

Auswirkungen von Mobilfunkfeldern auf das Zentralnervensystem im Wach- und Schlafzustand

Gutachter:

PD Dr. sc. nat. Peter Achermann
Dipl. Psych. Sabine Regel
Universität Zürich
Institut für Pharmakologie und Toxikologie
Sektion Psychopharmakologie und Schlafforschung
Winterthurerstrasse 190
CH-8057 Zürich

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung des Gutachtens	D-5
2	Auswahl der berücksichtigten Studien	D-5
3	Darstellung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes	D-5
4	Gesamtbewertung für das Themenfeld	D-14
5	Interessenskonflikt	D-16
6	Literaturverzeichnis	D-17
7	Anhang	D-26

1 Zielsetzung des Gutachtens

Das vorliegende Gutachten befasst sich mit den Auswirkungen von Mobilfunkfeldern (EMF) auf das Zentralnervensystem (ZNS) und den Schlaf. Beurteilt wurden experimentelle Arbeiten am Menschen und am Tier der Jahre 2000 bis 2003.

Folgende drei Endpunkte wurden definiert:

- Akute gesundheitliche Auswirkungen
- Verhalten / Schlafvariablen
- Auswirkungen auf Parameter des EEG und des Blutflusses (rCBF)

Die Endpunkte wurden aufgrund der Literatur und eigener Erfahrung definiert.

2 Auswahl der berücksichtigten Studien

Da es sich um die Auswirkungen von Mobilfunkfeldern handelt, beschränkt sich das Gutachten auf GSM und UMTS Felder oder einen ähnlichen Frequenzbereich. Insgesamt wurden 41 (mit TNO-Studie (Zwamborn et al. 2003): 42) Publikationen der Jahre 2000 bis einschliesslich 2003 beurteilt. Ausgewählt wurden ausschliesslich Studien am intakten Organismus (Mensch oder Tier), die in "peer-reviewed" Fachzeitschriften publiziert wurden. Arbeiten über Zellpräparate wurden nicht eingeschlossen und Originalarbeiten nur dann berücksichtigt, wenn die Expositionsbedingungen nachvollziehbar waren und die Feldintensität angegeben wurde. Eine Ausnahme bildet die TNO-Studie, die bis jetzt nur als Bericht vorliegt. Sie wurde aus aktuellem Anlass mit einbezogen.

Ein beachtlicher Teil von Originalarbeiten (13 von 41 (mit TNO: 42), siehe Tabelle 3.1) wurde aufgrund methodischer Mängel von der Begutachtung ausgeschlossen. Übersichtsarbeiten wurden nicht in die Bewertung einbezogen, werden jedoch im Literaturverzeichnis aufgeführt.

Die Auswahl der Literatur erfolgte in Abstimmung zwischen den Gutachtern Dr. Peter Ullsperger und Dr. Peter Achermann sowie auf Grund systematischer Recherchen:

- eigene Literaturlisten
- Recherche bei PubMed und Web of Science
- Literaturliste auf der Web site: Cellular Phone Antennas (Mobile Phone Base Stations) and Human Health; John Moulder, Professor of Radiation Oncology, Medical College of Wisconsin, Milwaukee, Wisc, U.S.A. <http://www.mcw.edu/gcrc/cop/cell-phone-health-FAQ/toc.html>

3 Darstellung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes

Tabelle 3.1 gibt eine Übersicht über die Arbeiten, die zu dem Einfluss von Mobilfunkfeldern auf ZNS und Schlaf im Zeitraum 2000-2003 publiziert wurden. Die Arbeiten sind nach Erscheinungsjahr und innerhalb der Jahre alphabetisch geordnet. Dabei wird jeweils vermerkt, ob es sich um Humanstudien, tierexperimentelle Arbeiten oder Übersichtsarbeiten handelt und welche jeweils in die Bewertung mit einbezogen wurden. Folgende Aspekte wurden in den Arbeiten untersucht:

Auswirkungen von EMF auf

- Kognitive Funktionen

- Wach-EEG
- Schlaf und Schlaf-EEG
- Regionaler zerebraler Blutfluss (rCBF)
- Hormone
- Subjektive Symptome
- Verhalten

Tabelle 3.2 zeigt auf, in welchen Fachzeitschriften die Originalarbeiten veröffentlicht wurden. Der "Impact Factor" soll helfen, die Qualität der Zeitschriften einzuschätzen.

Tabellen A.1-A.4 im Anhang beinhalten eine ausführliche tabellarische Zusammenfassung aller Studien für die Erscheinungsjahre 2000-2003. Neben den wesentlichen Aspekten zur Methodik und den Resultaten sind jeweils Auffälligkeiten bzw. Schwächen der Studie vermerkt. Zusätzliche spezifische Kommentare bezüglich der schlussendlich ins Gutachten einbezogenen Publikationen befinden sich im Text. Die sogenannte TNO-Studie wurde nicht in der Tabelle berücksichtigt.

3.1 Übersicht über die Literatur des Jahres 2000:

Es wurden neun Human- und drei Tierstudien veröffentlicht. Die Arbeit von Lebedeva et al. (2000) über Effekte auf das EEG wurde von der Begutachtung ausgeschlossen, da sie wissenschaftlichen Kriterien nicht genügt. Insbesondere sind die Methodik, die Datenanalyse und die Resultate ungenügend beschrieben.

3.1.1 Humanstudien:

Freude et al. 2000: In 2 Experimenten wurden die Auswirkungen von Mobilfunkfeldern auf das Wach-EEG und die kognitive Leistungsfähigkeit gesunder männlicher Probanden untersucht. Die EMF-Exposition bewirkte eine Reduktion der langsamen Hirnpotentiale ("slow potentials") über zentralen, parieto-temporo-okzipitalen Hirnregionen. Reaktionszeiten und Genauigkeit („accuracy“) in den kognitiven Aufgaben waren nicht verändert. Insgesamt bleibt unklar, ob ein Teil der Probanden in beiden Experimenten teilgenommen hat, wie lange die Probanden jeweils exponiert wurden bzw. wieviel Zeit zwischen den beiden Expositionsbedingungen lag. Darüber hinaus ist kein balanciertes Design mehr gegeben, da Daten von Probanden wegen Artefakten ausgeschlossen wurden. Somit sollte ein Reihenfolgeeffekt abgeklärt werden. Offen bleibt auch, ob die EEG-Verstärker für die Registrierungen während der Exposition abgeschirmt waren (EMC Kompatibilität), oder ob sie zumindest keine Störungen aufgriffen. Das genaue Vorgehen bei der Auswertung der kognitiven Daten bleibt unerwähnt. Angaben über „single-blind“ bzw. „double-blind“ Bedingungen fehlen.

Hietanen et al. 2000: Drei analoge und 2 digitale Mobiltelefone wurden hinsichtlich ihres Einflusses auf das Wach-EEG gesunder männlicher und weiblicher Probanden untersucht. Es zeigten sich keinerlei EEG-Veränderungen während der Exposition. Mit den 6 verschiedenen Expositionsarten (5 Telephone, 1 Kontrollbedingung) ist jedoch kein balanciertes Design möglich. Somit sollten Reihenfolgeeffekte in Betracht gezogen werden. Darüber hinaus wurde nicht angegeben, ob alle Expositionen mit derselben maximalen spezifischen Absorptionsrate (SAR) durchgeführt wurden. Generell sind die Expositionsbedingungen nicht ausführlich genug dokumentiert. Auch ein möglicher Geschlechtsunterschied bezüglich der untersuchten EEG-

Frequenzbänder bleibt unberücksichtigt. Es wurde keine ANOVA berechnet. Die Studie erfolgte unter „single blind“ Bedingungen.

Huber et al. 2000: In einem „double blind“ Design wurden gesunde männliche Versuchspersonen vor dem Schlafengehen während 30 Minuten unilateral (links oder rechts) elektromagnetischen Feldern bei Mobilfunkfrequenzen ausgesetzt. Das Schlaf-EEG war im Frequenzbereich von 9 - 14 Hz verändert. Diese Veränderung bildete sich im Verlauf des Schlafes zurück. Der EEG-Effekt war unabhängig von der Seite der Exposition. Die Schlafvariablen waren nicht verändert. Zusätzliche Analysen und die Dosimetrie wurden in Huber et al. (2003) beschrieben.

Koivisto et al. 2000a: Mit Hilfe einer Testbatterie wurden die Auswirkungen einer GSM-Exposition auf die kognitive Leistungsfähigkeit gesunder männlicher und weiblicher Probanden bestimmt. In 3 der Tests waren die Reaktionszeiten unter Feldbedingungen verkürzt. Ein stabiles Ergebnis zeigte sich dabei insbesondere im verwendeten Vigilanztest. Auch nach Bonferoni-Korrektur blieb das Ergebnis signifikant (Anmerkung der Gutachter). Die Studie erfolgte unter „single blind“-Bedingungen.

