der Durchführung gesucht werden. Als Fazit dieser Sitzung wurde die Aussagekraft der *bisher* auf diesem Gebiet durchgeführten Bevölkerungsstudien als eher gering und mit deutlichen Zweifeln behaftet eingestuft.

Dosimetrie, Expositionseinrichtungen im Labor, geeignete Simulation der Mobilfunksignale

Zu Fragen der Dosimetrie und der Konstruktion hochwertiger Expositionseinrichtungen für Experimente mit Probanden waren drei vortragende Experten eingeladen. Jürgen **Schuderer** (für Nils **Kuster**, beide ETH Zürich) unterstrich die Notwendigkeit der Konstruktion solcher Anlagen, welche die Frage nach einer möglichen Beeinflussung des Menschen durch die HF-Felder mit möglichst hoher Signifikanz (d.h. statistischer Eindeutigkeit) beantworten. Aus diesem Grund sind Anlagen erforderlich, die eine möglichst realitätsnahe Feldexposition, bezogen auf die Exposition durch eine Mobilfunk-Basisstation, ermöglichen, jedoch im Gegensatz dazu in ihrer Intensität an die Grenzwerte maximaler Exposition heranreichen. Nur dies könnte mögliche Effekte deutlich machen und, falls nachgewiesen, zu einer wissenschaftlich begründbaren Korrektur der Grenzwerte führen. Es ist also notwendig, in einer Untersuchung die Probanden sowohl mit niedrigen als auch mit hohen Dosen eines sehr gut definierten Testsignals zu exponieren (Aufstellen von Dosis-Wirkungs-Reihen). Zusätzlich sind durch Rechnungen, gestützt durch Messungen an Phantomen, die tatsächlichen Expositionswerte zu bestimmen.

Volkert **Hansen** (Universität Wuppertal) zeigte in einem Rückblick die verschiedenen Ansätze, eine Expositionseinrichtung für Schlafstudien im Labor und eine zuverlässige Dosimetrie aufzubauen. Dabei ging er auch auf mögliche Feldverzerrungen ein, die lokal durch die metallhaltigen Elektroden entstehen können, die zur Ableitung des EEG am Kopf angebracht werden. Außerdem gilt es, die natürlicherweise unkontrollierten Bewegungen der Probanden im Schlaf mit in die Feldkalkulationen einzubeziehen (vor allem Kopfbewegung).

Gernot **Schmid** (Austrian Research Center Seibersdorf, Österreich) informierte über Experimente an 58 Probanden, bei denen untersucht wurde, ob sich unter dem Einfluss simulierter UMTS-Felder die visuelle Wahrnehmungsfähigkeit verändert. Es konnten in vier verschiedenen ausgerichteten Wahrnehmungstests keine statistisch verwertbaren Abweichungen gegenüber den Kontrollversuchen ohne Exposition gefunden werden. Der Schwerpunkt lag in diesem Vortrag auf der speziell hierfür konstruierten Expositi-

onseinrichtung, bei der in einer feldabschirmenden Kabine das UMTS-Signal über einen umkonstruierten Phono-Kopfhörer direkt an die Stelle am Kopf der Probanden gebracht wurde, an die normalerweise das Mobiltelefon beim Sprechen platziert wird. So erreichte das UMTS-Standard-Signal die Köpfe der Testpersonen sehr realitätsnah, während die Hände zur Erledigung der Wahrnehmungstests (Bildschirmpräsentationen mit speziellen Tastaturen zur Beantwortung der Testaufgaben) frei blieben.

In der **Diskussion zu dieser Sitzung** wurde hervorgehoben, dass von der technischen Seite her mittlerweile ausreichendes Wissen und Möglichkeiten vorliegen, um bei Schlafstudien *im Labor* eine verlässliche, nachvollziehbare Feldexposition sicher zu stellen. Dieses Wissen einiger erfahrener Arbeitsgruppen sollte bei künftigen Planungen (noch mehr als bisher) genutzt werden. Dagegen zeigten sich die Methodik und die Dosimetrie *im Wohnumfeld* des Menschen (bzw. bei bisherigen epidemiologischen Untersuchungen) als nach wie vor unzureichend. Entsprechend wurden die vorliegenden Studien aus diesem Forschungszweig bewertet. Man sah die Notwendigkeit, durch eine gemeinsame Anstrengung mehrerer auf diesem Gebiet erfahrener Forschergruppen verbindliche Empfehlungen mit Mindestanforderungen (zumindest technischer Art) für wissenschaftlich akzeptable epidemiologische Forschung im Bereich des Schlafs zu entwickeln.

