

Aktuelle medizinische Erkenntnisse zu GSM und UMTS

Dr.-med. univ. Gerd Oberfeld

*Umweltmediziner beim Amt der Salzburger Landesregierung,
Landessanitätsdirektion, Referat Umweltmedizin sowie
Referent für Umweltmedizin der Österreichischen Ärztekammer*

Postfach 527, A-5010 Salzburg

Tel: 0043 - 662 - 8042 - 2969

Fax: 0043 - 662 - 8042 - 3056

gerd.oberfeld@salzburg.gv.at

www.salzburg.gv.at/umweltmedizin

Vorbemerkung

Grundsätzlich ist zu sagen, dass die Forschungsaktivitäten im Kontext Exposition gegenüber elektromagnetischer Strahlung der Mobilfunkstandards GSM/UMTS und Gesundheit bescheiden sind. Dies ist insbesondere unter dem Aspekt zu sehen, dass es sich um Technologien mit weltweiter Anwendung und einer über Jahre gehenden öffentlichen Diskussion handelt. Die bislang vorliegenden Daten zu niederfrequenten Feldern und hochfrequenter Strahlung belegen ausreichend die gesundheitlichen Risiken unterhalb der umstrittenen Kurzzeitrichtwerte der ICNIRP/WHO/EU und begründen klar die Notwendigkeit für Maßnahmen und Vorsorgemaßnahmen zur Expositionsreduktion.

Im folgenden werden einige aktuelle Arbeiten zu GSM und UMTS vorgestellt.

Für eine weitergehende Befassung mit dem Themenbereich elektromagnetischer Felder und Strahlung können nachfolgende Informationsquellen empfohlen werden:

a) Dokumentationsstelle Elektromagnetische Strahlung und Gesundheit (ELMAR)

ELMAR ist eine Dienstleistung des Instituts für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Basel im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) zu den Themen: Auswirkungen elektromagnetischer Strahlung auf die Gesundheit – Belastung durch EMF. Die Dokumentation enthält mehrheitlich Originalpublikationen. Die Dokumentationsstelle katalogisiert seit dem Jahr 2000 systematisch die neuesten Studien zu hochfrequenter Strahlung und seit 2002 auch ausgewählte Studien zu niederfrequenten Feldern [1]

b) Wissens Basierte Literatur Daten Bank über die Einwirkungen Elektro-Magnetischer Felder auf den Organismus (WBLDB)

WBLDB ist eine Einrichtung des Forschungszentrums für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (femu) des Universitätsklinikums der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Ziel ist die vollständige Erfassung der publizierten wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der Wirkungen hoch- und niederfrequenter Felder auf den Organismus [2].

Zell- und Tierversuche

Das REFLEX Projekt

Im folgenden werden Ergebnisse aus dem Vortragsmanuskript von Herrn Prof. Dr. Franz Adlkofer, wissenschaftlicher Direktor der Stiftung VERUM, anlässlich der Veranstaltung „Mobilfunk und Gesundheit“ der Umwelt-Akademie am 5. Dezember 2003 in München, vorgestellt und kommentiert [3].

REFLEX ist die Kurzbezeichnung für das von der EU im 5. Rahmenprogramm geförderte Forschungsvorhaben: “**R**isk **E**valuation of Potential Environmental Hazards **F**rom **L**ow Energy **E**lectromagnetic Field **E**xposure Using Sensitive *in vitro* Methods”. Die REFLEX-Studie wurde von der Stiftung VERUM geplant, organisiert und koordiniert. Am REFLEX-Projekt sind 12 Forschergruppen aus 7 europäischen Ländern beteiligt.

Das REFLEX Projekt untersuchte im Zeitraum Februar 2000 bis August 2003 unter anderem mögliche Auswirkungen niederfrequenter magnetischer Wechselfelder und hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung auf verschiedene Zellarten. Die untersuchten genotoxischen Endpunkte waren unter anderem die Kleinkernbildung (Micronucleus-Test/Mikrokerntest), die Ausbildung von Einzel- und Doppelstrangbrüchen der DNA mittels alkalischem Comet-Assay sowie von Doppelstrangbrüchen der DNA mittels neutralem Comet-Assay.

Genotoxische Ereignisse können zum Zelltod, zu Mutationen, Replikationsfehlern, dauerhaften DNA-Schäden und Genom-Instabilitäten mit einem erhöhten Risiko für Krebs und zu verstärkter Alterung führen.

Im folgenden werden Auszüge der Ergebnisse zur Exposition gegenüber hochfrequenter Strahlung vorgestellt.

Die Exposition der verschiedenen Zelltypen erfolgte in Expositions-kammern über unterschiedliche Zeiten (z.B. 2 h, 6 h, 24 h, 72 h oder 4 h, 8 h, 24 h) und Pausen (z.B. 5 Minuten ein, 10 Minuten aus), mit unterschiedlichen Intensitäten (z.B. SAR (Spezifische Absorptionsrate) = 0,2 W/kg, 1,0 W/kg, 1,3 W/kg, 1,6 W/kg, 2,0 W/kg, 3,0 W/kg) und Signalformen (z.B. 1800 MHz kontinuierliche Welle (continuous wave), 1800 MHz talk-modulation, 1.800 MHz pulse-modulation).

1. Mikrokerntest

Dazu wurden menschliche HL-60 Zellen, das sind Promyelozyten, also Zellen einer Vorstufe bei der Blutbildung, gegenüber hochfrequenter Strahlung exponiert und hinsichtlich dem Auftreten von Kleinkernen (Micronucleus) untersucht. Kleinkerne bestehen aus abgespaltener DNA, die im Rahmen der Zellteilung entstanden sind und dem Zellkern (dem Genom) fehlen.

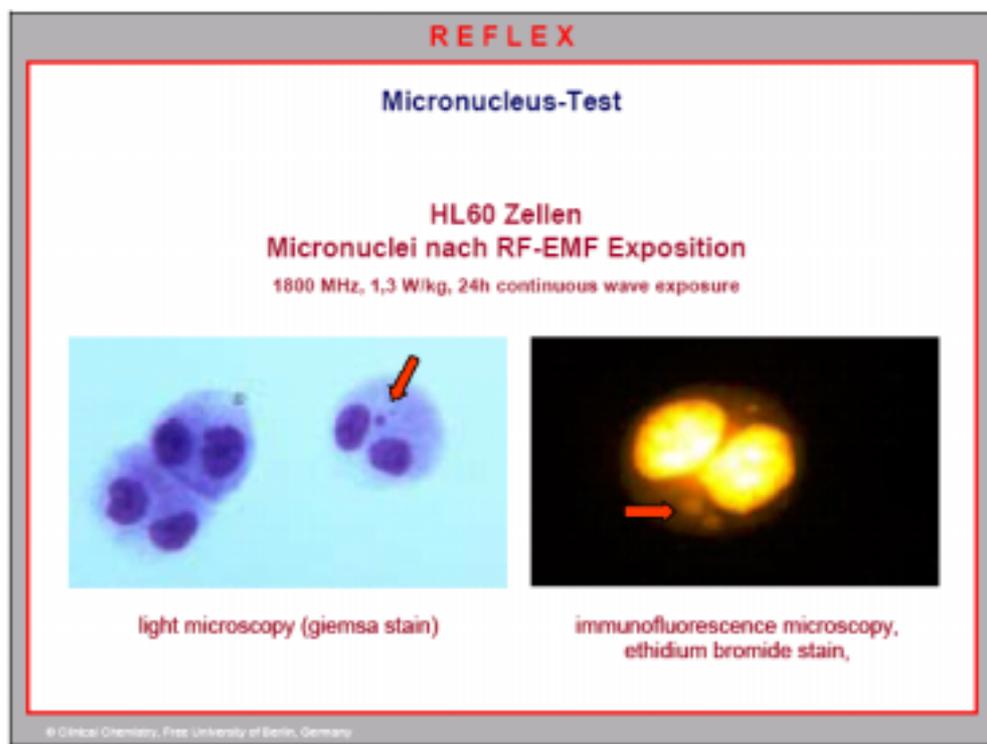


Abb. 2-1: Kleinkerne (abgesprengte DNA-Teile des Zellkerns) bei HL60 Zellen im Lichtmikroskop (links) und Immunofluoreszenzmikroskop (rechts) nach 24 h Bestrahlung mit 1800 MHz und 1,3 W/kg als kontinuierliche Welle

