



8 Internationaler Kongress der European Bioelectromagnetics Association (EBEA)

Kurzbericht der EBEA in Bordeaux

Frank Gollnick

Der 8. Kongress der European Bioelectromagnetics Association (EBEA) fand in diesem Jahr in Frankreich an der Universität von Bordeaux statt. Vom 10. bis 13 April 2007 trafen sich etwa 300 Teilnehmer aus den Bereichen Forschung, Industrie und Politik. Neben wissenschaftlichen Studien an Mensch, Tier und Zellen oder Geweben bildeten Präsentationen zu Dosimetrie, Bevölkerungsstudien und Forschungsprogrammen weitere Schwerpunkte im Programm der Tagung. Separate Sitzungen der GSM Association und des Mobile Manufacturers Forum (MMF) informierten darüber hinaus über deren Forschungsprogramme im Bereich der Dosimetrie. Über einige, schwerpunktmäßig für den Bereich der Funkanwendungen besonders erwähnenswerte Beiträge wird im folgenden berichtet.

Sitzung über die Resultate der europäischen „Perform A“-Studie

Die weitgehend von der Europäischen Kommission in ihrem 5. Rahmenprogramm finanzierte Verbundstudie „Perform A“ fand unter Beteiligung von fünf europäischen Forschungseinrichtungen statt. In den Laborstudien an Nagern sollten frühere Forschungsergebnisse noch einmal unabhängig nachvollzogen werden, in denen Krebs auslösende oder dessen Bildung unterstützende Effekte unter Anwendung simulierter Basisstations- oder Handy-Felder nachgewiesen worden waren. Die hier zum ersten Mal präsentierten Resultate von zwei erst kürzlich abgeschlossenen Teilstudien aus Österreich und aus Italien ergaben zum einen, dass die österreichischen Forscher (**R. Hruby, G. Neubauer**; ARC Seibersdorf, Österreich) die Unterstützung von Brustkrebsbildung durch 900 MHz-Mobilfunkfelder in einem DMBA-Modell an Ratten nicht nachvollziehen konnten. Zum anderen konnte in Italien (**G. Oberto, K. Rolfo**; RBM, Turin) der auf Untersuchungen von M. Repacholi zurückgehende Befund erhöhter Lymphomraten (Lymphkrebs) in einem transgenen Pim-1 Mausmodell unter Einwirkung von 900 MHz-Mobilfunkfeldern ebenfalls nicht bestätigt werden. Unter Betrachtung dieser und rückblickend auch der übrigen Ergebnisse aus dem „Perform A“-Forschungsprogramm zog der Toxikologe **J. Buschmann** (Fraunhofer ITEM, Hannover) in der Abschlussdiskussion den Schluss, dass „Mobilfunkfelder nicht als karzinogen eingestuft werden müssten, wenn man sie wie eine Chemikalie betrachten würde.“ In der Diskussion wurden außerdem mögliche Störfaktoren (Confounder) diskutiert, wie zum Beispiel Ammoniakdämpfe aus der möglicherweise durch die Felder erwärmten, durchtränkten Käfigstreu oder ge-



ringere Körpergewichte bei den zum Teil während der Exposition in Plastikröhren eingesperrten Ratten, was zu niedrigeren Tumorraten führen könnte.