Experimentelle Untersuchungen im Labor

Peter **Achermann** (Universität Zürich) war der erste Sprecher der Sitzung zu experimentellen Untersuchungen. Er berichtete über drei verschiedene Studien seiner Arbeitsgruppe bei Exposition von Probanden während bzw. vor dem Schlaf in einem 900 MHz GSM-Mobilfunk-Testsignal. Die stärksten Effekte konnten bei *Exposition während des Schlafes* gefunden werden. Dies waren vor allem reduzierte kurze Aufwachzeiten während der Nacht nach dem Einschlafen und verstärkte EEG-Signalamplituden (in den sogenannten „Schlafspindeln“) im Nicht-REM-Schlaf (also insbesondere im Tiefschlaf). „REM“ bedeutet „rapid eye movement“ („schnelle Augenbewegung“) und bezeichnet natürliche Schlafphasen, in denen man relativ „flach“ schläft, träumt und eben solche (messbaren) Augenbewegungen ausführt. Die Untersuchungen mit *Exposition kurz vor dem Schlaf* zeigten weniger ausgeprägte Effekte - wiederum im Nicht-REM-EEG - die bei Fernfeld-Exposition mit der Zeit kontinuierlich abnahmen und wenige Stunden nach Expositionsende verschwanden. Der zeitliche Verlauf der Effekte bei Nahfeld-Exposition war umgekehrt. Interessant ist, dass 900 MHz EMF ohne GSM-Modulation in diesem Experiment keine Effekte im EEG hervorriefen. Für die Zukunft sind Untersuchungen zur Dosis-Wirkungsabhängigkeit geplant. Der Wirkungsmechanismus ist bislang vollkommen unklar.

Joachim **Röschke** und Klaus **Mann** (beide Universität Mainz) stellten unterschiedliche Aspekte ihrer gemeinsamen Studien vor. Untersucht worden waren das Schlaf-EEG, hormonelle Änderungen und die Variabilität des Herzschlags. Während der Hormonstatus und der Herzschlag keine signifikanten Änderungen bei Exposition mit einem 900 MHz GSM-Handysignal zeigten, konnte in der ersten Studie eine verkürzte Einschlafzeit und ein reduzierter Anteil an REM-Schlafphasen nachgewiesen werden. Diese Änderungen konnten in einer Folgestudie zwar auch wieder gefunden werden, waren aber nicht mehr statistisch signifikant verschieden zu den Kontrollexperimenten.

Subjektive Symptome (Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindelgefühl, Hautempfindungen) bei gesunden und nicht als hypersensitiv eingeschätzten Erwachsenen und Kindern während und nach der Exposition mit einem 900 MHz GSM-Mobilfunksignal waren das Thema des Vortrags von Christian **Haarala** (Universität Turku, Finnland). Im Vergleich zur Kontrolle konnten keine Änderungen nachgewiesen werden.

Der abschließende Teil dieser Vortrags Sitzung behandelte **geplante, laufende bzw. vorläufige Studien** zu Schlaf und Gehirnfunktionen unter Einwirkung elektromagnetischer Felder.

Norbert **Leitgeb** (Universität Graz) berichtete über eine gerade begonnene Pilotstudie an Personen, die sich als elektrosensibel bezeichnen und an Schlafstörungen leiden. Zur Erforschung dieser Situation werden in den häuslichen Schlafräumen jeden Abend Zelte aufgebaut (ähnlich wie Moskitonetze), die Abschirmeigenschaften um den Faktor 40 dB besitzen oder – von den Probanden nicht unterscheidbar – die normalerweise vorhandenen Umwelt-Felder ungehindert durchlassen. In der Diskussion zu diesem Vorhaben wurde Zweifel daran geäußert, ob die Unterschiede beider Zelte durch die Probanden tatsächlich nicht nachweisbar sind (z.B. durch Gebrauch eines Handys oder eines Taschenradios), vor allem, wenn nicht unbedingt mit der Neutralität des Probanden gerechnet werden kann. Leitgeb gab zu verstehen, dass die Studie nur mit kooperativ handelnden Personen durchgeführt werden soll, die ein eigenes ernstes Interesse an der Aufklärung ihrer Störungen haben (d.h. die Studie nicht durch Betrug verfälschen).

