

In vitro- / in

Lutz Haberland

In vitro- / in vivo-Studien

Vorträge und Poster zu in vitro- und in vivo-Experimenten werden gemeinsam behandelt, da viele der hier besprochenen Projekte so angelegt waren, dass einer Hochfrequenz (HF)-Exposition von Tieren eine Untersuchung von Zellen oder Geweben dieser Tiere folgte. Somit erscheint eine Unterscheidung in diesem Bericht als nicht zweckmäßig.

Auf der Konferenz wurden auffallend viele Studien vorgestellt, die sich die Replikation von bereits publizierten Experimenten zum Ziel gesetzt hatten. Daneben gab es eine Reihe von Ansätzen, das Problem Kinder und EMF anzugehen, in dem bewusst (auch) Jungtiere untersucht wurden.

Der Einfluss von HF-Feldern auf die Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke (BHS oder englisch BBB) wurde in den vergangenen Jahren schon von vielen Arbeitsgruppen untersucht. Insbesondere die Ergebnisse von Salford u.a. fanden Aufmerksamkeit, da sie schon Effekte (höhere Durchlässigkeit für das Protein Albumin und Schädigung von Neuronen – „dark neurons“) unterhalb der Grenzwerte berichteten.

Ein Versuch, die Experimente bezüglich der Durchlässigkeit von Albumin durch die BHS zu replizieren, und zwar mit den gleichen Expositionseinrichtungen, wurde von Jill McQuade vom US-Air Force Research Laboratory, Brooks City-Base, vorgestellt (Vortrag 15-3). Obgleich sie keine Daten präsentierte, fasste sie die

Ergebnisse qualitativ so zusammen, dass kein Effekt der HF-Felder (915 MHz, Ratten) entdeckt werden konnte – auch bei den Gewebsschnitten, die in Schweden von der Salford-Gruppe ausgewertet wurden.

Ein weiterer Replikationsansatz wurde von T. Kumlin u.a. von der Universität Kuopio, Finnland, in einem Poster (P-B-98) vorgestellt. Drei Wochen alte männliche Ratten wurden 5 Wochen lang zwei Stunden am Tag 900 MHz-GSM-Feldern von 0,15 und 1,5 W/kg ausgesetzt, und so verschiedene Endpunkte wie Verhalten und Schädigung von Neuronen untersucht. Die Auswertung der Ergebnisse ist noch nicht abgeschlossen, bislang konnte noch kein HF-Effekt auf einen der untersuchten Parameter gefunden werden.

Auch in Frankreich gibt es Experimente zu diesem Thema, deren vorläufige Ergebnisse von Emmanuelle Haro vom PIOM-Labor der Universität Bordeaux (Poster P-A-133) vorgestellt wurden. Überraschenderweise zeigte sich bisher eine bis zu 4-fach geringere Neuronenschädigung in den exponierten Versuchsgruppen im Vergleich zur Kontrolle (sham). Die Experimente und Auswertungen sind aber auch hier noch nicht abgeschlossen.

Der Japaner Tomoyuki Shirai von der Nagoya City-Universität berichtete von seinen Experimenten zum Einfluss von 1,5 GHz-Feldern auf die BHS-Durchlässigkeit in jungen (4 – 10 Wochen alten) Ratten (Vortrag 15-4). Weder bei 2 W/kg, noch bei 6 W/kg Ge-



vivo-Studien und Mechanismus

hirn-SAR wurde eine Änderung der Albumin-Durchlässigkeit gefunden. Daneben untersuchten die Wissenschaftler auch die Expression verschiedener Gene. Einer Erhöhung der Expression des Gens Aquaporin 4 bei 6 W/kg wurde keine physiologische Bedeutung beigemessen, da sie nicht mit einer folgenden Proteinexpression verbunden war.

Zu diesem Thema passende Untersuchungen stellte Elsa Brillaud vom INERIS-Labor, Verneuil en Halatte, Frankreich vor (Poster P-A-100 und Vortrag ST-2). Männliche Ratten wurden 900 MHz-GSM-Feldern von 1,5 und 6,0 W/kg ausgesetzt. Das Auftreten eines Stress-empfindlichen Proteins in Glia-Zellen wurde untersucht. Zwei und drei Tage nach Exposition von 6 W/kg kam es zu einer Erhöhung dieses Proteins, ein Effekt, der nach 6 und 10 Tagen nicht mehr zu finden war. Die Autoren interpretieren dies als einen thermischen Effekt. Zusätzlich fanden sie eine geringe, aber signifikante Erhöhung der Expression des c-fos-Gens (ein Proto-Onkogen, das an der Expression von am Zellwachstum beteiligter Gene beteiligt ist) bei 1,5 W/kg, aber kaum bei 6 W/kg. Zu diesen Effekten sind weitere Versuche geplant.