Poster über DNA- und Hirnzell-Schädigungen

Zwei Poster mit vorläufigen Untersuchungsergebnissen erregten besonders die Aufmerksamkeit der Tagungsbesucher. Die Forschergruppe um **H. Rüdiger** (Univ.-Kliniken Wien) hatte im Rahmen der beendeten europäischen Verbundstudie REFLEX an Zellkulturen mit dem COMET-Assay bereits Schäden an der DNA unter der Einwirkung von 900 MHz- und 1800 MHz-Mobilfunkfeldern festgestellt. Jetzt wurden – in Kontinuität zu den im Jahr 2006 bei der Jahrestagung der BEMS gezeigten ersten UMTS-Resultaten – umfangreichere neue Ergebnisse unter Anwendung eines 1950 MHz UMTS-Testsignals präsentiert. Der maximale Effekt im COMET-Assay wurde bei ununterbrochener Feldexposition über 24 Stunden bei einem SAR-Wert von 0,1 W/kg gefunden (getestet wurden 0,05 bis 2,0 W/kg; signifikante Effekte bei allen Dosierungen), mit größer werdendem Effekt zwischen 8 und 20 Stunden Expositionsdauer (hier getestet: 4 bis 48 Stunden). Auch der Mikronukleus-Test ergab bei drei verschiedenen Fibroblasten-Zelllinien unter Feldexposition (SAR 0,1 W/kg, 16 Stunden Exposition, unterbrochene Exposition: 5 Minuten an, 10 Minuten aus) klar erhöhte Werte gegenüber scheinexponierten Zellen und gegenüber einer Negativkontrolle. Eine Positivkontrolle ergab hier einen noch deutlich größeren Effekt.

B. Billaudel aus der Arbeitsgruppe von B. Veyret und I. Lagroye (Univ. Bordeaux) zeigte in Anlehnung an ältere Untersuchungen von L. Salford (Schweden) Effekte im Gehirn von Ratten nach chronischer Exposition des Kopfes (mit einer „Loop“-Antenne, Tiere dabei festgesetzt in Kunststoffröhren, 2 Stunden pro Tag, 5 Tage pro Woche über 4 Wochen) in einem GSM-1800- oder UMTS-Testsignal (SAR = 0,026 bis 13 W/kg). Der „Dark neurons“-Test (zeigt dunkel gefärbte, mutmaßlich geschädigte Gehirnzellen in Gehirn-Dünnschnitten nach Färbung mit hier zwei verschiedenen Indikatorfarbstoffen) ergab mit beiden verwendeten Frequenzen signifikant mehr angefärbte Neuronen als in den Kontrollexperimenten, hauptsächlich beim niedrigsten angewandten SAR-Wert. Der Effekt trat je nach verwendeter Färbemethode und Frequenz 50 Tage nach der Exposition und/oder unmittelbar danach auf.

Erhöhungen der Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke wurden anhand der immunologisch gemessenen Durchlässigkeit endogenen Albumins bei GSM-1800-Exposition im wesentlichen nur bei dem höchsten angewandten SAR-Wert, also weit jenseits der geltenden Grenzwerte, und nur 50 Tage nach dem Ende der Exposition festgestellt. Bei UMTS-Exposition traten ebenfalls bei dem höchsten verwendeten SAR-Wert nur wenige Veränderungen unmittelbar nach der Exposition auf. Alle Positivkontrollen wurden durch einen gesetzten Kälteschock unmittelbar am Kopf der Tiere realisiert. In den Experimenten wurde keine Dosis-Wirkungs-Beziehung gefunden. Die Autoren beschrieben die gemessenen Effekte bei der niedrigsten Felddosierung selbst als „fragwürdig“. Das laufende Projekt wird im Rahmen des 'Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms' (DMF) gefördert.

Forschungsprogramme

R. Croft (Swinburn Univ. of Technol. Melbourne) gab einen aktuellen Überblick über alle Forschungsaktivitäten des „Australian Centre for Radio Frequency Bioeffects Research“ (ACRBR), das 2004 seine Arbeit aufnahm. In einer Reihe von Projekten werden biologische Endpunkte aus allen Untersuchungsebenen von Molekülen bis zu menschlichen Populationen im Zusammenhang mit der Einwirkung schwacher elektromagnetischer Felder der zweiten und dritten Mobilfunkgeneration erforscht. Dabei unter anderem eine epidemiologische Kohortenstudie an jungen Heranwachsenden im Alter von 13 bis 15 Jahren, bei der mögliche Zusammenhänge zwischen dem Mobiltelefongebrauch und der Informationsverarbeitung im Gehirn, dem Hören sowie dem Blutdruck über einen Zeitraum von drei Jahren erforscht werden sollen. Allgemein widmet sich ein großer Schwerpunkt in dem Programm der Forschung direkt am Menschen, wie zum Beispiel kognitive und neurophysiologische Funktionen in Kindern, Jugendlichen sowie älteren Menschen unter dem Einfluss von Mobilfunksignalen.

