

Bericht zum internationalen Workshop „Hochfrequente Felder und Gesundheit – Schlussfolgerungen nach 17 Jahren Arbeit der Forschungsgemeinschaft Funk e. V. (FGF). Sonderthema: Hochfrequente Elektromagnetische Felder und Gehirnphysiologie – Wo ist die Verbindung?“ in Stuttgart, 23. bis 25. November 2009

**Dipl. Biophys. Lutz Haberland
ist Mitarbeiter der FGF**

Dieser Abschluss-Workshop der FGF wurde – wie in den sieben Jahren zuvor – zusammen mit dem Umweltministerium Baden-Württemberg ausgerichtet. Neben einer Rückschau auf die Arbeit der Forschungsgemeinschaft Funk und die Forschung zu hochfrequenten EMF insgesamt aus verschiedenen Perspektiven und daraus resultierende Diskussionen, wie es weitergehen könnte, befassten sich die Teilnehmer an den ersten beiden Tagen hauptsächlich mit den Wirkungen hochfrequenter EMF auf den Kopf und dessen physiologischen Funktionen.

Gerd Friedrich als Geschäftsführer der FGF und **Udo Weese** vom Umweltministerium Baden-Württemberg begrüßten die 44 Teilnehmer aus Australien, mehreren europäischen Ländern und den USA. Weese bedankte sich für die Arbeit der FGF, insbesondere für ihre Bemühungen, die Kommunikation zwischen Wissenschaftlern untereinander und mit anderen Beteiligten voranzubringen sowie die Qualität der wissenschaftlichen Forschung zu verbessern.

Die erste Session beschäftigte sich mit der Dosimetrie. **Leonardo Angelone** aus den USA hatte seine Teilnahme an der Veranstaltung leider kurzfristig absagen müssen; neue Ergebnisse zur Wechselwirkung hochfrequenter EMF mit EEG (Elektroenzephalogramm)-Elektroden und -Drähten und daraus resultierenden Expositionsänderungen im Kopf blieben somit undiskutiert. **Andreas Christ** aus der Schweiz ging in seiner Präsentation besonders auf die neuesten Modellierungen von Expositionsverteilungen in Kindern, Föten und schwangeren Frauen ein. Für Kleinkinder (3 und 7 Jahre) und Expositionen bei Frequenzen zwischen 1,5 und 4 GHz konnten er und seine Kollegen von der It's Foundation (Schweiz) die Befunde anderer Gruppen bestätigen, dass die ICNIRP-Richtlinien bezüglich der Basisgrenzwerte für Ganzkörperexpositionen um 30 % und mehr übertroffen werden. Bei Teilkörperexpositionen gibt es große Variationen; für das Knochenmark zeigt sich eine um bis zu 10fach höhere Exposition bei Kindern als bei Erwachsenen. Die Untersuchungen zu Föten sind noch nicht abgeschlossen, aber auch hier gibt es Hinweise zu Überschreitungen der Grenzwerte. Die gesundheitliche Bedeutung dieser Befunde wollte der Referent lieber anderen Experten

überlassen; in der Diskussion wurde sie, den vorläufigen Daten entsprechend, als eher gering eingeschätzt.

Untersuchungen von Gehirnfunktionen mittels Tierversuchen und Experimenten mit Freiwilligen waren das Hauptthema der zweiten Session. Der erste Redner, **Rodney Croft** vom Australian Centre for Radio Frequency Bioeffects Research (ACRBR), gab einen Überblick zu den Ergebnissen dieses Forschungsverbundes. Bei EEG -Versuchen fand dieser konsistente Einflüsse bei Signalen der 2. Mobilfunkgeneration (2G; zum Beispiel GSM), aber nicht für die 3. Generation (3G; zum Beispiel UMTS) in wachen Probanden. Der von ihnen berichtete mehrheitliche Anstieg im sogenannten Alpha-Band des EEG bei schlafenden Probanden ist stark individuell abhängig; einige Probanden zeigen auch keine Reaktion oder gar einen Abfall des Signals. In einem Replikationsexperiment mit denselben Probanden zeigten jene, die im 1. Versuch einen EEG-Anstieg hatten, auch im 2. Versuch dieselbe Reaktion. Kognitive Tests zeigten hingegen fast keine Unterschiede, nur bei 3G-Exposition von Jugendlichen gab es eine verringerte Genauigkeit.