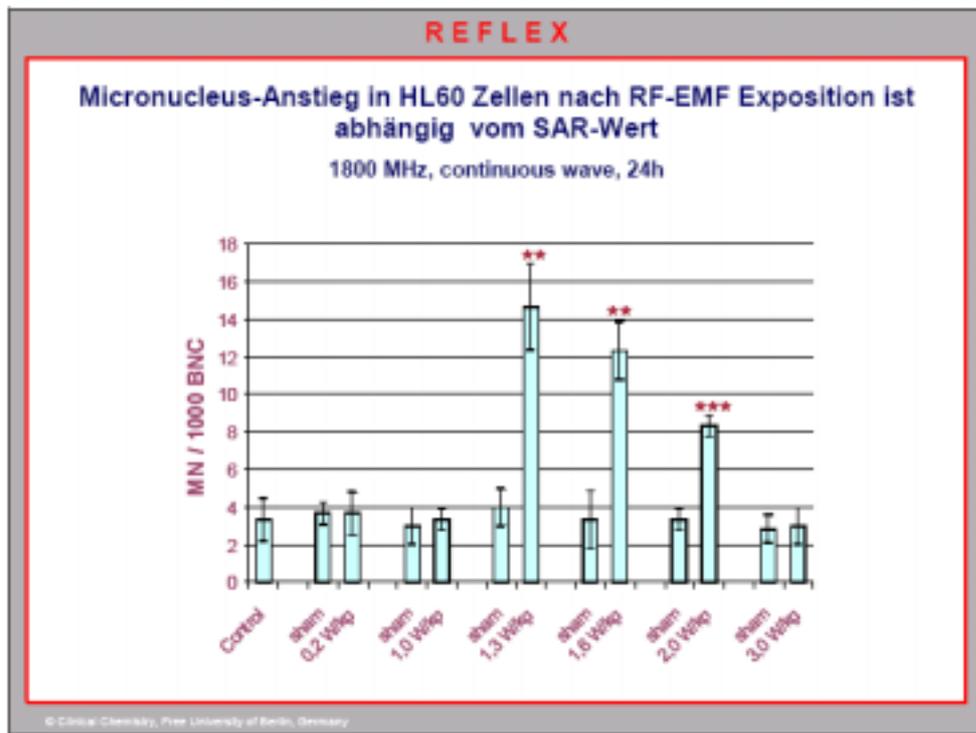


Abb. 2-2: Kleinkernanzahl (abgesprengte DNA-Teile des Zellkerns) in % bei HL60 Zellen in Abhängigkeit von der gewählten SAR nach 24 h Bestrahlung mit 1.800 MHz als kontinuierliche Welle

Die Abbildung 2-2 zeigt, dass von den gewählten SAR-Werten bei 1,3 W/kg, 1,6 W/kg und 2 W/kg eine um den Faktor zwei bis vier signifikant höhere Kleinkernanzahl gegenüber den scheinexponierten (sham) Kontrollzellen auftrat.

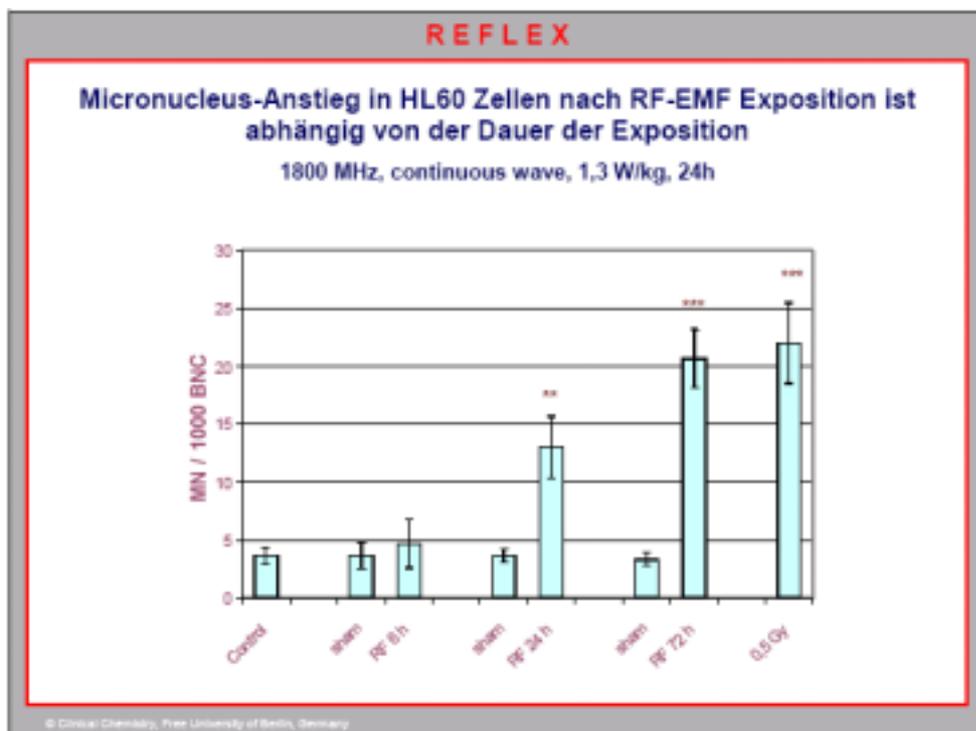


Abb. 2-3: Kleinkernanzahl (abgesprengte DNA-Teile des Zellkerns) in % bei HL60 Zellen in Abhängigkeit von der Expositionszeit 6h, 24 h und 72 h bei der gewählten SAR von 1,3 W/kg mit 1800 MHz als kontinuierliche Welle. Der letzte Wert stellt eine Positivkontrolle mit ionisierenden Röntgenstrahlen der Energiedosis von 0,5 Gy (Gray) dar.

Die Abbildung 2-3 zeigt, dass beim gewählten SAR-Werte von 1,3 W/kg die Anzahl der Kleinkerne mit zunehmender Expositionszeit steigt: Von etwa 4 ‰ bei den scheinexponierten Zellen auf 13 ‰ nach 24 Stunden sowie 21 ‰ nach 72 Stunden. Dies entspricht einer um den Faktor drei bis fünf signifikant höheren Kleinkernanzahl gegenüber den scheinexponierten Zellen. Die Positivkontrolle von 0,5 Gy = 500 mGy (Röntgenstrahlung) entspricht unter der Heranziehung der Oberflächendosis von 0,3 mGy bei einem Thoraxröntgen etwa 1.666 Röntgenaufnahmen.