Koivisto et al. 2000b: Mittels des „N-Zurück“-Tests (0-, 1-, 2-, 3-Zurück) wurden die Auswirkungen einer 30-minütigen GSM Exposition auf das Arbeitsgedächtnis untersucht. Unter Feldbedingungen zeigte sich eine Verkürzung der Reaktionszeiten auf der höchsten Schwierigkeitsstufe („3-Zurück“). Allerdings ist unklar, ob die beiden Feldbedingungen (aktiv/sham) unmittelbar aufeinander folgten und somit kumulierte Effekte in Betracht gezogen werden müssen. Die Studie wurde „unter single-blind“-Bedingungen durchgeführt.

Krause et al. 2000a: Ein modifizierter „Sternberg-Test“ wurde verwendet, um die Effekte einer halbstündigen GSM-Exposition auf Ereignis bezogene Synchronisation/Desynchronisation im EEG (ERD/ERS-Antwort) zu messen. Unter Feldbedingungen war die ERD/ERS Antwort in den untersuchten Frequenzbändern (4-6 Hz, 6-8 Hz, 8-10 Hz, 10-12 Hz) verändert. Da Daten von 4 Probanden ausgeschlossen wurden, muss ein balanciertes Design jedoch in Frage gestellt und ein möglicher Reihenfolgeeffekt in Betracht gezogen werden. Die Studie erfolgte unter „single blind“ Bedingungen.

Krause et al. 2000b: Die gleiche Arbeitsgruppe verwendete ausserdem den „N-Zurück“-Test (0-, 1-, 2-Zurück), um einen möglichen Einfluss von GSM-Exposition auf Ereignis bezogene Synchronisation/ Desynchronisation im EEG (ERD/ERS-Antwort) zu untersuchen. Unter Feldbedingungen war die ERD/ERS Antwort im 6-8 Hz und 8-10 Hz Band in Abhängigkeit des Schwierigkeitsgrades und der Art des Zielreizes („target/non-target“) verändert. Der Ausschluss von Daten bei der Analyse lässt allerdings auch in dieser Studie ein balanciertes Design fragwürdig erscheinen und fordert somit die Abklärung möglicher Reihenfolgeeffekte. Da die beiden eingesetzten Feldbedingungen (aktiv/sham) in einem zeitlichen Abstand von nur fünf Minuten aufeinanderfolgten, kann ausserdem eine Vermischung der Effekte nicht ausgeschlossen werden. Die Studie erfolgte „single blind“.

Wagner et al. 2000: Gesunde männliche Versuchspersonen wurden während einer 8-stündigen Nachtschlafepisode exponiert. Im Vergleich zu Borbély et al. (1999) wurden keine Auswirkungen auf Schlafvariablen und Schlaf-EEG gefunden. Aller-

dings wurden breitere Frequenzbänder und nur ganznacht Werte analysiert. Borbély et al. (1999) hatten Schlaf-EEG Veränderungen in engeren Frequenzbereichen beobachtet, die auf den Anfang der Nacht beschränkt waren. Es ist somit nicht ganz auszuschliessen, dass eine andere Art der Analyse Effekte aufgezeigt hätte. Angaben über „single-blind“ bzw. „double-blind“ Bedingungen fehlen.

3.1.2 Tierstudien:

Bornhausen & Scheingraben 2000: Zwölf Wistar Ratten wurden während der Schwangerschaft kontinuierlich mit dem typischen GSM-Signal einer Basisstation bestrahlt. Die erwachsenen Nachkommen wurden auf Veränderungen im operanten Verhalten getestet und einer Kontrollgruppe nicht exponierter Nachkommen gegenüber gestellt. Es konnten keine Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Angaben über ein mögliches „double-blind“ Design fehlen.

Sienkiewicz et al. 2000: Eine Gruppe von Mäusen (C57BL/6J, m) wurde während 10 Tagen täglich für 45 Minuten einem niedrigen GSM-Feld ausgesetzt. Im Anschluss an die Exposition erfolgte jeweils eine direkte bzw. verzögerte (15 min oder 30 min spätere) Testung des räumlichen Gedächtnisses der Nager in einem modifizierten 8-Arm Labyrinth („eight arm radial maze“). Es zeigten sich keinerlei Auswirkungen der Bestrahlung. Die Angaben über die Anzahl untersuchter Tiere pro Gruppe ist allerdings widersprüchlich (5 oder 15). Somit lässt sich die Relevanz der Arbeit nicht abschätzen. Angaben über ein mögliches „double-blind“ Design fehlen.

Wang & Lai 2000: Ein gepulstes Feld mit einer Trägerfrequenz von 2450 MHz wurde hinsichtlich seiner Auswirkungen auf das räumliche Gedächtnis männlicher Sprague-Dawley Ratten im Wasser-Labyrinth („Morris water maze“) untersucht. Im Vergleich zu den Kontrollgruppen (nicht exponierte Tiere sowie Käfigkontrollen) war die Leistung der exponierten Ratten vermindert. Allerdings wird keinerlei Statistik bezüglich des gemessenen Schwimmverhaltens angegeben. Das Scoring der Daten erfolgte unter blind-Bedingungen.

3.2 Übersicht über die Literatur des Jahres 2001:

Es wurden sieben Humanstudien publiziert. Nur drei Studien wurden in die Bewertung einbezogen. Die Arbeiten über individuelle Charaktereigenschaften bzw. subjektive Wahrnehmung und Schlaf-EEG von Lebedeva et al. (2001a,b) sowie über die Auswirkungen auf kognitive Funktionen (Aufmerksamkeit, Ordnungsschwelle) von Lee (2001) und Maier (2001) wurden von der Begutachtung ausgeschlossen, da sie wissenschaftlichen Kriterien nicht genügen. Insbesondere ist die Methodik ungenügend dokumentiert.

3.2.1 Humanstudien:

Jech et al. (2001): In dieser Studie wurden die Auswirkungen von GSM-Exposition auf das EEG und evozierte Potentiale in Patienten mit Narkolepsie untersucht. Es wurden keine EEG-Effekte nach 45-minütiger Exposition beobachtet. Diese Resultate sind unbrauchbar, da sie ungenügend dokumentiert und somit nicht nachvollziehbar sind. Vor der Exposition und während der EEG-Aufnahmen war es den Patienten erlaubt, für maximal 20 min zu schlafen. Es fehlen jedoch genaue Angaben über die genaue Dauer der jeweiligen Schlafepisoden bzw. die Anzahl der Patienten, die diese Möglichkeit tatsächlich genutzt haben. Somit sind die Auswirkungen der Expositi-

on auf Schlaf und EEG nicht wirklich schlüssig zu beurteilen. Während der Exposition waren die evozierten Potentiale verändert und die Reaktionszeiten verkürzt. Mögliche Lerneffekte zwischen den zwei Testungen bleiben unberücksichtigt. Die Beschreibung der Datenanalyse ist als unzureichend zu betrachten. Es werden keine Angaben gemacht, ob die EEG-Verstärker für die Registrierungen während der Exposition abgeschirmt waren (EMC Kompatibilität). Es ist davon auszugehen, dass dies nicht der Fall war. Ebenso fehlen Informationen, ob die Exposition zu Störungen im EEG geführt hat. Falls Störungen auftraten, wäre die ursprüngliche „double-blind“ Bedingung als hinfällig zu betrachten und somit eine Beeinflussung der Daten denkbar. Die parallele Messung des Elektromyograms während der EEG- und ERP-Aufnahmen wurde ebenfalls vernachlässigt, was gerade in Bezug auf die beteiligte Patientengruppe unverständlich ist. Es ist fraglich, ob die Studie überhaupt in die Bewertung einbezogen werden soll.

Koivisto et al. (2001): In den zwei bereits genannten Studien von Koivisto et al. (2000a,b) wurden neben den Auswirkungen auf kognitive Fähigkeiten zusätzlich der Einfluss von Mobilfunkfeldern auf das subjektive Wohlbefinden untersucht. Die 30- bzw. 60-minütige Exposition der Probanden führte zu keinerlei messbaren Symptomen. Mögliche Geschlechtsunterschiede bezüglich der subjektiven Wahrnehmungsfähigkeit blieben dabei allerdings unberücksichtigt. Zusätzlich stellt sich die Frage, ob die Vorgabe einer Liste von Symptomen das Antwortverhalten der Probanden in irgendeiner Weise beeinflusst haben könnte.

Radon et al. (2001): In acht gesunden männlichen Probanden wurde der Einfluss einer GSM-Exposition auf die Hormonsekretion untersucht. Exposition und Messung erfolgte am Tag (12:00-16:00) oder nachts (22:00-2:00) jeweils unter konstanten Lichtbedingungen. Es wurden keine Auswirkungen des Feldes auf Melatonin-, Cortisol-, Neopterin- oder sIgA Spiegel beobachtet. Die Angaben zur Statistik sind jedoch ungenügend. In Anbetracht der Streuung der Daten ist fraglich, ob eine Gruppengröße von acht genügend statistische Power besitzt. Weiterhin ist unklar, ob circadiane Variationen der gemessenen Parameter in das Versuchsdesign einbezogen wurden. Gerade im Hinblick auf die Bestimmung des Melatoninspiegels wäre zudem eine Spezifizierung der Lichtbedingungen notwendig. Da die Probanden teilweise in der Nacht für die Speichelentnahme aufgeweckt wurden, ist ausserdem eine stressbedingte Erhöhung des Cortisolspiegels bzw. eine Veränderung der anderen Hormonkonzentrationen prinzipiell nicht auszuschliessen. Die Studie erfolgte in einem „double blind“ Design.