Elena López Martin aus Santiago de Compostela, Spanien, widmete sich den Ergebnissen ihrer Experimente mit Ratten, denen epileptische Anfälle induziert wurden. Sie berichtete von einer erhöhten Erregbarkeit der Tiere bei GSM-modulierten 900-MHz-Feldern zwischen 0,15 und 0,24 W/kg Ganzkörper-SAR, aber nicht bei unmodulierten Feldern.

Geschlechtsspezifische Effekte auf das EEG von menschlichen Probanden durch 900- und 1800-MHz-Felder referierte **Chrissanthi Hountala** aus Athen, Griechenland. Ähnlich wie bei ihrer Vorrednerin gab es in der Zuhörerschaft Kritik an den angewandten Methoden und der Art der statistischen Auswertung.

Die Ergebnisse der kognitiven Experimente mit UMTS- und Tetrapol-Feldern durch die Berliner Arbeitsgruppe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin wurden von **Hannelore Neuschulz** vorgetragen. Es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede im Verhältnis zu Kontrollversuchen gefunden.

Im Rahmen des Britischen Mobilfunkforschungsprogramms entstanden die Ergebnisse der kognitiven Tests von **Riccardo Russo** und Mitarbeitern. Der Ansatz bestand hauptsächlich darin, frühere finnische und britische Untersuchungen mit größerer Probandenzahl und verbesserter Statistik nachzuvollziehen. 888 MHz GSM- sowie unmodulierte (CW-)Felder bei 1,4 W/kg Kopf-SAR zeigten bei ihnen keine signifikanten Einflüsse auf objektive (Ergebnisse von Verhaltenstests) und subjektive (Befindlichkeiten wie Kopfschmerz) Faktoren.

Einen eher ungewöhnlichen Ansatz zur Untersuchung von möglichen Effekten von GSM-Feldern auf den Menschen verfolgten **Leonore Heiland** und Kollegen aus Zwickau. Sie untersuchen Änderungen vegetativer Parameter wie der Herzschlagvariabilität und der Hautleitfähigkeit, um auch kleine Reaktionen des Körpers aufspüren zu können. Erste Ergebnisse deuten auf unterschiedliche, individuelle Reaktionsmuster hin. Kritisiert wurde, dass diese Variabilität bislang nicht eindeutig mit der Feldexposition korreliert werden konnte.

Die Schweizer Arbeitsgruppe um **Peter Achermann** bearbeitet den möglichen Einfluss von Mobilfunkfeldern auf das EEG und Schlafparameter schon seit Ende des letzten Jahrzehnts und findet konsistente Belege für gesundheitlich eher wenig bedeutende, aber signifikante Effekte. Ähnlich wie die australische Arbeitsgruppe berichtete er von subjektiven Unterschieden in den Reaktionen: die Mehrheit zeigt einen Anstieg im Alpha-Bereich des EEG („Schlafspindel“), einige keine Reaktion und einige einen Abfall. Der Schwerpunkt der derzeitigen Arbeit liegt auf der Ursachenforschung: Obgleich der Mechanismus weiterhin unbekannt bleibt, zeigen nur gepulste Signale einen Effekt; dabei sind mit 14 Hz modulierte Signale effektiver als mit 217 Hz modulierte. Zukünftige Experimente sollen den Einfluss des reinen

Niederfrequenzsignals ohne Trägerfrequenz untersuchen, aber auch den Einfluss der Höhe der Trägerfrequenz (900 MHz gegenüber 2140 MHz).