2. Nachweis von DNA-Doppelstrangbrüchen mit dem neutralen Comet-Assay

Der sg. „neutrale“ Comet-Assay oder Kometenschweif-Test zeigt in der Elektrophorese DNA-Teile außerhalb des Zellkerns an. Je länger und breiter der Kometenschweif (Comet Tailfactor) ist, um so deutlicher ist das Ergebnis dieses Gentoxizitätstests. Während DNA-Einzelstrangbrüche von der Zelle gut repariert werden können, ist dies bei Verlust beider DNA-Stränge nur mehr eingeschränkt möglich. Daher werden DNA-Doppelstrangbrüche als ernster eingestuft als DNA-Einzelstrangbrüche. Sind gleichzeitig beide Kopien am gleichen Basenpaar beschädigt, kann keiner der beiden Stränge mehr als Matrize für die Reparatur gebraucht werden. Aber auch für diesen seltenen Fall gibt es mittels genetischer Rekombinationsvorgänge manchmal eine Rettung, nämlich dann, wenn die defekte Basensequenz noch in einem andern DNA-Abschnitt unversehrt vorhanden ist.

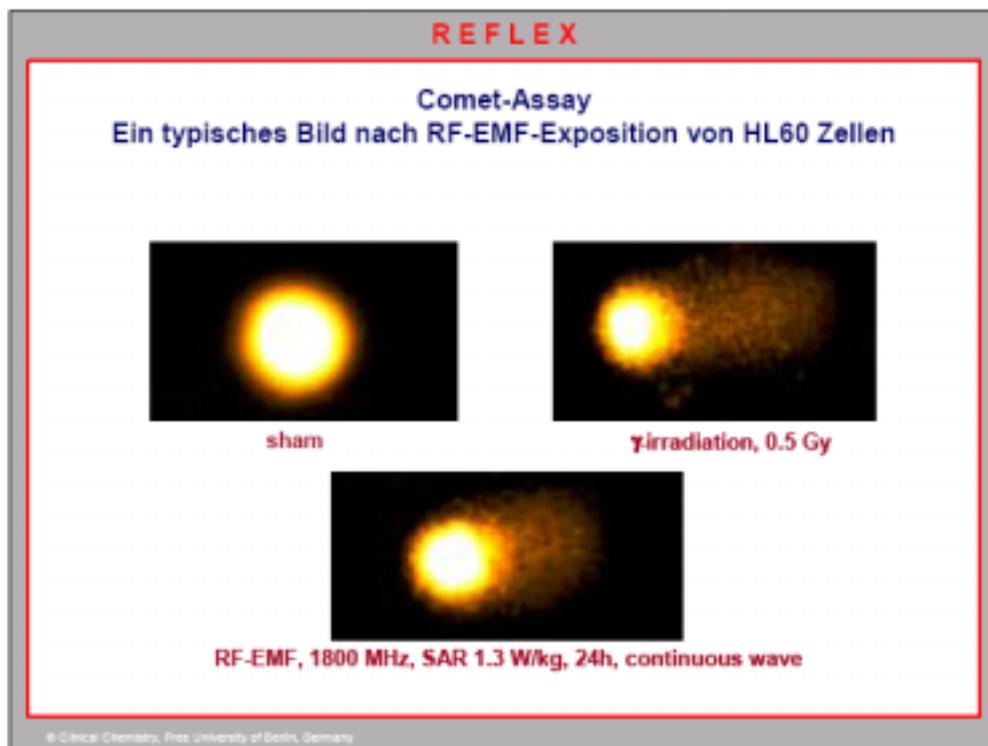


Abb. 2-4: Kometenschweiftest (abgesprengte DNA-Teile aus dem Zellkern) bei Scheinexposition (keine Bestrahlung), Exposition mit ionisierender Gamma-Strahlung der Energiedosis 0,5 Gray und mit 1800 MHz als kontinuierliche Welle bei einem SAR-Wert von 1,3 W/kg über 24 h

Die Abbildung 2-5 zeigt, dass beim gewählten SAR-Wert von 2 W/kg (bzw. 1,2 W/kg gesprächsmoduliert) die DNA-Verluste (Doppelstränge!) aus dem Zellkern – ausgedrückt als Kometenschweiffaktor – von 4% bei den scheinexponierten Zellen auf etwa 7 % bei den Hochfrequenzexponierten ansteigen.

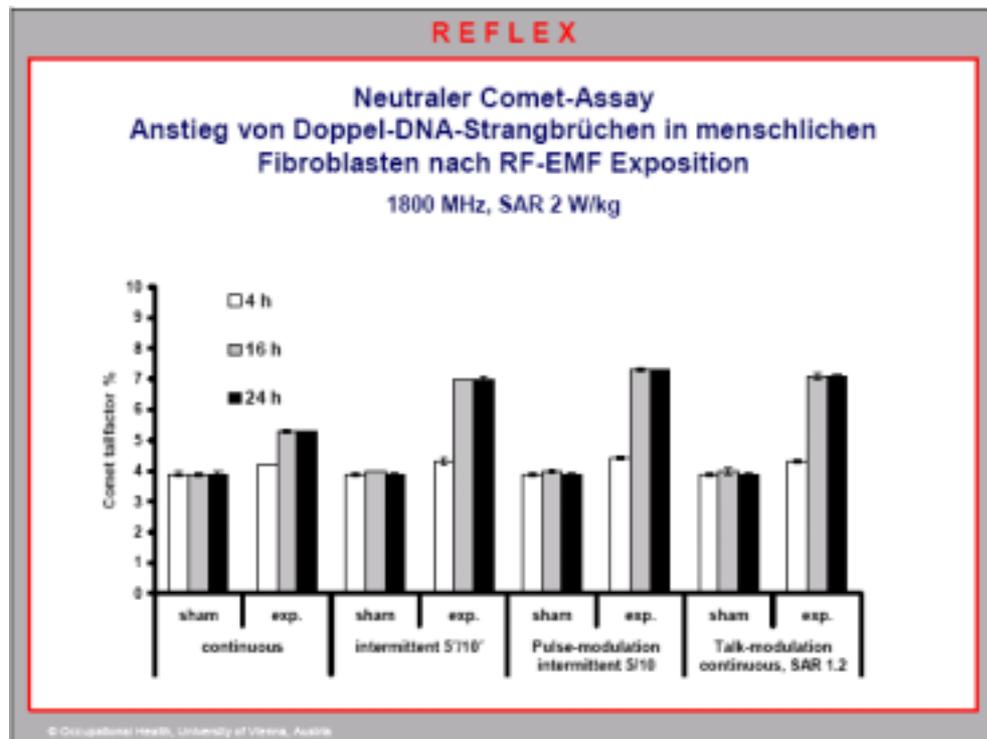


Abb. 2-5: Neutraler Kometenschweiftest (abgesprengte DNA-Teile aus dem Zellkern) bei menschlichen Fibroblasten (Vorstufen der Fibrozyten, Zellen des Bindegewebes) für 1800 MHz und SAR 1,2 W/kg in Abhängigkeit von der Art der Exposition (kontinuierlich, intermittierend, pulsmoduliert und gesprächsmoduliert) und ihrer Dauer (4 h, 16 h, 24 h)

Die Ergebnisse der REFLEX Studie stützen die Arbeiten von Henry Lai und Narendra Singh, die als erste über DNA-Strangbrüche in Hirnzellen von gegenüber 2450 MHz (SAR 1,3 W/kg) exponierten Ratten berichteten [4].