B. Pophoff (Bundesamt für Strahlenschutz, Oberschleißheim) informierte über die 52 Forschungsprojekte, die im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms unter Koordination des Bundesamtes für Strahlenschutz realisiert wurden und in der Endphase des Forschungsprogramms zur Zeit teilweise noch durchgeführt werden. 23 Projekte waren Ende 2006 bereits beendet. Mit dem Abschluss des Programms wird zum größten Teil bis Ende 2007 ge-



rechnet. Dann sollen Ende 2007 eine internationale Wissenschaftlerkonferenz zur Auswertung der Ergebnisse sowie in 2008 ein nationales Symposium zur Kommunikation und Diskussion der Ergebnisse stattfinden.

G. Friedrich (Forschungsgemeinschaft Funk, Bonn) stellte in seiner Eigenschaft als Sekretär der europäischen Wissenschafts-Koordinierungsaktion COST281 rückblickend die Aktivitäten und Ergebnisse der im September 2006 beendeten, fünfjährigen Initiative vor.

In weiteren Vorträgen sprachen **P. Ravazzani** (Univ. Mailand) über das europäische Projekt EMFnEAR, eine Verbundstudie zu möglichen schädlichen Einflüssen von UMTS-Feldern auf das Hören sowie **C.K. Chou** (IEEE International Committee, New Jersey) über die wissenschaftliche Basis der IEEE-Richtlinie c95.1-2005 zur Exposition in Funkfeldern und deren Harmonisierung mit den Grenzwertbestimmungen der ICNIRP.

In vitro- Studien

In drei hervorzuhebenden Vorträgen berichtete zunächst **A. Sannino** (CNR-IREA, Univ. Neapel) aus der Arbeitsgruppe von M.R. Scarfi, dass an menschlichen Bindegewebszellen (Fibroblasten) von gesunden Probanden sowie von Frauen, die am Turner-Syndrom (Chromosomensatz mit nur einem statt normalerweise zwei funktionsfähigen X-Chromosomen) leiden, keine Schäden am DNA-Strang unter Einwirkung von 900 MHz GSM-Feldern (24 Stunden, SAR = 1 W/kg) festgestellt wurden. Die Positivkontrollen mit der mutagenen Substanz MX, die beim Chloren von Trinkwasser entstehen kann, zeigten dagegen eindeutig genotoxische Effekte in dem als Test verwendeten COMET-Assay.

F. Pouletier de Gannes (Univ. Bordeaux) aus der Arbeitsgruppe von B. Veyret setzte Primärkulturen mit Nervenzellen aus dem Gehirn neugeborener Ratten einem 1800 MHz EDGE-Signal (24 Stunden bei SAR 2 W/kg und 1 Stunde bei SAR 10 W/kg) aus. Es wurden unmittelbar nach der 24-stündigen Exposition und 24 Stunden nach der einstündigen Exposition keine Anzeichen von Apoptose (programmierter Zelltod, zum Beispiel nach starker Schädigung der Erbinformation) in den Zellkulturen gemessen.

Schließlich wies **J. Tattersall** (Biomedical Sciences Dept., Dstl. Porton Down, Salisbury, GB) nach seinen neuesten Untersuchungen darauf hin, dass sich die Reiz- und Ableitungselektroden bei elektrischen Ableitungen von Gehirnschnitten unter dem Einfluss der testweise angewendeten elektromagnetischen Felder