3.3 Übersicht über die Literatur des Jahres 2002:

Es wurden acht Human- und zwei tierexperimentelle Arbeiten veröffentlicht. Nur vier der Humanstudien und die beiden Tierstudien wurden in die Bewertung mit einbezogen. Die Studien von Burch et al. (2002), Edelstyn & Oldershaw (2002) und Ozturan et al. (2002) wurden vor allem aufgrund methodischer Mängel ausgeschlossen. In der Studie von Croft et al. (2002) waren insbesondere die Expositionsbedingungen ungenügend dokumentiert.

3.3.1 Humanstudien:

Braune et al. (2002): Basierend auf den Ergebnissen einer vorhergehenden Studie wurde der Einfluss elektromagnetischer Felder im Radiofrequenzbereich auf kardio-

vaskuläre und hormonelle Parameter untersucht. Entgegen der Hypothese führte die 50-minütige Exposition zu keiner Erhöhung vasokonstriktiver Aktivität oder anderen messbaren Veränderungen im autonomen Nervensystem. Allerdings mussten sieben Versuchspersonen aus der Analyse ausgeschlossen werden, was die Balancierung der Bedingungen fraglich erscheinen lässt und somit die Abklärung möglicher Reihenfolgeeffekte fordert. Weiter werden keine Angaben zu EMC gemacht, was erstaunt, da diese Gruppe bereits eine frühere Arbeit zurückziehen musste, da der Effekt auf einer Interferenz des EMF mit der Messeinrichtung beruhte. Die Studie wurde unter „single blind“-Bedingungen durchgeführt.

Hietanen et al. (2002): Mit Hilfe eines „double blind“-designs wurden die Auswirkungen dreier verschiedener Mobilfunkgeräte auf Blutdruck, Herzrate, Atemfrequenz und das subjektive Wohlbefinden elektrosensitiver Personen ermittelt. Die Wahrnehmung der meisten Symptome erfolgte unter der Kontrollbedingung. Somit konnte kein Zusammenhang zwischen EMF-Exposition und subjektivem Wohlbefinden nachgewiesen werden. Keine der Testpersonen war in der Lage, aufgrund eigener Wahrnehmung die Feldbedingungen von der Sham-Bedingung abzugrenzen. Ergebnisse bezüglich systolischem Blutdruck und Herzfrequenz waren inkonsistent. Da alle Bedingungen an einem Tag erfolgten, können kumulative Effekte nicht ausgeschlossen werden.

Des Weiteren sind die Expositionsbedingungen an sich nicht vergleichbar. Nicht alle Testpersonen durchliefen alle vier Bedingungen, was ausserdem zu unterschiedlichen Gruppengrößen geführt haben könnte und in diesem Fall einen Vergleich zwischen EMF und Sham nicht rechtfertigen würde. Mögliche Geschlechtsunterschiede bezüglich der subjektiven Wahrnehmungsfähigkeit blieben unberücksichtigt. Zusätzlich ist nicht eindeutig, ob die Probanden eigenständige Antworten produzieren mussten, oder aber die Vorgabe einer Symptomliste erfolgte, die das Antwortverhalten der Probanden in irgendeiner Weise beeinflusst haben könnte. Insgesamt ist fraglich, ob diese Studie in die Analyse mit einbezogen werden sollte.

Huber et al. (2002): In einem PET-Experiment und in einem Schlafexperiment an jeweils 16 gesunden Versuchspersonen wurden die Effekte einer 30-minütigen unilateralen EMF-Exposition auf den regionalen zerebralen Blutfluss (rCBF) bzw. auf das Wach- und Schlaf-EEG untersucht. Während in der PET-Studie ausschliesslich ein pulsmoduliertes Feld verwendet wurde, kam in der Schlafstudie zusätzlich ein kontinuierliches Feld zum Einsatz. Beide Experimente erfolgten in einem randomisierten und überkreuzten „double blind“-Design. Die Exposition des pulsmodulierten Feldes erhöhte den regionalen zerebralen Blutfluss im dorsolateralen präfrontalen Cortex ipsilateral zur Seite der Exposition. Ausserdem bewirkte es vor dem Einschlafen einen Anstieg der EEG-power im Frequenzbereich um 10 Hz (α -Aktivität) bzw. im Spindelfrequenzbereich im NonREM-Schlafstadium 2.

Lass et al. (2002): Mit Hilfe dreier verschiedener neuropsychologischer Tests zu Aufmerksamkeit und Kurzzeitgedächtnis wurde der Einfluss eines 7Hz modulierten 450 MHz Feldes auf die kognitive Leistungsfähigkeit gesunder männlicher und weiblicher Probanden gemessen. In der exponierten Personengruppe zeigte sich eine signifikante Erhöhung der Fehlervarianzen in einer modifizierten Version des „Trail-making“ Tests und des „Symbol Digit Modality“-Tests, sowie eine signifikante Erniedrigung der Fehlerrate im verwendeten visuellen Kurzzeitgedächtnis-Test. Da es den

Versuchspersonen grundsätzlich möglich war, den „Trail-making Test“ aus eigenem Ermessen abzubrechen, war die Stichprobengrösse in diesem Fall um ca. 30% reduziert. Darüber hinaus konnte somit selbst Einfluss auf die Dauer der Exposition genommen werden, so dass insgesamt nicht von einer gleich verteilten „Strahlenbelastung“ ausgegangen werden kann. Ein möglicher Reihenfolgeeffekt blieb unberücksichtigt. Die Angaben in der Zusammenfassung bezüglich der Ergebnisse stehen im Widerspruch zu denen, die im Ergebnisteil berichtet werden. Es ist fraglich, ob diese Studie in die Analyse mit einbezogen werden sollte.

3.3.2 Tierstudien:

Beason & Semm (2002): 34 Zebrafinken dienten als Stichprobe, um anhand 133 spontan aktiver Zellen im Cerebrum und anterioren Cerebellum die Auswirkungen eines GSM-Signals auf die neuronale Feuerrate zu bestimmen. Dabei führte eine Expositionszeit von 10 Minuten bei mehr als der Hälfte der Zellen zu einer Änderung der neuronalen Aktivität, in 76% der Fälle zu einer 3.5-fachen Erhöhung der Feuerrate. Allerdings ist nicht auszuschliessen, dass eine Wechselwirkung zwischen den eingesetzten Anästhetika und dem elektromagnetischen Feld bestand und dies einen Einfluss auf die Resultate bewirkt haben könnte. Zusätzlich ist nicht geklärt, ob es sich bei den reagierenden Neuronen um eine spezifische Zellpopulation bzw. eine spezifische Region im Gehirn handelte. Angaben über ein mögliches „double-blind“ Design fehlen.

Dubreuil et al. (2002): Mittels zweier verschiedener Verhaltenstests wurden die Effekte einer auf den Kopf beschränkten 45-minütigen EMF-Exposition auf das räumliche Gedächtnis bei Sprague Dawley Ratten untersucht. Eine Gruppe von Tieren durchlief den Versuch mit einer spezifischen Absorptionsrate von 1.0 W/kg, eine zweite mit 3.5 W/kg. Als Kontrollen dienten nicht exponierte Tiere sowie Käfigkontrollen. In beiden verwendeten Tests konnten keine Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Fraglich bleibt, warum die Testung der Tiere in der Licht-Phase durchgeführt wurde. Zusätzlich ist nicht klar, wieviel Zeit zwischen der Exposition und dem Verhaltenstest lag. Angaben über ein mögliches „double-blind“ Design fehlen.

3.4 Übersicht über die Literatur des Jahres 2003:

Es wurden sieben Human- und fünf Tierstudien publiziert. Insgesamt vier der Humanstudien und vier der tierexperimentellen Arbeiten wurden in die Bewertung mit einbezogen. Die unter Punkt 2 bereits erwähnte TNO-Studie von Zwamborn et al. (2003) wird an dieser Stelle ebenfalls kritisch kommentiert.

3.4.1 Humanstudien:

Arai et al. (2003): Ein gepulstes Feld mit einer Trägerfrequenz von 800 MHz wurde hinsichtlich seiner Auswirkungen auf das zentrale Antwortverhalten im Hirnstamm nach auditiver Stimulation getestet. Keine der drei gemessenen Parameter („ABR“, „ABR recovery function“, „MLR“) wurde von der 30-minütigen Exposition beeinflusst. Allerdings stellt sich die Frage, ob mit 15 Probanden genügend statistische Power erreicht wurde. Insgesamt sind die Expositionsbedingungen nur unzureichend spezifiziert. Zusätzlich wurde auf eine Kontrollbedingung verzichtet. Es ist unklar, ob die Studie unter „single“ oder aber „double blind“ Bedingungen erfolgte.