Durch Verabreichung von Melatonin und PBN (N-tert-butyl-alpha-phenylnitron) – beides Substanzen, die freie Radikale unschädlich machen können – kurz vor der Bestrahlung konnten die DNA Strangbrüche verhindert werden. Da akkumulierte DNA-Strangbrüche in Hirnzellen das Risiko für neurodegenerative Erkrankungen und Krebs erhöhen können, sind die Ergebnisse dieser Arbeiten von hoher Bedeutung für die menschliche Gesundheit [5].

Die ICNIRP-Richtlinie sieht für den Kopf (Teilkörperexposition) von beruflich exponierten Personen einen SAR-Richtwert von 10 W/kg vor, für die Allgemeinbevölkerung von 2 W/kg.

Es ist zu hoffen, dass auch die Politik endlich erkennt, dass die Empfehlungen der ICNIRP [6] keinen Schutz vor gentoxischen Effekten bieten.

Schädigung von Nervenzellen von Ratten durch Mikrowellenstrahlung eines GSM-Mobiltelefons

Eine Arbeitsgruppe an der Universität Lund, Schweden, beschäftigt sich seit 1988 mit der Frage der Beeinflussung der Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke durch hochfrequente elektromagnetische Strahlung.

In einer aktuellen Untersuchung [7] wurden Ratten in vier Gruppen zu je acht Tieren gegenüber der Emission eines GSM-Mobiltelefons (915 MHz) untersucht. Die Spitzenwerte betragen 10 mW, 100 mW und 1.000 mW und wurden in eine TEM-Zelle¹ eingespeist. Dies entspricht Leistungsflussdichten von 240 mW/m², 2.400 mW/m² und 24.000 mW/m² bzw. einer Ganzkörper-SAR von 0,002 W/kg, 0,02 W/kg und 0,2 W/kg. Die

¹ TEM-Zelle: Technische Messkammer (Zelle), in der eine definierte Transversal-Elektromagnetische Welle erzeugt wird.

Ratten wurden in einem Plastikkäfig einmalig für 2 Stunden in die TEM-Zelle eingebracht und dort der Strahlung exponiert. Eine Kontrollgruppe von acht Ratten wurde ebenso in die TEM-Zelle verbracht, aber nicht bestrahlt. Die Tiere waren während der Exposition wach und konnten sich in der Expositions-kammer bewegen und umdrehen. Die Tiere wurden nach 50 Tagen betäubt und getötet, das Gehirn in situ fixiert und in 5 µm dünne Schnitte zerlegt. Die Schnitte wurden mit Albuminantikörpern zur Sichtbarmachung von Albumin sowie Cresylviolett zur Sichtbarmachung von „dunklen Neuronen“ gefärbt.

Die Untersuchung zeigte, dass selbst 50 Tage nach der Exposition Albumin im Bereich der grauen und weißen Gehirns-substanz nachweisbar war. Ebenso konnten erstmals „dunkle Neuronen“, das sind geschädigte Nervenzellen, nachgewiesen werden.

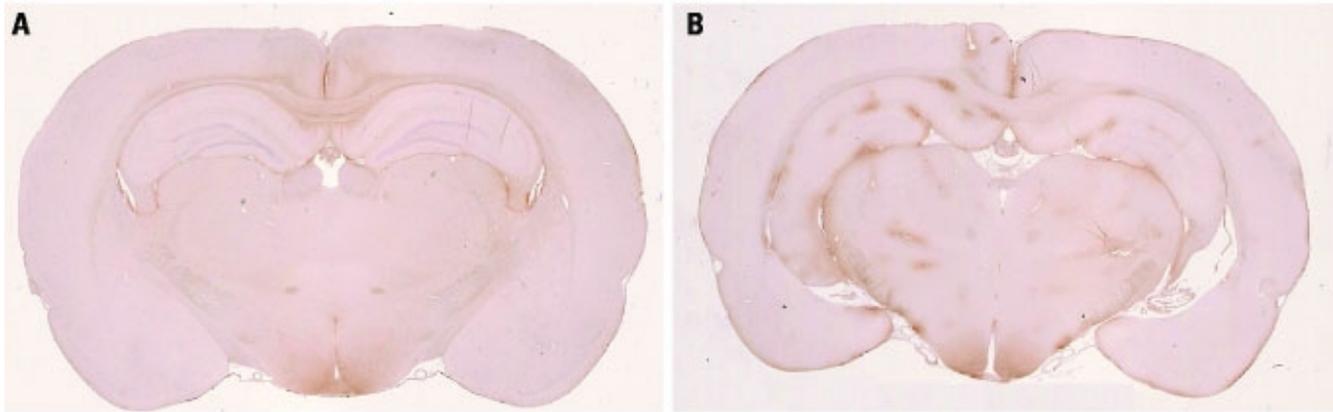


Abb. 2-6: Querschnitt durch zentrale Hirnbereiche einer (A) nichtexponierten Kontrollratte und einer (B) gegenüber einem GSM-Mobiltelefon 2 Stunden einmalig exponierten Ratte (SAR=0,002 W/kg). Der Schnitt (A) zeigt Albumin als Braunfärbung in den unteren Teilen des Hypothalamus, dies ist ein Normalbefund. In Schnitt (B) ist Albumin in mehrfachen kleinen Punkten als Austritt von vielen Blutgefäßen sichtbar. Vergrößerung etwa 3-fach.

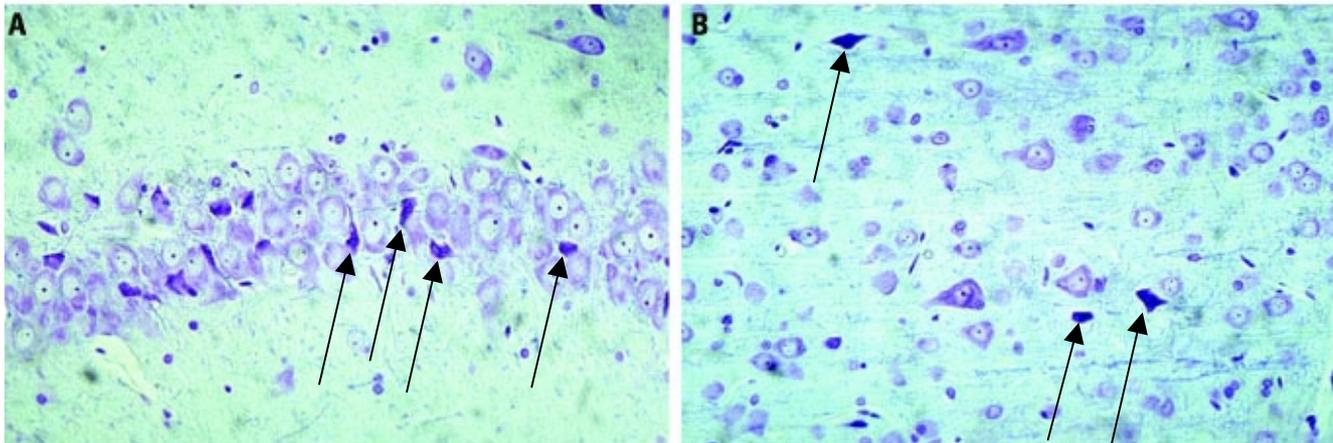


Abb. 2-7: Abbildung von Hirnteilen einer GSM-exponierten Ratte, mit Cresylviolett gefärbt. Schnitt (A) zeigt eine Reihe von Nervenzellen der Pyramidenbahn des Hippocampus. Zwischen den normalen Nervenzellen (große Zellen) finden sich dunkelblaue, geschrumpfte Zellen, so genannte „dunkle Neuronen“. Schnitt (B) zeigt einen Ausschnitt aus der Hirnrinde (Cortex) einer GSM-exponierten Ratte. Die normalen Nervenzellen erscheinen in der Mikroskopie hellblau, dazwischen finden sich dunkelblaue geschrumpfte „dunkle Neuronen“. Vergrößerung 160-fach. Einige „Dunkle Neuronen“ sind mit Pfeilen markiert.