Cornelia Sauter von der Berliner Arbeitsgruppe um Heidi Danker-Hopfe berichtete von ihren umfangreichen Untersuchungen zum Thema Schlaf, Befindlichkeiten und Mobilfunkstrahlung. In Laboruntersuchungen fanden sie weder bei GSM-900-MHz- noch bei UMTS-Signalen signifikante Effekte. Ähnlich verhält es sich bei Feldstudien im Umfeld um eine extra aufgebaute Basisstation, die ein Signal sandte, das von Mobiltelefonen nicht erkannt wird, aber eine normale Expositionsintensität bewirkt. Allerdings schliefen Probanden mit gesundheitlichen Befürchtungen gegenüber Basisstationen schlechter – unabhängig von der Expositionshöhe.

Nach Untersuchungen von **Ulrich Frick** und Mitarbeitern aus Kärnten und Regensburg zeigen sich als „elektrosensitiv“ einschätzende Menschen eine veränderte kognitive Erregbarkeit, die mit einer verstärkten Erwartungshaltung gegenüber eines einzutreffenden Effektes einhergeht (unabhängig davon, ob es einen objektiven Auslöser für diesen Effekt gibt). Diese Ergebnisse wurden mit Hilfe transkranieller Magnetfeldstimulation (TMS), kognitiver Tests und fMRI (bildgebender, funktionaler Magnetresonanztomographie) erzielt.

In der von **Gyorgy Thuroczy** geleiteten Sessiondiskussion kamen die offenen Punkte (bei Forschung im Intensitätsbereich der geltenden Grenzwerte) zur Sprache:

- Es gibt für keine der bisher berichteten Effekte einen bekannten Wirkungsmechanismus.
- Elektrosensibilität ist ein Problem, aber höchstwahrscheinlich nicht auf EMF zurückzuführen.
- Zu absehbar empfindlichen Personen wie Kinder, Kranke und Ältere sollte es möglichst weitere, klärende Studien geben.
- Wenn irgend möglich sollte es bei Experimenten stets auch Positivkontrollen geben.

Zu möglichen Mechanismen folgte eine eigene Session, die von **Martin Wolf** aus Zürich eingeleitet wurde. Er berichtete von den Untersuchungen seiner Gruppe zu Einflüssen von UMTS-Signalen auf die Blutzirkulation in Probanden, gemessen mit einer bildgebenden Nah-Infrarot-Methode. Die Experimente sind noch nicht abgeschlossen, die vorübergehenden Resultate deuten auf Änderungen in der Konzentration von sauerstofffreiem Hämoglobin bei 0,2 W/kg, aber nicht bei 2,0 W/kg, und Änderungen in der Herzschlagrate hin.

Die Arbeitsgruppe von **Christiane Thielemann** aus Aschaffenburg ist in der Lage, zwei- und dreidimensionale Zellkulturen von Neuronen auf Mikroelektrodenchips über mehrere Monate zu untersuchen und dabei auch Selbstorganisationsprozesse zu beobachten. Die für die Hochfrequenzexposition derzeit verwendete Expositionsanlage wurde allerdings als technisch veraltet kritisiert.

Die Kalziumkanäle der Hörzellen im Innenohr waren das Untersuchungsobjekt der Arbeitsgruppe um **Stefan Münkner** aus Homburg. Sie eruierten, ob GSM900-, GSM1800-, beziehungsweise UMTS-Felder einen Einfluss auf die Kanalaktivität bei 0,02, 0,2, 2 oder 20 W/kg ausüben. Es konnten keine signifikanten Abhängigkeiten gefunden werden.

Änderungen in der Sekundär- und Tertiärstruktur von Proteinen stehen schon lange auf der Verdachtsliste für Mechanismen, da dafür nur relativ geringe Ladungsverschiebungen nötig sind. Am Beispiel eines temperaturempfindlichen Proteins untersuchen **Jürg Fröhlich** und Kollegen aus Zürich, ob hochfrequente EMF einen Einfluss haben können. Bisherige Experimente bei 100 MHz sowie 1,0 und 1,9 GHz und bis zu Feldstärken von 2500 V/m ergaben keine Effekte.

Der letzte Tag stand im Zeichen individueller Rückschau und Ausblicke aus verschiedenen (Forschungs-)Perspektiven.