Die Blutmikrozirkulation in Rattenhirnen wurde von Hiroshi Masuda u.a. vom National Institute of Public Health, Saitama, Japan, untersucht (Vortrag 15-2). Bei Kurzzeitexposition mit einem 1439 MHz-PDC-Feld (japanischer Mobilfunkstandard), SAR: 2 W/kg wur-

den Strömung, Gefäßdurchmesser und -durchlässigkeit untersucht. Es wurde kein Feldeinfluss entdeckt. Einen Replikationsversuch zu Studien von Lai u.a. bezüglich HF-Wirkung auf das Verhalten von Ratten stellte Zenon Sienkiewicz von der Health Protection Agency, UK, im Poster P-A-97 vor. In verschiedenen Labyrinthmüssen mussten Ratten Lernaufgaben absolvieren. Im Gegensatz zu den Lai-Experimenten konnte weder bei 400, 900 oder 2200 MHz ein Einfluss von unmodulierten (cw) bzw. puls-modulierten Feldern entdeckt werden. Da bislang auch vier weitere Arbeitsgruppen in ihren Experimenten zu den gleichen Ergebnissen gelangten, gilt eine Verhaltensbeeinflussung durch die untersuchten Felder nun als äußerst unwahrscheinlich.

Von der Universität Rostock berichtete Margareta Lantow (Vortrag ST-12) von der Untersuchung des Einflusses unterschiedlich modulierter 1800 MHz-Felder auf Zellfunktionen und die Bildung reaktiver Sauerstoffspezies (ROS) in Immunzellen. Weder Stressproteine noch die Bildung von ROS wurden durch HF-Felder mit SAR-Werten zwischen 0,5 und 2,0 W/kg beeinflusst. Allerdings zeigte sich in einer Zelllinie (MonoMac 6) ein Effekt unter Kontrollbedingungen (Sham), der bislang ungeklärt ist und zur Zeit näher untersucht wird.

Interessante Experimente zu thermischen Schwellen hochfrequenter Felder stellte Sven Ebert von ITIS,

Zürich, Schweiz, vor (Vortrag 15-5). In Expositionsröhren bewegungsunfähig gehaltene Mäuse wurden 120 min lang 905 MHz-Feldern von 2-20 W/kg ausgesetzt, bis sie eine thermische Reaktion, also eine Körpertemperaturerhöhung zeigten. Für die beiden untersuchten Mausrassen NMRI und B6C3F1 wurden entsprechend ihrem Gewicht unterschiedliche SAR-Werte für den Ausfall der thermischen Regulation gefunden: 7,7 bzw. 10,1 W/kg, der Regulations-Schwellenwert lag zwischen 2 und 5 W/kg.

Mechanismen

Zu Mechanismen, also wie insbesondere hochfrequente Felder unterhalb der Grenzwerte biologische Reaktionen hervorrufen können, gab es wenige neue Erkenntnisse.

In zwei Übersichtsvorträgen (19-1 und 19-2) berichteten Mays Swicord, Motorola, USA, und Asher Sheppard, Redlands, USA, über die Ergebnisse der Workshops der vergangenen Jahre zu diesem Thema, die u.a. auch von der FGF gefördert wurden. Thermische Effekte sind inzwischen recht gut verstanden; ob die besondere Empfindlichkeit von Temperaturrezeptoren bei einigen Tieren eine Relevanz für die Wirkung von HF-Feldern hat, muss allerdings noch näher untersucht werden. Die Vielzahl der vorhandenen Hypothesen zu nichtthermischen Effekten ist zwar beeindruckend, jedoch ist bisher für keine einzige auch experimentell bewiesen worden, dass sie unterhalb der Grenzwerte biologisch wirksam ist.

Im Niederfrequenzbereich wird vor allem dem Radikal-Paar-Mechanismus (RPM) große Bedeutung zugemessen. Hierzu gab es einen sehr ausführlichen Plenarvortrag (P4) von Christiane Timmel, Oxford-Universität, UK. Allerdings ist auch hier die Wirksamkeit dieses Mechanismus unterhalb der Grenzwerte (für 50 Hz: 100 μ T) biologisch immer noch nicht bewiesen. Den biologischen Signalweg, wie er – nach einer jedoch unbekannt biophysikalischen Initiierung – aufbauend auf bisherigen experimentellen Ergebnissen im Niederfrequenzbereich ablaufen könnte, zeichnete Myrtill Simkó von der Universität Rostock auf (Vortrag 21-5). Wahrscheinlich ist hierbei eine Aktivierung von Zellen bzw. des Zellzyklus durch reaktive

Sauerstoffspezies (ROS), was bei Immunzellen wiederum zu einer verstärkten Produktion dieser ROS führen könnte. Es wird angenommen, dass die Effekte niederfrequenter Felder von der Zellform und vom Zelltyp abhängig sind.

Den Nutzen von Modellrechnungen beschrieb James Weaver vom MIT, Cambridge, USA, in einem Poster (P-A-220). Der als „*In silico* Bioelectromagnetics“ bezeichnete Ansatz beschreibt die über Computer-Modelle durchgeführte Berechnung von Feldverteilungen und Temperaturänderungen um Moleküle, Zellen und Gewebe in Abhängigkeit von der Expositionszeit. Damit ist die Abschätzung von biologischen Wirkungen unterschiedlichster Muster von Feldern möglich, bevor ein biologisches Experiment gestartet wird.

Weitere Vorträge zum Thema Mechanismus (21-1 bis -3, 21-6, 21-9) behandelten neue Untersuchungen zu schon lang diskutierten Hypothesen wie der Ion-Zyktron-Resonanz und Elektronen-Bewegungen in (DNS-) Molekülen, die aber wissenschaftlich nicht überzeugen konnten (jedenfalls nicht den Autor).

Lutz Haberland ist Biophysiker an der Universität Rostock und arbeitet als wissenschaftlicher Berater für die Forschungsgemeinschaft Funk.