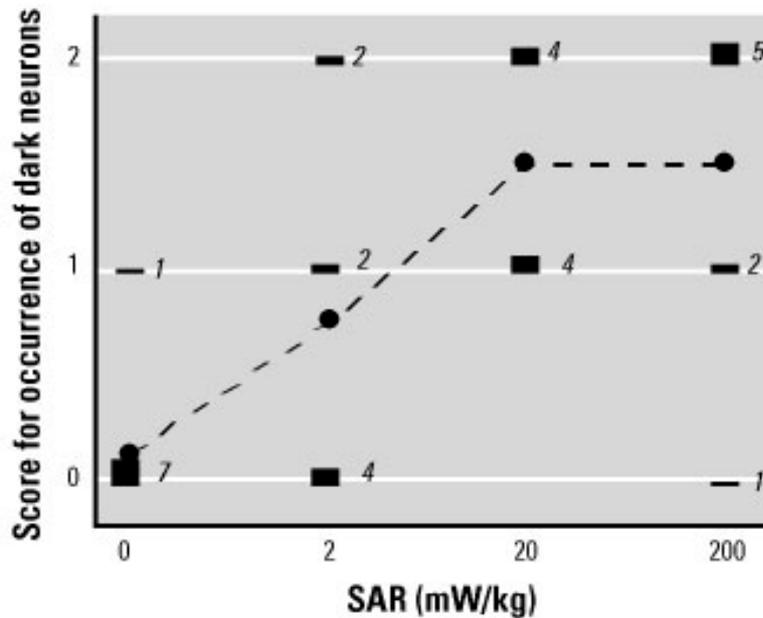


Abb. 2-8: Verteilung der Scores (Klassifizierung des Schweregrads) für das Auftreten von „dunklen Neuronen“ als eine Funktion der Expositionsbedingung. Die unterbrochene Linie verbindet die Mittelwerte für jede Expositionsbedingung. Die Zahlen in der Grafik zeigen die Anzahl der Tiere je Score. Ein nicht parametrischer Vergleichstest zeigte signifikante Unterschiede für alle vier Expositionsbedingungen ($p < 0,002$).

Anmerkung: Der p-Wert ist der Wahrscheinlichkeitswert (probability) und gilt als signifikantes Ergebnis, wenn $p < 0,05$ ist. Im Vergleich zur Kontrollgruppe ergaben sich $p > 0,2$ für $0,002 \text{ W/kg}$, $p = 0,01$ für $0,02 \text{ W/kg}$ und $p = 0,03$ für $0,2 \text{ W/kg}$.

Die Autoren diskutieren die Ergebnisse wie folgt:

„Die exponierten Tiere zeigten üblicherweise mehrere Albumin-positive Stellen um die feinen Blutgefäße. Hier war Albumin in das Gewebe übergetreten zwischen die Zellkörper und um Neurone. Die Cresylviolett-färbung zeigte verteilte und gruppierte dunkle Neurone, die oft geschrumpft und dunkel gefärbt, sowie homogenisiert mit dem Verlust interner Zellstrukturen waren. Einige der dunklen Neurone waren auch Albumin-positiv oder zeigten kleine Vakuolen (Hohlräume) im Zellplasma, ein Hinweis auf einen aktiven pathologischen Prozess. Wir zeigen das erste mal einen Schaden an Nervenzellen durch nichtthermische Mikrowellenbestrahlung. Die Hirnrinde, der Hippocampus und die Basalganglien der exponierten Ratten zeigten geschädigte Nervenzellen.“

„Wir wählten 12-26 Wochen alte Ratten, da diese vergleichbar sind mit menschlichen Teenagern – bekanntlich häufige Nutzer von Mobiltelefonen – im Hinblick auf das Alter. Die Situation des wachsenden Gehirns erfordert eine besondere Aufmerksamkeit der Gesellschaft, weil biologische und Reifungsprozesse während des Wachstums im speziellen empfindlich sind. Die intensive Nutzung von Mobiltelefonen durch junge Menschen ist eine ernste Überlegung. Ein Nervenschaden in der hier beschriebenen Art muss nicht unmittelbar zeigbare Folgen haben. Jedoch kann es auf lange Sicht gesehen zu einer verminderten Reservekapazität des Gehirns führen, die durch spätere Nervenerkrankungen oder sogar als Alterung (wear and tear of aging) enthüllt wird. Wir können nicht ausschließen, dass nach einigen Jahrzehnten der (oftmaligen) täglichen Nutzung eine ganze Generation von Nutzern negative Folgen erleidet, möglicherweise so früh wie im mittleren Alter.“ [7]

Experimentelle und Epidemiologische Studien

Experimentelle Studie der Niederländischen TNO zu GSM und UMTS

Am 30. September 2003 wurde die von den drei niederländischen Ministerien für Gesundheit, Umwelt und Wirtschaft beauftragte Untersuchung des TNO Physics and Electronics Laboratory zu UMTS und GSM vorgestellt [8]. Im Doppel-Blind-Ansatz wurden zwei unterschiedliche Personengruppen einzeln in einer geschirmten Expositions-kammer gegenüber hochfrequenter Strahlung exponiert, die von zwei Basisstationsantennen in einer Entfernung von drei Metern abgestrahlt wurde. Die Exposition der Probanden in einer geschirmten Kabine betrug bei allen verwendeten Signalen 1 V/m als Spitzenwert, entsprechend 2,65 mW/m². Dies entspricht der Exposition im Hauptstrahl einer typischen Mobilfunk-Sektorantenne in einer Entfernung von etwa 125 m (10 W Sendeleistung, isotroper Antennengewinn 17 dB). TNO schließt bei diesen Expositionswerten das Auftreten von thermischen Effekten aus. Von den drei unterschiedlichen Signalen (GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz, UMTS 2100 MHz) wurden pro Proband nur jeweils zwei verwendet sowie eine Placebophase ohne Feld. Die Abfolge der einzelnen Phasen war den untersuchten Personen und den unmittelbar mit dem Experiment befassten Studienbetreuern nicht bekannt (Doppelblind). Die Einwirkzeit betrug jeweils 15 Minuten, mit einer anschließenden Pause von 30 Minuten. Vor der Durchführung der Tests erfolgte eine Trainingsphase unter Anleitung und ohne Exposition.