(hier 700 MHz bei SAR-Werten von 4,5 mW/kg und 29 mW/kg) mehr erwärmen können als früher angenommen. Dies wurde mit miniaturisierten Heizelementen in der Nähe der Elektroden nachgewiesen, die mit einer Infrarotkamera kalibriert wurden. Der verfälschende Effekt könnte für die 2001 von Tattersall berichteten biologischen Effekte hochfrequenter Felder verantwortlich sein, weil die Heizelemente, wie sich jetzt zeigte, einen gleichen Effekt auslösen können. In einer neuen Expositionsanordnung vermied Tattersall den verfälschenden Effekt, indem er die E-Feld-Komponente des Hochfrequenzfeldes parallel zur Ebene der untersuchten Gehirnschnitte ausrichtete. Die dadurch bessere Einkopplung des Feldes in das Gewebe, bei gleichzeitiger reduzierter Einkopplung in die Elektroden, führte nicht mehr zu einer Erwärmung der Elektroden. Die gewünschten SAR-Werte konnten bei niedrigeren erzeugten Feldstärken erzielt werden. Folglich konnte der früher berichtete Effekt in der neuen Anlage sogar bei höheren SAR-Werten nicht mehr nachgewiesen werden.

In vivo-Studien

Besonders erwähnenswert ist hier die Präsentation von **A. Lerchl** (Jacobs Univ., Bremen), der die Ergebnisse mehrerer Forschungsprojekte vorstellte, die er im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprojekts (DMF) durchgeführt hat. An genetisch veränderten, in Käfigen freilaufenden Mäusen (AKR/J-Stamm), die für die verstärkte Ausbildung von Lymphkrebs (Lymphom) prädisponiert sind, wurde die Auswirkung von 50 Hz-Magnetfeldern (1-1000 μ T) und Mobilfunkfeldern (900 MHz GSM und 1966 MHz UMTS, SAR = 0,4 W/kg) auf die Körpergewichtsentwicklung, die Entwicklung von Lymphomen und verschiedene Parameter des Blutes untersucht. In vier unabhängigen Experimenten wurden Gruppen von 160 Tieren (jeweils exponierte und Sham-Gruppen) über maximal 44 Wochen beobachtet. Lerchl stellte in keiner der Studien einen Einfluss der Felder auf das absolute Körpergewicht, die Lymphomentwicklung und die hämatologischen Parameter fest. Einzige Ausnahme war eine signifikant größere Gewichtszunahme unter 900 MHz-Exposition gegenüber der nicht exponierten Kontrollgruppe. Bei UMTS-Feldern war dies jedoch nicht der Fall. Die Hypothesen von erhöhten Lymphkrebs- oder Blutkrankheitsrisiken durch Mobilfunkfelder konnten aufgrund der Ergebnisse der Studien, hier sogar bei relativ hohen Feldstärkewerten, verworfen werden.

Studien am Menschen

G. Oftedal (University College Trondheim, Norwegen) gab einen bemerkenswerten Überblick über die vorhandene wissenschaftliche Literatur zum Phänomen der „Elektrohypersensitivität“. Es wurden sowohl epidemiologische Studien als auch sogenannte „Provokationsstudien“, die unter kontrollierten Feldbedingungen im Labor durchgeführt werden, berücksichtigt. Dabei schloss Oftedal Studien mit offensichtlichen methodischen Mängeln in ihrer Bewertung aus oder kennzeichnete sie und gewichtete sie wesentlich geringer. In Bezug auf Mobilfunkfelder kam sie zu dem Ergebnis, dass eine Verbindung von Kopfschmerz und anderen Befindlichkeitsstörungen mit der Benutzung von Mobiltelefonen durch einige epidemiologische Studien nahe gelegt wird. Dagegen hätte keine der Provokationsstudien (darunter auch eine eigene, die Oftedal in einem zweiten Vortrag präsentierte) eine Wirkung der Mobilfunkfelder in Bezug auf solche Symptome oder auf physiologische Körperreaktionen nachweisen können. Unabhängig von der tatsächlichen Ursache der Symptome könnten normale psychologische Mechanismen die Zuordnung der Beschwerden zu elektromagnetischen Feldquellen erklären, auch wenn es gar keinen physischen Zusammenhang zwischen den Feldern und den Symptomen gäbe, so Oftedal. Zum Teil würden an elektrohypersensitiven Personen bei der Diagnose bekannte Krankheiten festgestellt, andere Studien wiesen bei solchen Menschen auf eine ungewöhnliche Regulation des autonomen Nervensystems hin.