Haarala et al. (2003a): 14 männliche Versuchspersonen dienten als Stichprobe, um den Einfluss einer ca. 45-minütigen GSM-Exposition auf die regionale zerebrale Durchblutung (rCBF) und das Arbeitsgedächtnis zu messen. An der Stelle maximaler Strahlungseinwirkung zeigte sich keinerlei Effekt. Dagegen wiesen die auditorischen Cortices beider Hemisphären unter EMF-Exposition eine relative Erniedrigung des Blutflusses auf. Es ist anzunehmen, dass diese bilaterale Veränderung der Aktivität im auditorischen Cortex (Brodmann Area 41) nicht durch das Feld an sich, sondern aufgrund akustischer Signale bewirkt wurde, die während der aktiven Bedingung auftraten. Auswirkungen auf Reaktionszeiten und Genauigkeit („accuracy“) fanden sich keine. Da nur Daten von insgesamt 12 Versuchspersonen in die PET-Analyse-, bzw. 10 Versuchspersonen in die kognitive Analyse mit eingeflossen sind, ist ein vollständig balanciertes Design fragwürdig. Somit wäre die Abklärung eines möglichen Reihenfolgeeffektes erforderlich. Da beide Expositionsbedingungen nacheinander erfolgten, können ausserdem Nachwirkungen des Feldes nicht ausgeschlossen werden. Die Studie erfolgte unter „double blind“ Bedingungen.

Haarala et al. (2003b): Diese Studie stellt eine Replikation der Studie von Koivisto et al. (2000a) unter verbesserten methodischen Bedingungen dar. Mittels eines „double blind“ Designs und der Testung in zwei unabhängigen Labors in Finnland und Schweden wurden die Auswirkungen einer 902 MHz EMF Exposition auf die kognitive Leistungsfähigkeit gesunder Probanden in insgesamt neun verschiedenen Testverfahren untersucht. Im Gegensatz zur Studie von Koivisto et al. (2000a) wurden keinerlei signifikanten Effekte auf Reaktionszeiten oder Genauigkeit („accuracy“) bzw. Unterschiede zwischen den Geschlechtern oder den Labors gefunden. Die Ergebnisse der ersten Studie konnten somit nicht repliziert werden, obwohl sich die absoluten Werte für Reaktionszeiten und Genauigkeit in den beiden Studien eigentlich kaum unterscheiden.

Huber et al. (2003): Hierbei handelt es sich um eine erweiterte Analyse der Studien von Borbély et al. (1999) und Huber et al. (2000). Zudem wurde eine detaillierte Dosimetrie durchgeführt. Die simulierte SAR-Verteilung im Gehirn ermöglichte die Diskussion von Hypothesen der Interpretation. Eine topographische Analyse der EEG-Veränderungen in der Studie von Huber et al. (2000) zeigte, dass unilaterale EMF-Exposition (links oder rechts) das Non-REM-Schlaf-EEG in beiden Hirnhälften veränderte. Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität wurden in den beiden Studien nicht konsistent beeinflusst.

Zwamborn et al. (2003): Um einen möglichen Einfluss elektromagnetischer Felder von Basisstationen auf subjektives Wohlbefinden bzw. kognitive Fähigkeiten zu untersuchen, wurde aus einem Pool registrierter elektrosensibler Personen eine Gruppe von 36 Männern und Frauen ausgewählt und einer Kontrollgruppe gegenübergestellt. Neben einer Placebo-Bedingung durchliefen alle Probanden in einem überkreuzten „double blind“ Design jeweils zwei der insgesamt drei verschiedenen Expositionsbedingungen (GSM-900 MHz, GSM-1800 MHz; UMTS-2100 MHz). In beiden Gruppen zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Placebo- und der UMTS-Bedingung in der Einschätzung des subjektiven Wohlbefindens und bei einem visuellen Aufmerksamkeitstest. Allerdings wurden die Daten nicht auf ihre Normalverteilung hin geprüft. Des Weiteren handelt es sich bei dem verwendeten Sensitivitäts-Fragebogen um eine reduzierte, eigenhändig zusammengestellte und somit nicht validierte Fassung des sogenannten „Well-being“-Questionnaires von

Bulpitt & Fletcher (1990). Gruppenvergleiche können nicht gezogen werden, da es sich nicht um geschlechts- bzw. altersmässig gematchte Versuchsgruppen handelt. Aufgrund der Tatsache, dass alle Bedingungen an einem Tag erfolgten, können ausserdem kumulative Effekte der einzelnen Feldbedingungen nicht ausgeschlossen werden.

3.4.2 Tierstudien:

Anane et al. (2003): Anhand 64 weiblicher Lewis Ratten wurden die Effekte einer 21-tägigen, jeweils zweistündigen Exposition mit elektromagnetischen Feldern im Mikrowellenbereich auf die klinischen Parameter einer experimentell induzierten allergischen Encephalomyelitis (EAE) studiert. Eine Gruppe von Tieren durchlief den Versuch mit einer spezifischen Absorptionsrate von 1.5 W/kg, eine zweite mit 6.0 W/kg. Als Kontrollen dienten nicht exponierte Tiere sowie Käfigkontrollen. Es konnten keinerlei Unterschiede bezüglich des Beginns, der Dauer und des Endes der EAE-Krise zwischen den Versuchsgruppen gefunden werden. Angaben über ein mögliches „double-blind“ Design fehlen.

Bakos et al. (2003): Ein 900 MHz und ein 1800 MHz Feld wurden hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Ausscheidung des Melatoninmetaboliten 6-sulfatoxymelatonin (6SM) im Harn untersucht. Insgesamt 36 männliche Wistar Ratten wurden 14 Tage hindurch zwei Stunden täglich am Vormittag einem der beiden Felder ausgesetzt und einer nicht-exponierten Kontrollgruppe gleicher Grösse gegenübergestellt. Die statistische Analyse der Daten zeigte keine signifikanten Unterschiede bezüglich der 6SM-Ausscheidung zwischen den Gruppen. Es ist fraglich, ob die eingesetzten niedrigen Feldstärken von 0.02-0.045 W/kg prinzipiell überhaupt in der Lage waren, Effekte zu induzieren. Angaben über ein mögliches „double-blind“ Design fehlen.

Dubreuil et al. (2003): Diese Studie stellt eine Erweiterung der Studie von Dubreuil et al. (2002) dar. Mittels komplexerer Verhaltenstests wurden die Effekte einer auf den Kopf beschränkten 45-minütigen EMF-Exposition auf das räumliche Gedächtnis bzw. die Objekterkennung bei Sprague Dawley Ratten gemessen. Eine Gruppe von Tieren durchlief den Versuch mit einer spezifischen Absorptionsrate von 1.0 W/kg, eine zweite mit 3.5 W/kg. Als Kontrollen dienten nicht exponierte Tiere sowie Käfigkontrollen. In allen drei verwendeten Tests konnten keine Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Eine Spezifizierung der genauen Gruppengrösse in den jeweiligen Experimenten bleibt unberücksichtigt. Auch die genaue Expositionsdauer wird nicht explizit benannt. Angaben über ein mögliches „double-blind“ Design fehlen.

Yamaguchi et al. (2003): Sprague-Dawley Ratten wurden für vier Tage oder vier Wochen eine dreiviertel Stunde bis eine Stunde täglich einem gepulsten 1439 MHz TDMA-Feld ausgesetzt und im Anschluss auf mögliche Auswirkungen auf Lern- und Gedächtnisfähigkeiten getestet. Zusätzlich wurde die intraperitoneale Temperatur bestimmt. Die über das Gehirn gemittelte spezifische Absorptionsrate betrug 7.5 W/kg oder 25 W/kg. Im Vergleich zu nicht exponierten Tieren sowie Käfigkontrollen zeigte sich unter einer SAR von 25 W/kg eine signifikante Abnahme bezüglich der Anzahl korrekt gewählter Arme beim erforderten Umlernen in einer räumlichen Diskriminationsaufgabe („T-Maze“). Darüber hinaus stieg die intraperitoneale Temperatur in dieser Gruppe um etwa 2°C an. Unter einer SAR von 7.5 W/kg konnten keinerlei Effekte beobachtet werden. Die Verteilung der insgesamt 168 Tiere auf die ver-

schiedenen Versuchsgruppen ist nur unzureichend spezifiziert. Zusätzlich ist nicht klar, ob mögliche circadiane Einflüsse gerade in Bezug auf der intraperitonealen Temperaturmessung berücksichtigt wurden. Eine Wechselwirkung zwischen den eingesetzten Anästhetika und den Feldbedingungen ist ebenfalls nicht auszuschliessen. Insgesamt stellt das Ergebnis dieser Studie eher einen „thermalen“ Effekt dar. Angaben über ein mögliches „double-blind“ Design fehlen.