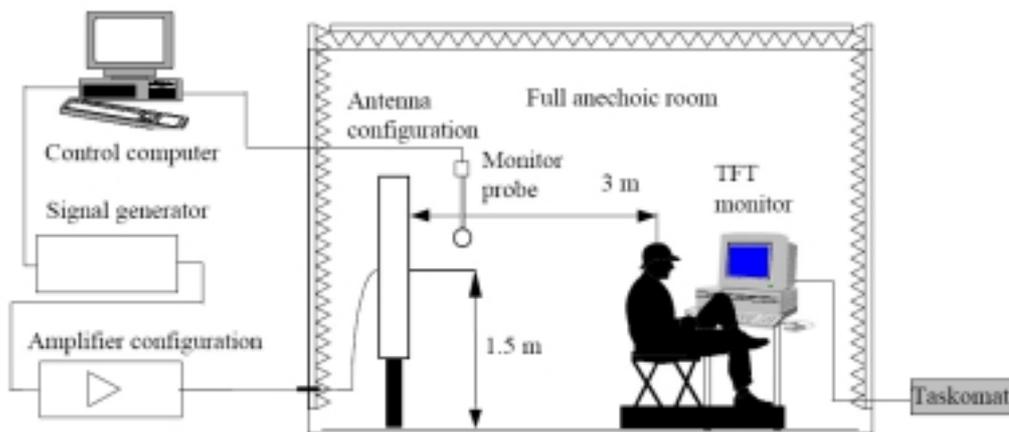


Figure 3.1: Setup in the full anechoic room.

Abb. 3-1: Versuchsaufbau mit der geschirmten Kabine

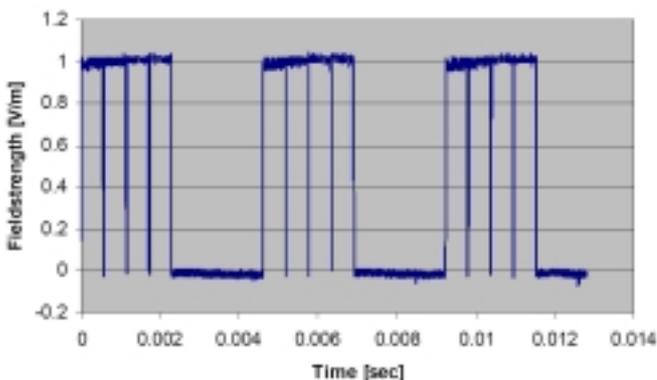


Abb. 3-2: Verwendetes GSM-Signal mit vier von acht belegten Zeitschlitzen (GSM 900 und GSM 1800)

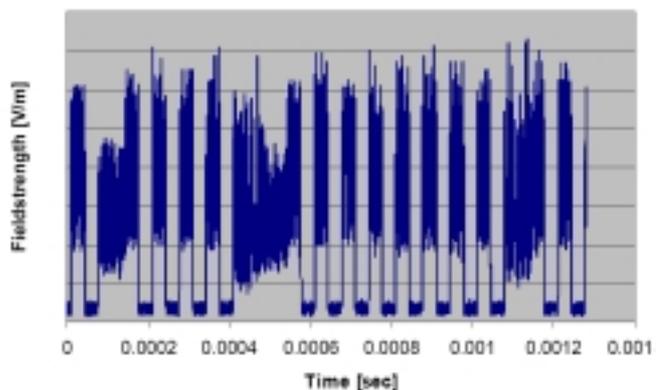


Abb. 3-3: Verwendetes UMTS-Signal (W-CDMA / FDD, vier Steuerkanäle)

Die Gruppe A umfasste 36 Personen, die sich bei einer Umweltschutzorganisation wegen gesundheitlicher Probleme durch Mobilfunksendeanlagen gemeldet hatten. In die Gruppe B wurden 36 Personen aufgenommen, die keine Beschwerden gegenüber Mobilfunksendeanlagen hatten. Als Endpunkte der Untersuchung wurden vier computergestützte Tests (Reaktionszeit, Gedächtnisvergleich, selektive visuelle Aufmerksamkeit und Doppelaufgabe) sowie die Erhebung des Wohlbefindens mittels Fragebogen (23 Fragen) herangezogen.

Im Hinblick auf die Auswirkungen auf die **kognitiven Leistungen** wurden statistisch signifikante Veränderungen beobachtet, aber ohne klares Muster betreffend Expositionsart (GSM, UMTS), kognitive Teilfunktionen und Gruppenzugehörigkeit.

Die Ergebnisse des **Fragebogens** zeigten hingegen ein klares Bild. Beim Summenscore über alle Fragen zeigte sich bei der Exposition gegenüber dem UMTS-Signal bei beiden Gruppen eine signifikante Zunahme der Beschwerden. Bei der Gruppe B erhöhte sich der Summenscore von 2,44 (Plazebo) auf 3,08 (UMTS). Bei der Gruppe A (Gruppe, die Beschwerden gegenüber GSM-Sendeanlagen angab) erhöhte sich der Summenscore von 7,47 (Plazebo) auf 10,75 (UMTS). Bei den 23 Einzelfragen zum Wohlbefinden zeigte sich bei acht Fragen gegenüber der Plazebophase eine signifikante Verstärkung des Beschwerdegrades:

- Q1 „Schwindel“
- Q3 „Nervosität“
- Q8 „Brustschmerzen oder Atemwegsbeschwerden oder Gefühl nicht genug Luft zu haben“
- Q16 „Körperteile fühlen sich taub oder kribbelnd an“
- Q 18 „Teile des Körpers fühlen sich schwach an“
- Q 19 „sich nicht konzentrieren können“
- Q 21 „leicht zerstreut sein“
- Q23 „wenig Aufmerksamkeit für etwas haben“

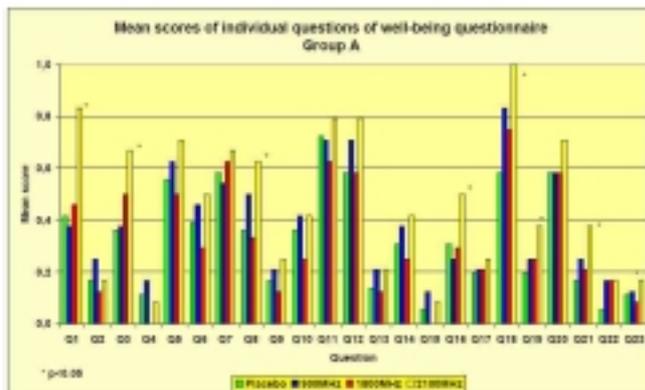


Abb. 3-4: Gruppe A: Mittlerer Score für die Einzelfragen des Fragebogens zum Wohlbefinden

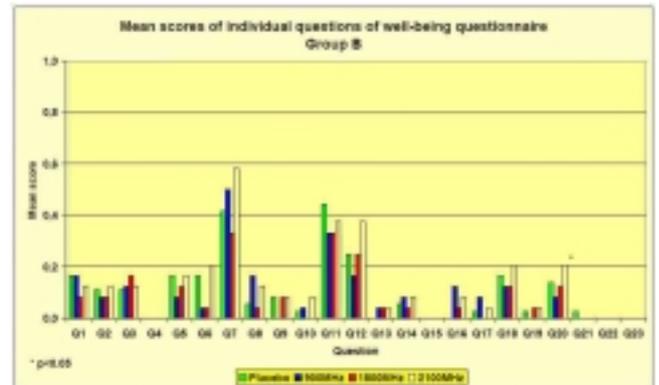


Abb. 3-5: Gruppe B: Mittlerer Score für die Einzelfragen des Fragebogens zum Wohlbefinden

Für GSM zeigten sich gegenüber der Plazebophase keine signifikanten Unterschiede. Dies hat nach meiner Einschätzung nachfolgende Ursachen:

1. Aufgrund der Verteilung der Phasenabfolgen GSM/UMTS/Plazebo bzw. UMTS/Plazebo/GSM bzw. Plazebo/GSM/UMTS kommt es zu „Sättigungs- und Überlagerungsmechanismen“ die die Reaktionsmöglichkeiten des Organismus einschränken und bei der Exposition gegenüber einem für den Organismus deutlich stärker wirksamen Signal (UMTS) die Wirkungen des schwächer wirksamen Signals (GSM) überdecken. Diese Hypothese wird unterstützt durch die Höhe der Summenscores, die in der Trainingsphase erhoben wurden, die deutlich tiefer lagen und der echten „Nullexposition“ entsprechen. Die Summenscores der Trainingsphase betragen in der Gruppe A 5,72 sowie bei der Gruppe B 1,83. Die Summenscores bei

GSM 900 betragen in der Gruppe A 8,71 sowie bei der Gruppe B 2,25. Damit wäre jedenfalls bei der Gruppe A ein signifikanter Unterschied auch für die GSM-Exposition gegeben.