S.J. Smith (Defence Science and Technology Laboratory, Salisbury, GB) berichtete von zwei Studien, in denen die Informationsverarbeitung im Gehirn mit Reaktions- und Gehirnleistungstests unter dem Einfluss verschiedener Funk-Kommunikationsfrequenzen (29,725 MHz, 75,9 MHz, 448 MHz und 1206 MHz) untersucht wurde. Bei angewandten Spitzen-SAR-Werten zwischen 0,7 W/kg und 1,7 W/kg wurde kein robuster und nachhaltiger Einfluss der Felder auf die kognitiven Leistungen der je Studie über 40 männlichen Probanden nachgewiesen.

Dosimetrie

Erstmals bei einer internationalen Tagung wurde von **M. Capstick** (IT'IS Foundation, Zürich) aus der Arbeitsgruppe von N. Kuster das Konzept einer neuartigen Einrichtung zur gleichzeitigen, langzeitigen Expo-

sition von bis zu 108 Ratten oder 214 Mäusen pro Expositions-kammer, die dabei in Käfigen freilaufend gehalten werden, vorgestellt. Die Anlage soll in den USA bei einem vom National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) im Rahmen eines geförderten Großprojekts („National Toxicology Program“) eingesetzt werden. Sie besteht aus 21 begehbaren, HF-abgeschirmten Expositions-kammern mit Metallwänden, in denen Regale mit den Tierkäfigen sowie jeweils zwei Antennen aufgestellt sind. Eine gute Feldhomogenität soll beim Betrieb durch eine gezielte Anordnung von sich ständig bewegenden Metallpaddeln („Stirrer“) erreicht werden, die in einem Turm um die Antennen herum angebracht für eine gleichmäßige „Verwirbelung“ der Feldmoden sorgen („Stirr mode reverberation chamber“). In dem genannten Projekt sollen Mäuse in jeweils drei Dosierungen täglich über 20 Stunden einem 1900 MHz GSM- und einem 1900 MHz CDMA-Signal ausgesetzt werden und männliche sowie weibliche Ratten ebenfalls mit drei Dosierungen jeweils in einem 900 MHz GSM- und einem 900 MHz CDMA-Signal exponiert werden. Die hier präsentierte Vorstudie mit umfangreichen Vortests, Feldberechnungen und -Messungen ergab laut Capstick sehr gute Leistungsmerkmale der Kammer. Die in Maus- und Rattenphantomen gemessene SAR-Homogenität betrüge 0,40 dB bzw. 0,46 dB, und der Aufbau liefere einen gemittelten Wirkungsgrad von ca. 70 Prozent für erwachsene Ratten und 45 Prozent für erwachsene Mäuse.

Für ein Projekt im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF) wurde eine neuartige Expositions-messzelle konstruiert, die elektrische Ableitungen und Kalziumionen-Fluxmessungen mit der „Patch-clamp“-Methode an Zellen aus dem Innenohr während der Feldexposition erlaubt. **A. El Ouardi** (Univ. Wuppertal) aus der Arbeitsgruppe von V. Hansen präsentierte Design und Eigenschaften der auf dem Prinzip der Finnleitung beruhenden Messzelle. Die Apparatur kann für 900 MHz GSM-, 1800 MHz GSM- oder UMTS-Feldexposition ausgelegt werden und liefert für die angesprochenen Experimente SAR-Werte von 0,02 bis 20 W/kg, ohne thermische Effekte zu produzieren. Die wegen der im Experiment notwendigen Manipulationen teilweise offene Konstruktion stellt im Bereich der flüssigkeitsgefüllten Kulturschale, die das zu messende Objekt beinhaltet, ein für solche Rahmenbedingungen äußerst homogenes Feld zur Verfügung.

Dr. Frank Gollnick, Forschungsgemeinschaft Funk e.V.