4 Gesamtbewertung für das Themenfeld

Ein Vergleich der verschiedenen Studien ist schwierig, da die Feldbedingungen stark variieren bzw. die Endpunkte der Studien sehr unterschiedlich definiert sind. Auch die Versuchsanordnungen unterscheiden sich erheblich. Entweder wird bereits während der Exposition, oder aber erst nach der Exposition nach Veränderungen und Effekten gesucht. Bei den meisten Studien handelt es sich ausserdem um Nahfeld-Exposition (Handystrahlung). Nur die TNO-Studie Zwamborn et al. (2003) bzw. die Studie von Bornhausen et al. (2000) beschäftigten sich mit den EMF-Einflüssen von Basisstationen (GSM und UMTS). Zusätzlich liegt eine grosse Bandbreite von Intensitätsunterschieden der applizierten Felder vor. Auch bezüglich der Pulsmodulation existieren weitgehende Unterschiede. Ausser bei einigen tierexperimentellen Studien handelt es sich um akute Auswirkungen von EMF. Mögliche Folgen von Langzeitexpositionen wurden nur selten untersucht. Es existiert dringender Handlungsbedarf betreffend der Standardisierung methodischer Ansätze in der EMF Forschung.

4.1 Feldbedingungen

Wie bereits erwähnt, wiesen die für das vorliegende Gutachten berücksichtigten Studien sehr unterschiedliche Feldbedingungen auf. Bezüglich ihrer Beschreibung liess sich dabei keine Standardisierung ausmachen. Angaben wie Flussdichte (W/m^2), Leistung (W) oder spezifische Absorptionsrate (W/kg) lassen sich nur schwer, wenn überhaupt, vergleichen. Zusätzlich sind Berechnungen der SAR aufgrund der Angabe der Flussdichte nicht möglich. Prinzipiell kann aus der Angabe „max. Power“ bei GSM-Handys die resultierende maximale SAR für ein bestimmtes Modell beim Hersteller erfragt werden. Diese Werte bewegen sich im Bereich von 0.2 – 1.5 W/kg. Allerdings gelten diese Angaben nur dann, wenn sich das Handy in direktem Kontakt mit dem Kopf befindet. Ab einer gewissen Distanz kann die SAR nicht mehr abgeschätzt werden und man benötigt stattdessen aufwändige dosimetrische Berechnungen mit Computersimulationen oder Messungen am Phantom.

4.2 Artefakte

Bei Messungen während der Exposition besteht die Gefahr der Beeinflussung der Messgeräte durch die pulsmodulierten Felder. Dies war z.B. bei Braune et al. (1998) der Fall und es ist möglich, dass die Ergebnisse der Studie aus diesem Grund in einem Anschlussexperiment nicht bestätigt werden konnten (Braune et al. 2002). Die meisten Forschungsgruppen beschreiben nicht, wie mit dieser Problematik umgegangen wurde bzw. ob die notwendigen elektromagnetischen Abschirmungen vorhanden waren oder aber fehlten (Ausnahme: Huber et al. 2003). Oft werden zusätzlich die Raumbedingungen nicht beschrieben, z.B. ob konstante Temperatur- oder Lichtbedingungen während des Experiments gewährleistet waren. Auch Einflüsse solcher Art sind nicht zu unterschätzen und sollten beim experimentellen Design berücksichtigt werden. Bei tierexperimentellen Studien gilt ausserdem zu bedenken, dass Nager eine andere Sinneswahrnehmung haben als Menschen. Eventuell könn-

ten EMF auditorische oder vibratorische Reize auslösen, die beispielsweise Stressreaktionen induzieren und somit die Ergebnisse beeinflussen. Weiter können Feldintensitäten, die beim Menschen noch nicht zu einer wahrnehmbaren Erwärmung führen, bei den viel kleineren Versuchstieren bereits thermische Effekte auslösen.

Haarala et al. (2003a) stellten fest, dass batteriebetriebene Handys nach der Entfernung des Lautsprechers noch Geräusche abgeben können, die nicht bewusst wahrgenommen werden. Solche unbeabsichtigten Begleitphänomene könnten die Ergebnisse beeinflussen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei allen Studien dieser Gruppe dieses Problem auftrat.

4.3 Geschlechtsunterschiede

Gewisse kognitive Tests zeigen eine geschlechtsspezifische Sensitivität. So konnte weitgehend gezeigt werden, dass Männer bessere räumliche Fähigkeiten-, Frauen dagegen bessere verbale Fähigkeiten besitzen. Dieser Umstand wurde in den meisten Studien nicht berücksichtigt und die Daten somit nicht auf mögliche geschlechtsspezifische Unterschiede untersucht. Bei Frauen kann zudem auch die Phase des Menstruationszyklus einen signifikanten Einfluss auf die erhobenen Daten haben.

4.4 Qualität

Die Qualität der Arbeiten ist sehr variabel. Viele Veröffentlichungen mussten von der Bewertung ausgeschlossen werden, da sie wissenschaftlichen Kriterien nicht genügten. Daneben existieren einige Studien, die zwar schlussendlich in das Gutachten mit einbezogen wurden, allerdings ebenfalls erhebliche Mängel aufwiesen und dementsprechend gekennzeichnet wurden (siehe Tabelle 3.1 und Kommentare). Es ist fraglich, ob der Review-Prozess in diesen Fällen richtig funktioniert hat. Es scheint, dass auf diesem Gebiet viele eher mittelmässige Arbeiten durchgeführt werden.

Auf Grund der erwähnten Variabilität der explorativen Studien lassen sich schwer verallgemeinerte Schlussfolgerungen ziehen. In bezug auf die definierten Endpunkte lässt sich folgendes festhalten:

4.5 Akute gesundheitliche Auswirkungen

Aufgrund der beurteilten Arbeiten lassen sich keinerlei akute gesundheitliche Auswirkungen ableiten. Die meisten Studien waren auch nicht auf diese Fragestellung hin ausgerichtet. In wieweit die beobachteten Auswirkungen von EMF für die Gesundheit relevant sind, lässt sich auf Grund des heutigen Wissensstandes nicht beurteilen, da die Wirkmechanismen nicht bekannt sind. Es gibt allerdings Hinweise, dass die Pulsmodulation des EMF ein wichtiger Faktor sein könnte. Es gilt in Zukunft, diese Mechanismen zu eruieren. Erst aufgrund solcher Erkenntnisse lässt sich die Relevanz der beobachteten Effekte einschätzen und beurteilen, ob gesundheitliche Risiken zu erwarten sind.

4.6 Verhalten / Schlafvariablen

In einigen der Studien wurden Auswirkungen von EMF auf kognitive Funktionen beobachtet. Die meisten dieser Studien wurden "single blind" durchgeführt. Somit lässt sich nicht ausschliessen, dass dies das Ergebnis beeinflusst hat. Insbesondere liessen sich diese Ergebnisse in neueren "double blind" Studien nicht replizieren (z.B.

Haarala et al. (2003b)). Auswirkungen auf Schlafvariablen wurden keine gefunden. Insbesondere war die Schlafstruktur nicht verändert. Hingegen war das Schlaf-EEG nach Exposition verändert (siehe unten).

Eine subjektive Wahrnehmung der Felder wurde nicht festgestellt. Zusammenfassend lässt sich schliessen, dass EMF das Verhalten (kognitive Leistungsfähigkeit) beeinflussen können.

4.7 Auswirkungen auf Parameter des EEG und des Blutflusses (rCBF)

Es zeigten sich Auswirkungen der Mobilfunkfelder auf das Schlaf- und Wach-EEG. Ebenso waren evozierte Potentiale unter Feldbedingungen verändert. In einer Studie wurde zudem gezeigt, dass eine 30-minütige Exposition den regionalen zerebralen Blutfluss verändern kann. Somit lässt sich schliessen, dass Mobilfunkfelder das EEG sowie den regionalen zerebralen Blutfluss beeinflussen können.

Gesamthaft gesehen lässt sich schliessen, dass EMF Gehirnaktivität beeinflussen können.

Es stellt sich immer die Frage, wie ein Ergebnis "kein Effekt" zu interpretieren ist. Grundsätzlich stellt dies keinen Beweis für "keinen Effekt" dar. Bei gewissen Studien ist es fraglich, ob die statistische Power genügend war, um eine Auswirkung der EMF auszuschliessen.

5 Interessenskonflikt

Die beiden Gutachter (PA, SR) haben keinerlei finanzielle Interessen und sind in keiner Weise mit der Mobilfunkindustrie oder mit den Anbietern verbunden. PA war als verantwortlicher Wissenschaftler an drei der Arbeiten beteiligt, die in die Beurteilung einbezogen wurden.

6 Literaturverzeichnis

Eine ausführliche tabellarische Zusammenfassung aller zwischen dem Jahr 2000 und dem Jahre 2003 veröffentlichten Arbeiten ist im Anhang aufgeführt.