Anja **zur Nieden** (Universität Giessen) berichtete über eine epidemiologische Pilotstudie zur Schlafqualität, die nach Kriterien allgemeiner psychologischer Erhebungen unter Berücksichtigung einer großen Anzahl abgefragter Parameter durchgeführt wurde. Aus den bisher vorliegenden Daten ergaben sich keinerlei Bezüge zwischen dem Gebrauch von Mobiltelefonen und der Schlafqualität. In der Diskussion wurde die Bedeutung der Erfassung von Merkmalen zur Persönlichkeitsstruktur unterstrichen. Die spezielle (und in diesem Gebiet der Forschung neue) Charakteristik der Fragebögen könnte wegweisend auch für andere, geplante epidemiologische Erhebungen zum Thema Schlaf und Mobilfunkfelder sein. Es wurde großes Interesse an den endgültigen Ergebnissen der Untersuchung und vor allem an der angewandten Methodik geäußert.

Eine großangelegte schwedische Studie mit gemischter Methodik wird in naher Zukunft den Einfluss von Mobilfunkfeldern (900 MHz GSM) auf die Schlafqualität untersuchen. Zur Anwendung kommen dabei Fragebögen, EEG- und Hormonuntersuchungen sowie Verhaltenstests (Vortragender: Arne **Lowden**, Karolinska Institut Stockholm, Schweden). In der Diskussion zu diesem Vortrag, wie auch in der Gesamtdiskussion, wurden gerade in Bezug auf diese interessante Studie von den anwesenden Experten eine Reihe an konstruktiven Verbesserungsempfehlungen und wertvollen Hinweisen gegeben. Auch dies kann – rechtzeitig bevor die Studie gestartet wird – als wichtiger Impuls und wertvolles Ergebnis dieses Workshops betrachtet werden.

Im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms werden Michael **Bornhausen** und Mitarbeiter (LM Universität München) den Einfluss von GSM- und UMTS-Feldern auf das Verhalten von drei Generationen von Ratten untersuchen. Dabei werden die Tiere in sogenannten „Skinner-Boxen“ mit automatisch ablaufenden Verhaltenstests in abgestuftem Schwierigkeitsgrad (Belohnung nach erfolgreichem Ausführen einer Verhaltensaufgabe) an die Grenzen ihrer möglichen Gehirnleistungen gebracht. Hierdurch verspricht man sich eine besonders hohe Auflösung der gewonnenen Daten.

Mögliche Einflüsse von GSM-, UMTS-, WLAN- und DECT-Signalen auf das Schlaf- und Wach-EEG und auf kognitive Tests sind das Thema einer für das nächste Jahr an der Universität Bern geplanten Studie (Reinhold **Berz** und Mitarbeiter, InfraMedic AG, Burgrieden-Rot, und Universität Bern).

Rüdiger **Maier** (Universität Mainz) berichtete über eine Untersuchung zum Einfluss von GSM-Signalen auf kognitive Tests an Probanden. Allerdings konnten keine Angaben zur Dosimetrie gemacht werden, auch wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse lediglich mit einem willkürlich ausgewählten statistischen Verfahren ermittelt ohne Begründung, warum gerade dieses, und nicht die anderen, „keine Signifikanz“-ergebenden Tests aussagekräftig sein sollten. In der Diskussion wurde der Gruppe eine Zusammenarbeit mit Spezialisten der Dosimetrie und Biometrie empfohlen.