TNO hatte dagegen beim Untersuchungsdesign als Voraussetzung lediglich das Auftreten von Kurzzeiteffekten angenommen und keine kumulativen oder Sättigungseffekte.

2. Dem TNO-Bericht ([8], Seite 8 oben) ist zu entnehmen, dass das Forschungsziel auf Personen in der näheren Umgebung von Mobilfunkbasisstationsantennen fokussiert war. Wenn man davon ausgeht, dass zumindest ein Teil der Personen aus der Gruppe A in ihrer Wohnung Pegeln in der Größe der Strahlungsdichten des Versuchs ausgesetzt ist und damit mit einer Vorbelastung zum Test kam, ist eine verringerte Reaktionsfähigkeit anzunehmen. Diese Hypothese wird unterstützt durch die hohen Summenscores der Gruppe A im Vergleich zur Gruppe B selbst in der Trainingsphase.

Anzumerken ist auch noch, dass die gewählte GSM-Signalform (nur vier der acht Zeitslitze aktiv) für das Signal einer Basisstation nicht sonderlich repräsentativ ist. Der Organisationskanal einer GSM-Basisstation sendet permanent in allen acht Zeitslitzen mit voller Leistung.

Bemerkenswert an der Untersuchung ist der deutliche Unterschied der Symptomausprägung zwischen der Gruppe A (Beschwerden bei GSM-Sendern) und der Gruppe B (keine Beschwerden bei GSM Sendern) sowohl beim Training bzw. der Plazebosituation als auch speziell die deutliche Reaktion bei der Feldexposition. Dies ist ein weiterer Beleg für die Existenz elektrosensibler Personen.

Von hoher Bedeutung für das weitere Handeln der Gesundheits- und Wirtschaftspolitik ist die massive Reaktion der Probanden der Gruppe A auf das verwendete UMTS-FDD Signal (W-CDMA) bei einer nur 15 minütigen Einwirkung! Diese Signalform wird im derzeit im Aufbau befindlichen UMTS-Netz eingesetzt. Die in der TNO-Studie verwendete und mittels Signalgenerator erzeugte UMTS-Signalform (siehe Abbildung 3-3) stellt den Fall dar, dass nur die vier dominierenden Steuerkanäle aktiv sind und kein Nutzkanal. Dieser Fall tritt an einer realen UMTS-Basisstation dann auf, wenn kein Verkehr über die Station abgewickelt wird und nur die permanent sendenden Steuerkanäle aktiv sind [9]. Die Frequenz der Pulsstruktur liegt mit 15 kHz etwa um den Faktor neun über der des Organisationskanals des GSM-Standards. Geht man von dem Faktum aus, dass die Induktion von Körperströmen mit der Frequenz, der Amplitudensteilheit und der Amplitudenhöhe (Dynamik) zunimmt, ist eine stärkere Reaktion bei UMTS gegenüber GSM plausibel. Es wird an dieser Stelle der dringende Appell an die Politik zu einem Moratorium des UMTS-Ausbaus mit einem Rückbau der GSM-Netze auf ein GSM-Netz „light“ oder „ultralight“ gerichtet.

Epidemiologische Studie zu gesundheitlichen Problemen im Umfeld einer GSM 1800-Basisstation in der spanischen Stadt La Nora

Ausgehend von der Hypothese der Mikrowellenkrankheit untersuchten Wissenschaftler der Universität Valencia in La Nora, einer Gemeinde nahe der Stadt Murcia im Südosten Spaniens, Gesundheitsprobleme im Umfeld einer Mobilfunkbasisstation GSM 1800 MHz [10].

Zur Erhebung der Gesundheitssituation wurden entsprechende Fragebögen von den Bewohnern ausgefüllt. Die Teilnahmequote betrug 70 %. Die Fragen umfassten Symptome wie etwa Müdigkeit, Gereiztheit, Kopfschmerzen, Übelkeit etc. sowie die Häufigkeit des Auftretens. Bei der statistischen Analyse wurden die Symptommhäufigkeiten in Zahlen überführt: nie = 0, manchmal = 1, oft = 2, sehr oft = 3 und daraus ein mittlerer Score je Symptom gebildet. Weiters wurden demografische Daten wie Adresse, Geschlecht, Alter, Distanz zu den Antennen der Mobilfunkbasisstation sowie Nutzungsgewohnheiten für Computer, Mobiltelefone etc. erfragt.

Die Exposition gegenüber der Mobilfunkbasisstation wurde im Schlafzimmer oberhalb des Bettes mit einem Breitbandmessgerät (EFM) und E-Feld-Sonde (1 MHz - 3 GHz) gemessen. Die Intensität von TV- und Radiosendern sowie die Mobilfunkbasisstation wurde mit einem Spektrumanalysator bestimmt. Die Pegel der TV- und Radiosender waren im Verhältnis zur Mobilfunksendeanlage von untergeordneter Bedeutung.

Es wurden zwei unterschiedliche statistische Analyseverfahren eingesetzt.

A) Expositionsmaß: Entfernung zur Basisstation in zwei Gruppen

Die nachfolgende Tabelle gibt Auskunft über die Anzahl der Personen, die mittlere Distanz zur Basisstation, die mittlere Strahlungsdichte und den mittleren Score je Symptom. Der p-Wert ist der Wahrscheinlichkeitswert (probability) und gilt als signifikantes Ergebnis, wenn $p < 0,05$ ist; n.s. bedeutet nicht signifikant.

Parameter / Symptome	Gruppe 1	Gruppe 2	p-Wert
Anzahl der Teilnehmer	n = 54	n = 47	-
Mittlere Strahlungsdichte	1100 ± 1900 µW/m ²	100 ± 400 µW/m ²	< 0,001
Mittlere Entfernung zur Basisstation	< 150 m (107 ± 57 m)	> 250 m (284 ± 24 m)	< 0,001
Müdigkeit	1,11 ± 0,001 1,13	0,74 ± 1,07	n.s.
Gereiztheit	1,56 ± 1,08	1,04 ± 1,02	< 0,05
Kopfschmerzen	2,17 ± 0,86	1,53 ± 1,00	< 0,01
Übelkeit	0,93 ± 0,99	0,53 ± 0,88	< 0,05
Appetitverlust	0,96 ± 1,03	0,55 ± 0,88	< 0,05
Unbehagen	1,41 ± 1,11	0,87 ± 0,97	< 0,02
Gangschwierigkeit	0,68 ± 0,93	0,94 ± 1,07	n.s.
Schlafstörungen	1,94 ± 0,92	1,28 ± 1,10	< 0,01
Depression	1,30 ± 1,19	0,74 ± 1,01	< 0,02
Konzentrationsschwierigkeit	1,56 ± 1,14	1,00 ± 1,06	< 0,02
Gedächtnisverlust	1,41 ± 1,05	1,04 ± 1,08	n.s.
Schwindel	1,26 ± 1,14	0,74 ± 1,05	< 0,05
Hautveränderungen	0,72 ± 0,96	0,45 ± 0,93	n.s.
Sehfunktionsstörung	1,11 ± 1,07	0,96 ± 1,12	n.s.
Hörfunktionsstörung	1,06 ± 1,12	0,81 ± 1,12	n.s.
Herz-Kreislaufveränderung	0,76 ± 1,10	0,49 ± 0,93	n.s.