6.1 2000:

Eingeschlossene Arbeiten

- Bornhausen, M. and H. Scheingraber (2000). "Prenatal exposure to 900 MHz, cell-phone electromagnetic fields had no effect on operant-behavior performances of adult rats." Bioelectromagnetics **21**(8): 566-74.
- Freude, G., P. Ullsperger, et al. (2000). "Microwaves emitted by cellular telephones affect human slow brain potentials." Eur J Appl Physiol **81**(1-2): 18-27.
- Hietanen, M., T. Kovala, et al. (2000). "Human brain activity during exposure to radiofrequency fields emitted by cellular phones." Scandinavian Journal of Work Environment & Health **26**(2): 87-92.
- Huber, R., T. Graf, et al. (2000). "Exposure to pulsed high-frequency electromagnetic field during waking affects human sleep EEG." Neuroreport **11**(15): 3321-5.
- Koivisto, M., A. Revonsuo, et al. (2000a). "Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans." Neuroreport **11**(2): 413-5.
- Koivisto, M., C. M. Krause, et al. (2000b). "The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory." Neuroreport **11**(8): 1641-3.
- Krause, C. M., L. Sillanmaki, et al. (2000a). "Effects of electromagnetic field emitted by cellular phones on the EEG during a memory task." Neuroreport **11**(4): 761-4.
- Krause, C. M., L. Sillanmäki, et al. (2000b). "Effects of electromagnetic fields emitted by cellular phones on the electroencephalogram during a visual working memory task." Int J Radiat Biol **76**(12): 1659-67.
- Sienkiewicz, Z. J., R. P. Blackwell, et al. (2000). "Low-level exposure to pulsed 900 MHz microwave radiation does not cause deficits in the performance of a spatial learning task in mice." Bioelectromagnetics **21**(3): 151-8.
- Wagner, P., J. Roschke, et al. (2000). "Human sleep EEG under the influence of pulsed radio frequency electromagnetic fields. Results from polysomnographies using submaximal high power flux densities." Neuropsychobiology **42**(4): 207-12.
- Wang, B. and H. Lai (2000). "Acute exposure to pulsed 2450-MHz microwaves affects water-maze performance of rats." Bioelectromagnetics **21**(1): 52-6.

6.2 Ausgeschlossene Arbeiten

- Lebedeva, N. N., A. V. Sulimov, et al. (2000). "Cellular phone electromagnetic field effects on bioelectric activity of human brain." Crit Rev Biomed Eng **28**(1-2): 323-37.

6.3 2001:

Eingeschlossene Arbeiten

- Jech, R., K. Sonka, et al. (2001). "Electromagnetic field of mobile phones affects visual event related potential in patients with narcolepsy." Bioelectromagnetics **22**(7): 519-28.
- Koivisto, M., C. Haarala, et al. (2001). "GSM phone signal does not produce subjective symptoms." Bioelectromagnetics **22**(3): 212-5.

Radon, K., D. Parera, et al. (2001). "No effects of pulsed radio frequency electromagnetic fields on melatonin, cortisol, and selected markers of the immune system in man." Bioelectromagnetics **22**(4): 280-7.

6.4 Ausgeschlossene Arbeiten

Lebedeva, N. N. and T. I. Kotrovskaya (2001). "Electromagnetic perception and individual features of human beings." Crit Rev Biomed Eng **29**(3): 440-9.

Lebedeva, N. N., A. V. Sulimov, et al. (2001). "Investigation of brain potentials in sleeping humans exposed to the electromagnetic field of mobile phones." Crit Rev Biomed Eng **29**(1): 125-33.

Lee, T. M., S. M. Ho, et al. (2001). "Effect on human attention of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones." Neuroreport **12**(4): 729-31.

Maier, R. (2001). "Do pulsed electromagnetic fields impair CNS activity?" Biomedizinische Technik **46**(1-2): 18-23.

6.5 2002:

Eingeschlossene Arbeiten

Beason, R. C. and P. Semm (2002). "Responses of neurons to an amplitude modulated microwave stimulus." Neurosci Lett **333**(3): 175-8.

Braune, S., A. Riedel, et al. (2002). "Influence of a radiofrequency electromagnetic field on cardiovascular and hormonal parameters of the autonomic nervous system in healthy individuals." Radiation Research **158**(3): 352-356.

Dubreuil, D., T. Jay, et al. (2002). "Does head-only exposure to GSM-900 electromagnetic fields affect the performance of rats in spatial learning tasks?" Behav Brain Res **129**(1-2): 203-10.

Hietanen, M., A. M. Hamalainen, et al. (2002). "Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: no causal link." Bioelectromagnetics **23**(4): 264-70.

Huber, R., V. Treyer, et al. (2002). "Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG." J Sleep Res **11**(4): 289-95.

Lass, J., V. Tuulik, et al. (2002). "Effects of 7 Hz-modulated 450 MHz electromagnetic radiation on human performance in visual memory tasks." International Journal of Radiation Biology **78**(10): 937-44.

6.6 Ausgeschlossene Arbeiten

Burch, J. B., J. S. Reif, et al. (2002). "Melatonin metabolite excretion among cellular telephone users." Int J Radiat Biol **78**(11): 1029-36.

Croft, R., J. Chandler, et al. (2002). "Acute mobile phone operation affects neural function in humans." Clin Neurophysiol **113**(10): 1623-32.

Edelstyn, N. and A. Oldershaw (2002). "The acute effects of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention." Neuroreport **13**(1): 119-21.

Ozturan, O., T. Erdem, et al. (2002). "Effects of the electromagnetic field of mobile telephones on hearing." Acta Otolaryngol **122**(3): 289-93.

6.7 Übersichtsarbeiten

Hamblin, D. L. and A. W. Wood (2002). "Effects of mobile phone emissions on human brain activity and sleep variables." Int J Radiat Biol **78**(8): 659-69.

6.8 2003:

Eingeschlossene Arbeiten

Anane, R., M. Geffard, et al. (2003). "Effects of GSM-900 microwaves on the experimental allergic encephalomyelitis (EAE) rat model of multiple sclerosis." Bioelectromagnetics **24**(3): 211-213.

Arai, N., H. Enomoto, et al. (2003). "Thirty minutes mobile phone use has no short-term adverse effects on central auditory pathways." Clinical Neurophysiology **114**(8): 1390-4.

Bakos, J., G. Kubinyi, et al. (2003). "GSM modulated radiofrequency radiation does not affect 6- sulfatoxymelatonin excretion of rats." Bioelectromagnetics **24**(8): 531-534.

Dubreuil, D., T. Jay, et al. (2003). "Head-only exposure to GSM 900-MHz electromagnetic fields does not alter rat's memory in spatial and non-spatial tasks." Behavioural Brain Research **145**(1-2): 51-61.

Haarala, C., S. Aalto, et al. (2003a). "Effects of a 902 MHz mobile phone on cerebral blood flow in humans: A PET study." Neuroreport **14**(16): 2019-23.

Haarala, C., L. Bjornberg, et al. (2003b). "Effect of a 902 MHz electromagnetic field emitted by mobile phones on human cognitive function: A replication study." Bioelectromagnetics **24**(4): 283-8.

Huber, R., J. Schuderer, et al. (2003). "Radio frequency electromagnetic field exposure in humans: Estimation of SAR distribution in the brain, effects on sleep and heart rate." Bioelectromagnetics **24**(4): 262-76.

Yamaguchi, H., G. Tsurita, et al. (2003). "1439 MHz pulsed TDMA fields affect performance of rats in a T-maze task only when body temperature is elevated." Bioelectromagnetics **24**(4): 223-30.

Zwamborn, A.P.M. et al. (2003). „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). Netherlands Organization For Applied Scientific Research, 1-89.

6.9 Ausgeschlossene Arbeiten

Kramarenko, A. V. and U. Tan (2003). "Effects of high-frequency electromagnetic fields on human EEG: A brain mapping study." International Journal of Neuroscience **113**(7): 1007-1019.

Lee, T. M. C., P. K. Lam, et al. (2003). "The effect of the duration of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention." Neuroreport **14**(10): 1361-1364.

Marino, A. A., E. Nilsen, et al. (2003). "Nonlinear changes in brain electrical activity due to cell phone radiation." Bioelectromagnetics **24**(5): 339-46.

Smythe, J. W. and B. Costall (2003). "Mobile phone use facilitates memory in male, but not female, subjects." Neuroreport **14**(2): 243-6.

6.10 Übersichtsarbeiten

- D'Andrea, J. A., E. R. Adair, et al. (2003a). "Behavioral and cognitive effects of microwave exposure." Bioelectromagnetics: S39-S62.
- D'Andrea, J. A., C. K. Chou, et al. (2003b). "Microwave effects on the nervous system." Bioelectromagnetics: S107-S147.
- Elder, J. A. (2003). "Ocular effects of radiofrequency energy." Bioelectromagnetics: S148-S161.
- Elder, J. A. and C. K. Chou (2003). "Auditory response to pulsed radiofrequency energy." Bioelectromagnetics: S162-S173.
- Hossmann, K. A. and D. M. Hermann (2003). "Effects of electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system." Bioelectromagnetics **24**(1): 49-62.
- Lin, J. C. (2003). "Cellular telephone radiation and electroencephalograms (EEG) of the human brain." IEEE Antennas and Propagation Magazine **45**(5): 150-153.
- Röösli, M., R. Rapp, et al. (2003). "Radio and microwave frequency radiation and health - an analysis of the literature." Gesundheitswesen **65**: 378-92.