In der anschließenden **Diskussion zu experimentellen Untersuchungen** kam u.a. das Problem der Replikation von Studien („Wiederholungsstudien“) zur Sprache. Eine identische Replikation von Studien wird es fast nie geben, da die Wissenschaft von Verbesserungen und Weiterentwicklungen lebt und auch kaum Geldmittel „nur“ für eine Wiederholungsstudie bereit gehalten werden. Zur Klärung vieler nur ein Mal gefundener und nicht weiter erklärter Effekte wären solche Wiederholungen im eigenen Labor und vor allem an anderer Stelle jedoch aus wissenschaftlicher Sicht sehr wünschenswert.

Fehlende Erklärungen der von einigen Arbeitsgruppen gefundenen Effekte (Was ist der Mechanismus?) wurden ebenso diskutiert wie die Notwendigkeit der Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen (Medizin, Biologie, Biophysik, Physik, Ingenieurwissenschaft). Wie oben bereits angesprochen, regte der Diskussionsleiter Peter **Ullsperger** (Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Berlin) an, eine Gruppe von Experten zusammenzubringen, die methodische Standards für die EMF-Schlafforschung etablieren sollte.

Gibt es einen messbaren Effekt? Was ist ein Effekt?

Die abschließende **Plenumsdiskussion** wurde durch Jürgen **Kiefer** (Universität Gießen) geleitet. Zunächst fassten die Rapportteure Hans **Dorn** (s.o.), Siegfried **Eggert** (Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Berlin) und Sheila **Johnston** (Neuroscience Consultant, London) die Vorträge und Diskussionen zusammen. Die Diskussion begann mit der Frage: Gibt es einen Effekt, auf dem man weitere Forschung aufbauen kann, und welche Methoden und zu untersuchenden Parameter sind dafür die am besten geeigneten? Die Tagung ergab, dass deutlich zwischen einer Expositionintensität zu unterscheiden ist, die beim Telefonieren durch die Felder des eigenen Handys erzeugt werden und den um mehrere Zehnerpotenzen schwächeren, denen die Bürger durch nahegelegene Basisstationen ausgesetzt sind. Nur im ersten Fall, d.h. bei Feldern in der Nähe der Grenzwerte, ergaben sich mitunter messbare Effekte, die als vorläufig einzustufen sind, weil noch nicht unabhängig reproduziert. Es wurde diskutiert, ob eventuell Signale der außerordentlich empfindlichen Thermorezeptoren der Haut und der Hirn-Oberfläche für diese Reaktionen verantwortlich sein könnten.

Die zweite Frage, unmittelbar auf die Thematik der Tagung bezogen, lautete: Was bezeichnen wir als „Effekt“? Wie ist Schlafstörung zu definieren? Nur wenn alle Gruppen die Forschungsergebnisse nach gleichen Parametern bewerten, könnte eine Überein-

stimmung der Resultate erwartet werden. Trotz verschiedener Vorschläge (Schlaf-EEG, Bereitschaftspotential, physiologische Herzparameter etc.) scheint eine Standardisierung der Studien weder möglich noch sinnvoll. Dem widerspricht die hohe Komplexität des „Objektes“ (sprich: das Gehirn des Menschen).

Einig waren sich die eingeladenen Experten in den folgenden Punkten:

- Biologische Effekte dürfen nicht mit gesundheitlichen Effekten gleichgesetzt werden.
- Es müssen nach Möglichkeit Dosis-Wirkungs-Beziehungen bestimmt werden.
- Eine gute Statistik und Dosimetrie, mit allgemein verbindlichen Standards sollten für die Schlafforschung durchgesetzt werden.
- Studien müssen möglichst unabhängig repliziert werden, um wissenschaftliche Gültigkeit zu erlangen.

Dr. Siegfried Eggert ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin in Berlin.

Prof. Dr. Roland Glaser war Leiter des Instituts für Biophysik an der Humboldt-Universität Berlin.

Dr. rer. nat. Frank Gollnick ist Biologe und war lange Zeit Mitarbeiter im Physiologischen Institut II der Universität Bonn. Er ist nun als wissenschaftlicher Berater für die FGF tätig.

Dipl.-Biophysiker Lutz Haberland arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Biophysik des Instituts für Zellbiologie und Biosystemtechnik an der Universität Rostock.