Tab. 3-1: Beschwerdescore für zwei Expositionsgruppen im Umfeld einer GSM 1800-Mobilfunkbasisstation (n.s.: nicht signifikant)

B) Expositionsmaß: Gemessene Feldstärke am Schlafplatz

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Korrelationskoeffizienten für die am Schlafplatz gemessenen elektrischen Feldstärken und die einzelnen Beschwerden. Der p-Wert ist der Wahrscheinlichkeitswert (probability) und gilt, wenn $p < 0,05$ als signifikantes Ergebnis, n.s. bedeutet nicht signifikant.

Symptome	Korrelationskoeffizient	p-Wert
Müdigkeit	0,438	< 0,001
Gereiztheit	0,515	< 0,001
Kopfschmerzen	0,413	< 0,001
Übelkeit	0,354	< 0,001
Appetitverlust	0,485	< 0,001
Unbehagen	0,544	< 0,001
Gangschwierigkeit	0,127	n.s.
Schlafstörungen	0,413	< 0,001
Depression	0,400	< 0,001
Konzentrationsschwierigkeit	0,469	< 0,001
Gedächtnisverlust	0,340	< 0,001
Schwindel	0,357	< 0,001
Hautveränderungen	0,358	< 0,001
Sehfunktionsstörung	0,347	< 0,001
Hörfunktionsstörung	0,163	n.s.
Herz-Kreislaufveränderung	0,290	< 0,01

Tab. 3-2: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen der gemessenen Feldstärke im Schlafbereich und den einzelnen Beschwerden im Umfeld einer GSM 1800-Basisstation; (n.s.: nicht signifikant)

Der Beschwerdegrad war in der Gruppe 1, die näher an der Mobilfunksendeanlage lebt, deutlich und signifikant höher als in der etwas weiter entfernt wohnenden Gruppe 2.

Die Wahrscheinlichkeitswerte für die Korrelationskoeffizienten sind gegenüber den Wahrscheinlichkeitswerten des Gruppenvergleichs deutlich kleiner geworden – in der Regel von $p > 0,05$ auf $p > 0,001$. Dies ist unter Berücksichtigung der verbesserten Expositionsklassifizierung plausibel und spricht für die Beziehung zur Mobilfunkstrahlung. Die gefundenen Korrelationskoeffizienten sind für epidemiologische Fragestellungen als hoch anzusehen.

In einer nicht veröffentlichten multivariaten Auswertung unter Berücksichtigung von Alter, Geschlecht, Computer- und Mobiltelefonnutzung zeigen sich auf individueller Ebene signifikante Zusammenhänge mit beinahe allen Symptomvariablen und den breitbandig im Schlafbereich ermittelten elektrischen Feldstärken. Die Einbeziehung der von den Studienteilnehmern angegebenen Entfernung zum Mobilfunksender ins Modell ändert das Modell kaum. Dies spricht für einen kausalen Zusammenhang mit der Strahlenbelastung und gegen die immer wieder in den Raum gestellten Besorgnis als Grund für die Beschwerden. Ebenso sind die Korrelationskoeffizienten zwischen allen Symptomen und der gemessenen Feldstärke deutlich stärker und auf einem höheren Signifikanzniveau als mit der von den Studienteilnehmern angegebenen Entfernung zum Sender. Ein weiterer Beleg für die Strahlenwirkung der Mobilfunksendeanlage.

Die in der Studie gefundenen Beziehungen decken sich sowohl in der Art der Beschwerden als auch hinsichtlich der Höhe der Strahlenbelastung, die für die Gruppe 1 als sehr hoch, für die Gruppe 2 als mittelgradig zu be-

zeichnen ist, mit meinen in den letzten Jahren an Hand einer Vielzahl von Einzelfällen empirisch ermittelten Befunden. Die Autoren werten die Ergebnisse Ihrer Studie als einen vorläufigen Beitrag und als konsistent mit dem in der Literatur beschriebenen Mikrowellensyndrom.

Es sei abschließend festgestellt, dass generell die bisher vorliegenden wissenschaftlichen Daten einen klaren und eindeutigen Zusammenhang zwischen Strahlung, wie Mobilfunkstrahlung, und gesundheitlichen Folgen ergeben und ein generelles Umdenken in der Anwendung dieser Technologie erfordern.

Literatur

- [1] Dokumentationsstelle Elektromagnetische Strahlung und Gesundheit (ELMAR): <http://131.152.226.42/index.html>
- [2] Wissens Basierte Literatur Daten Bank über die Einwirkungen Elektro-Magnetischer Felder auf den Organismus (WBLDB); <http://wbladb.femu.rwth-aachen.de>
- [3] Adlkofer, F.: Vortragsmanuskript zur Veranstaltung „Mobilfunk und Gesundheit“ der Umwelt-Akademie am 05.12.2003 in München; www.die-umwelt-akademie.de
- [4] Lai, H.; Singh N.: Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells; in: *Bioelectromagnetics* 1995,16(3), S. 207-210
- [5] Lai, H.; Singh N.: Melatonin and a spin-trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA strand breaks in rat brain cells; in: *Bioelectromagnetics* 1997,18(6), S. 446-54
- [6] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz); in: *Health Phys.* 1998 Apr., 74(4), S. 494-522
- [7] Salford L. G.; Brun A. E.; Eberhard J. L.; Malmgren L.; Perrson B. R. R.: Nerve Cell Damage in Mammalian Brain after Exposure to Microwaves from GSM Mobile Phones; in: *Environ Health Perspect* 111, S. 881-883 (2003); <http://ehp.niehs.nih.gov/docs/2003/6039/abstract.html>
- [8] Zwamborn, A.P.M.; Vossen, S.H.J.A.; van Leersum, B.J.A.M.; Ouwens, M.A.; Mäkel, W.N.(TNO Physics and Electronics Laboratory): Effects of Global Communication system radio-frequency fields on Well Being and Cognitive Functions of human subjects with and without subjective complaints; TNO-report FEL-03-C148, September 2003; www.ez.nl/beleid/home_ond/gsm/docs/TNO-FEL_REPORT_03148_Definitief.pdf
- [9] Virnich, M.H.: Charakteristika von UMTS-Signalen; in: „Energieversorgung & Mobilfunk“, Tagungsband der 3. EMV-Tagung des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen – VDB e.V., 01.-02. April 2004 in Würzburg; Im Verlag des AnBUS e.V., Fürth 2003, ISBN 3-9808428-4-3
- [10] Navarro E. A.; Segura J.; Portolés M.; Gómez-Perretta de Mateo C.: The Microwave Syndrome: A Preliminary Study in Spain; in: *Electromagnetic Biology and Medicine (formerly Electro- and Magnetobiology)*, Volume 22, Issue 2, (2003); S. 161 - 169