6.11 Sonstige Arbeiten

- Borbély, A.A., Huber, R., Graf, T., Fuchs, B., Gallmann, E. & Achermann, P. (1999): Pulsed high-frequency electromagnetic field affects human sleep and sleep electroencephalogram. *Neurosci Lett*, 275, 207-10.
- Braune, S., Wrocklage, C., Raczek, J., Gailus, T. & Lücking, C. (1998): Resting blood pressure increase during exposure to a radio-frequency electromagnetic field. *Lancet*, 351, 1857-1858.
- Bulpitt, C.J. & Fletcher, A.E. (1990): The measurement of quality of life in hypertensive patients: a practical approach. *Br J Clin Pharmacol*, 30, 353-364.

Tabelle 3.1: Übersicht über die Arbeiten zu den Auswirkungen von Mobilfunkfeldern auf ZNS und Schlaf, die von 2000 bis 2003 publiziert wurden. Unter Feldbedingung/Dosimetrie ist angegeben, ob die Feldbedingungen nachvollziehbar (ja/nein) dokumentiert sind und ob eine Dosimetrie durchgeführt wurde (ja/nein).

	Art der Arbeit	Auswirkungen auf	Effekt	"single" oder "double blind"	Anz. Probanden / Tiere	Feldbedingung / Dosimetrie	ein- / ausgeschlossen	Bemerkungen
Freude et al. (2000)	Human	Wach-EEG; kognitive Funktionen	ja	keine Angabe	1* 20 m; 1* 19 m	ja / ja	eingeschlossen	
Hietanen et al. (2000)	Human	Wach-EEG	nein	single blind	10 m; 9 f	ja / nein	eingeschlossen	
Huber et al. (2000)	Human	Schlaf; Schlaf-EEG	ja	double blind	16 m	ja / ja	eingeschlossen	
Koivisto et al. (2000a)	Human	kognitive Funktionen	ja	single blind	24m; 24 f	ja / nein	eingeschlossen	
Koivisto et al. (2000b)	Human	kognitive Funktionen	ja	single blind	24 m; 24 f	ja / nein	eingeschlossen	
Krause et al. (2000a)	Human	EEG (ERS/ERD)	ja	keine Angabe	8 m; 8 f	ja / nein	eingeschlossen	
Krause et al. (2000b)	Human	EEG (ERS/ERD)	ja	single blind	12 m; 12 f	ja / nein	eingeschlossen	
Lebedeva et al. (2000)	Human	EEG	ja	keine Angabe	24 m	nein / nein	ausgeschlossen	Methodisch und wissenschaftlich völlig ungenügend
Wagner et al. (2000)	Human	Schlaf; Schlaf-EEG	nein	keine Angabe	20 m	ja / nein	eingeschlossen	
Bornhausen & Scheingraben (2000)	tierexperimentell (Wistar Ratten)	operantes Lernen	nein	keine Angabe	24 schwangere f; 40 m; 40 f	ja / ja	eingeschlossen	
Sienkiewicz et al. (2000)	tierexperimentell (C57BL/6J Mäuse)	räumliches Lernen	nein	keine Angabe	keine Angabe	ja / ja	eingeschlossen	

	Art der Arbeit	Auswirkungen auf	Effekt	"single" oder "double blind"	Anz. Probanden / Tiere	Feldbedingung / Dosimetrie	ein- / ausgeschlossen	Bemerkungen
Wang & Lai (2000)	tierexperimentell (Sprague Dawley Ratten)	räumliches Lernen	ja	single blind (scorer)	34 m	ja / ja	eingeschlossen	
Jech et al. (2001)	Human	EEG; ERPs	ja	double blind	1* 9 m; 13 f 1* 17?	ja / ja	eingeschlossen	fraglich
Koivisto et al. (2001)	Human	subjektive Symptome	nein	single blind	2* 24 m; 24 f	ja / nein	eingeschlossen	
Lebedeva & Kotrovskaya (2001a)	Human	EEG; subjektive Wahrnehmung	ja	keine Angabe	86?	nein / nein	ausgeschlossen	Methodisch und wissenschaftlich völlig ungenügend
Lebedeva et al. (2001b)	Human	Schlaf-EEG	ja	keine Angabe	20 m	nein / nein	ausgeschlossen	Methodisch und wissenschaftlich völlig ungenügend
Lee et al. (2001)	Human	kognitive Funktionen	ja	single blind	72?	keine Exposition!	ausgeschlossen	
Maier (2001)	Human	kognitive Funktionen	ja	double blind	11?	nein / nein	ausgeschlossen	
Radon et al. (2001)	Human	Hormone (Melatonin, Cortisol, sIgA Neopterin,)	nein	double blind	8 m	ja / ja	eingeschlossen	fraglich
Braune et al. (2002)	Human	Hormone; kardiovaskuläre Variablen	nein	single blind	20 m; 20 f	ja / ja	eingeschlossen	
Burch et al. (2002)	Human	Hormone (Melatonin)	ja	epidemiologisch	1* 149 m 1* 77 m	keine Exposition!	ausgeschlossen	methodisch mangelhaft
Croft et al. (2002)	Human	EEG; ERPs; kognitive Funktionen	ja	single blind	16 m; 8 f	nein / nein	ausgeschlossen	Exposition ungenügend dokumentiert
Edelstyn & Oldershaw (2002)	Human	kognitive Funktionen	ja	keine Angabe	38? [19 EG; 19 KG]	nein / nein	ausgeschlossen	methodisch und wissenschaftlich ungenügend

	Art der Arbeit	Auswirkungen auf	Effekt	"single" oder "double blind"	Anz. Probanden / Tiere	Feldbedingung / Dosimetrie	ein- / ausgeschlossen	Bemerkungen
Hietanen et al. (2002)	Human	EHS-Symptome; Puls; Blutdruck	nein	double blind	7 m; 13 f	ja / nein	eingeschlossen	Expositionen nicht vergleichbar; fraglich
Huber et al. (2002)	Human	Schlaf, Schlaf-EEG; rCBF im Wachzustand	ja	double blind	[Schlaf:]1* 16 m; [PET:] 1* 13 m	ja / ja	eingeschlossen	
Lass et al. (2002)	Human	kognitive Funktionen	ja	single blind	1* 31 m; 19 f; 1* 32 m; 18 f	ja / ja	eingeschlossen	Dosimetrie unklar; fraglich
Ozturan et al. (2002)	Human	Gehör	nein	nicht blind!	17 m; 13 f	nein / nein	ausgeschlossen	
Beason & Semm (2002)	tierexperimentell (Zebrafinken)	neuronale Feuer-raten	ja	keine Angabe	34?	ja / ja	eingeschlossen	
Dubreuil et al. (2002)	tierexperimentell (Ratten)	räumliches Lernen	nein	keine Angabe	2* 48 m	ja / ja	eingeschlossen	
Hamblin & Wood (2002)	Übersichtsarbeit	Hirnaktivität; Schlafvariablen						
Arai et al. (2003)	Human	EEG (auditorisch)	nein	keine Kontrollbedingung	10 m; 5 f	ja / nein	eingeschlossen	
Haarala et al. (2003a)	Human	rCBF im Wachzustand; kognitive Funktionen	nein	double blind	14 m	ja / ja	eingeschlossen	akustischer Effekt!
Haarala et al. (2003b)	Human	kognitive Funktionen	nein	double blind	32 m; 32 f	ja / ja	eingeschlossen	
Huber et al. (2003)	Human	EEG (Schlaf & Wach); HR & HRV	ja	double blind	1* 24 m; 1* 16 m	ja / ja	eingeschlossen	Zusätzliche Analysen; detaillierte Dosimetrie
Karamarenko & Tan (2003)	Human	EEG	ja (?)	keine Angabe	10 m; 10 Kinder	nein / nein	ausgeschlossen	methodisch und wissenschaftlich ungenügend
Lee et al. (2003)	Human	kognitive Funktionen	ja	single blind	78? [39 EG; 39 KG]	ja / nein	ausgeschlossen	