Frank Gollnick stellte in einer zusammen mit **Wilma Dubois** ausgearbeiteten Präsentation die Arbeitsergebnisse der FGF vor. Er ging dabei insbesondere auf die geförderten Forschungsprojekte mit den sich zeitlich ändernden Themenschwerpunkten (und derzeit 30 Veröffentlichungen in peer-reviewten Zeitschriften) sowie der Wissenskommunikation mit Hilfe der Workshops und Publikationen wie zum Beispiel den Themenanalysen und der „Pulsungs-Monographie“ ein.

Kenneth Foster aus Philadelphia, USA, versuchte einen größeren Überblick mit der Antwort auf die Frage, was wir nach 50 Jahren EMF-Forschung gelernt haben, zu geben. Seiner Meinung nach hat sich insbesondere bei der Einschätzung durch Expertengremien in den letzten Jahrzehnten nicht viel geändert: gesundheitlich relevante Effekte wurden nicht gefunden.

Die Entwicklung der Dosimetrie und der Expositionsanlagen wurde von **Volkert Hansen** aus Wuppertal skizziert. Er betonte, dass sich seit Anfang der 1990er Jahre insbesondere die Auflösung der Modelle und die Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren, Physikern, Biologen und Medizinern verbessert haben. Leider sei letzteres aber noch nicht überall der Fall.

Einen Statusbericht zur Epidemiologie gab **Martin Rösli** aus Basel. Er bezog sich dabei insbesondere auf Untersuchungen, die das menschliche Gehirn betreffen und ist der Meinung, dass der Fokus nicht nur auf Krebs liegen sollte, sondern auch auf anderen gehirnbezogenen Krankheiten, wie zum Beispiel Alzheimer. Insgesamt seien spezielle technologiebegleitende Studien weiterhin nötig.

Michael Kundi aus Wien ging in seinem Vortrag zu Tierversuchen auf unterschiedliche Interpretationen bisheriger Ergebnisse ein. Er steht auf dem Standpunkt, dass noch umfassende Experimente auf diesem Gebiet nötig sind, um eine ausreichende Bewertungsgrundlage zu erhalten.

Die Bewertungsprinzipien der Europäischen Union, implementiert durch das Wissenschaftliche Komitee zu Aufkommenden und Neu Identifizierten Gesundheitsrisiken (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, SCENIHR), und ihre Schlussfolgerungen stellte **Mats-Olof Mattsson** aus Wien vor. Gesundheitseffekte hochfrequenter Felder sind nach ihrer Einschätzung unwahrscheinlich; weitere Forschung ist jedoch nötig wegen der berichteten Effekte im EEG und aufgrund von Forschungslücken insbesondere in den Bereichen Kinder und begleitender epidemiologischer Forschung (prospektive Kohortenstudie).

Die Vorträge und Diskussionen während des Workshops zeigten noch einmal deutlich, dass es in den letzten Jahren einen deutlichen Wissenszuwachs gegeben hat, der gefährliche Effekte hochfrequenter EMF innerhalb der Grenzwerte (ICNIRP-Richtlinien) als unwahrscheinlich darstellt. Jedoch gibt es immer noch - wie unter anderem vom letzten Redner aufgezeigt - Forschungslücken, aber auch Probleme mit der Qualität in der Forschung, die eine Weiterbeschäftigung mit dieser Thematik als nötig erscheinen lassen.

Der Sitzungsleiter **Jürgen Kiefer** beschloss die Session mit der Aussage, dass man zu diesen Themen sicherlich noch viele Stunden diskutieren könne und bedauerte, dass dies nicht mehr über die FGF möglich sein wird. Gerd Friedrich bedankte sich bei allen Beteiligten für ihre Mitwirkung sowie ihr Engagement und gab seiner Zuversicht Ausdruck, dass die Arbeit der FGF einen guten Beitrag zur Seriosität in der EMF-Forschung geleistet hat.

In Kürze werden die Präsentationen des Workshops erhältlich sein unter:

<http://www.fgf.de/forschungsprojekte/workshops.html>.