	Art der Arbeit	Auswirkungen auf	Effekt	"single" oder "double blind"	Anz. Probanden / Tiere	Feldbedingung / Dosimetrie	ein- / ausgeschlossen	Bemerkungen
Smythe & Costall (2003)	Human	kognitive Funktionen	ja	single blind	33 m; 29 f	nein / nein	ausgeschlossen	
Anane et al. (2003)	tierexperimentell (Lewis Ratten)	Encephalomyelitis	nein	keine Angabe	2*32 f	ja / ja	eingeschlossen	
Bakos et al. (2003)	Tierexperimentell (Wistar Ratten)	Hormone (Melatonin)	nein	keine Angabe	72 m	ja / ja	eingeschlossen	
Dubreuil et al. (2003)	Tierexperimentell (Sprague Dawley Ratten)	Gedächtnis; Objekterkennung	nein	keine Angabe	136 m (?)	ja / ja	eingeschlossen	
Marino et al. (2003)	tierexperimentell (Kaninchen)	EEG	ja	keine Angabe	5 m; 5 f	ja / nein	ausgeschlossen	
Yamaguchi et al. (2003)	tierexperimentell (Sprague Dawley Ratten)	räumliches Lernen	ja	keine Angabe	168 m	ja / ja	eingeschlossen	
D'Andrea et al. (2003a)	Übersichtsarbeit	Verhalten; kognitive Funktionen						
D'Andrea et al. (2003b)	Übersichtsarbeit	ZNS						
Elder (2003)	Übersichtsarbeit	Augen						
Elder et al. (2003)	Übersichtsarbeit	Gehör						
Hossmann & Herrmann (2003)	Übersichtsarbeit	ZNS						
Lin (2003)	Übersichtsarbeit	EEG						
Röösli et al. (2003)	Übersichtsarbeit	Gesundheit						

Tabelle 3.2: Übersicht über die Fachzeitschriften in denen Originalarbeiten zu den Auswirkungen von Mobilfunkfeldern auf ZNS und Schlaf publiziert wurden. Der „Impact Factor“ basiert auf dem aktuellen „ISI Journal Citation Reports“ für 2002 (siehe unten).

	Anz. Arbei- ten	ausgeschl. Arbeiten	Impact Fac- tor
Acta Otolaryngol	1	1	0.729
Behav Brain Res	2	----	2.791
Bioelectromagnetics	13	1	1.205
Biomed. Tech	1	1	0.504
Crit Rev Biomed Eng	3	3	----
Clin Neurophysiol	1	1	2.120
Eur J Appl Physiol	1	----	1.417
Int J Neurosci	1	1	0.579
Int J Radiat Biol	3	1	2.119
J Clin Neurophysiol	1	----	2.142
J Sleep Res	1	----	3.250
Neuropsychobiol	1	----	2.065
Neurosci Lett	1	----	2.100
NeuroReport	9	4	2.265
Radiati Res	1	----	2.768
Scan J Work Environ Health	1	----	1.848

The **Journal Citation Reports** is an essential, comprehensive, and unique resource for journal evaluation, using citation data drawn from over 8,400 scholarly and technical journals worldwide. Coverage is both multidisciplinary and international, and incorporates journals from over 3,000 publishers in 60 nations.

The JCR is the only source of citation data on journals, and includes virtually all specialties in the areas of science, technology, and the social sciences. JCR Web shows the relationship between citing and cited journals in a clear, easy-to-use framework. JCR Web is available annually in two editions:

* The Science Edition contains data from roughly 5,000 journals in the areas of science and technology.

* The Social Sciences Edition contains data from roughly 1,500 journals in the social sciences.

Impact Factor

The journal impact factor is a measure of the frequency with which the "average article" in a journal has been cited in a particular year. The impact factor will help you evaluate a journal's relative importance, especially when you compare it to others in the same field.

The impact factor is calculated by dividing the number of current citations to articles published in the two previous years by the total number of articles published in the two previous years.

7 Anhang

Tabelle A.1.1-1.12: Übersicht über die Originalarbeiten zu den Auswirkungen von Mobilfunkfeldern auf ZNS und Schlaf, die im Jahre 2000 publiziert wurden.
HUMAN STUDIES

A.1.1 Source	Freude, G., P. Ullsperger, et al. (2000). "Microwaves emitted by cellular telephones affect human slow brain potentials." <u>Eur J Appl Physiol</u> 81(1-2): 18-27.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Two experiments: <ol style="list-style-type: none"> a. Healthy right-handed male volunteers [n=20; age: 21-30 years]; sessions between 9:00-12:00 a.m.; data of four subjects excluded b. Healthy right-handed male volunteers [n=19; age: 21-26 years; eight of them already participated in experiment 1]; data of three subjects excluded
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • A. 916.2 MHz, 217 Hz pulse modulation, 0.577 ms pulse width; radiated peak power 2.8 W (= average power of 350 mW); [peak SAR ~ 1.42 mW/g_{1g} and 0.882 mW/g_{10g}]; digital mobile telephone was positioned in direct contact to the left ear of the subjects; in blocks with EMF exposure: field was permanently switched on • B. Probably same as in 1st experiment (but not explicitly stated)
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure • <u>EEG</u>: recording from 30 electrodes; Cz as reference; EOG • <u>Cognitive tasks</u>: Each task during each exposure was performed in two blocks; exposure per block was changed in counterbalanced order <ol style="list-style-type: none"> a. Visual monitoring task (VMT): 30 trials; 10 Practice trials b. <ol style="list-style-type: none"> 1. Visual monitoring task (VMT): 50 trials; 10 Practice trials 2. Simple finger movements: 30 trials 3. Motor reaction: warning stimulus (S1) → imperative stimulus (S2) → motor reaction: 50 trials
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • <u>EEG</u>: Repeated measured ANOVA; effects of the factors <i>EMF</i> and <i>Hemisphere</i> were computed for six regional groupings of electrodes (left/right frontal/central and temporo-parieto-occipital deviations) • Cognitive tasks: <ol style="list-style-type: none"> a. VMT: accuracy b. <ol style="list-style-type: none"> 1. VMT: accuracy 2. Simple finger movements: time interval 3. Motor reaction: reaction time (150-500 ms)
Results	<ul style="list-style-type: none"> • A.: Slow brain potentials in VMT: diminished amplitudes during EMF on vs. off → selectively in regions of right hemisphere (central, temporo-parieto-occipital deviations); VMT: no statistical difference EMF on vs. off • B.: Slow brain potentials in VMT: diminished amplitudes during EMF on vs. off → selectively in regions of right hemisphere (central, temporo-parieto-occipital deviations); Slow brain potentials in Simple finger movements: no statistical difference EMF on vs. off; Slow brain potentials in motor reaction: no statistical difference EMF on vs. off; however: EMF*region interaction (frontal deviations); VMT, simple finger movements, motor reaction: no statistical difference EMF on vs. off
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Experiments A & B: • Single blind? Double blind? • Exact exposure time? Time interval between the conditions? • Subjects who already participated in the experiment A: any influences on the performance in experiment B? • Cognitive data: normally distributed? How analyzed? • Data excluded tasks no longer counterbalanced, order effects not tested! • EMC not specified!

A.1.2 Source	Hietanen, M., T. Kovala, et al. (2000). "Human brain activity during exposure to radiofrequency fields emitted by cellular phones." <u>Scandinavian Journal of Work Environment & Health</u> 26(2): 87-92.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy volunteers [n=19; n= 10 males, age 28-48 years; n=9 females, age 32-57 years] • Six 30 min experiments including one sham exposure for each subject (5min sham, 20 min EMF, 5 min sham)
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 900 MHz, 1800 MHz • 5 different cell phones (analogue and digital): 3* different analogue 900 MHz NMT; 1* digital 900 MHz GSM phone; 1* digital 1800 MHz PCN phone; range of peak output power 1-2W [SAR (with electrodes) 0.851 mW/kg; SAR (without electrodes) 0.818 mW/kg] • mobile phone in normal position (1cm from head, probably left hemisphere) without holding it; maximum power during the tests • Protected amplifier box • 20 min exposure time • Randomized order of exposure conditions • Single blind design
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure • One test per day for each subject • <u>EEG</u>: 21 channels + additional Fpz and Oz electrode; ground electrode between C3 and T3 • Filtering of signals via 70 Hz low-pass filter, 50 Hz Notch filter • EEG recordings in awake subjects under eyes closed condition (subjects sitting in chairs)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Selection of epochs when mobile phone was emitting for 10 min; altogether 24 epochs (each 2.5 sec) gathered; had to be artifact free and without signs of a lowered level of vigilance • Quantitative EEG analysis within 1.5-25 Hz frequency band: delta (1.5-3.5 Hz), theta (3.5-7.5 Hz), alpha (7.5-12.5 Hz), beta (12.5-25 Hz) • Mean frequency within the whole frequency band for each channel • Number of variables reduced by calculating the regional means from the original variables for 4 regions (frontal, temporal, centro-parietal, occipital) → number of EEG variables=36 (16 for absolute and relative power, 4 for mean frequencies) • Student's paired t-test
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Significant increase in absolute power of the delta band to one of the NMT phones • No difference in relative power of the same band
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • n males ≠ n females; significant age effect between male and female subjects? • Conditions not counterbalanced, order effects not tested! • No detailed specification of exposure conditions [SAR calculated only for GSM-condition!; Time interval between the conditions?] • No ANOVA.

A.1.3 Source	Huber, R., T. Graf, et al. (2000). "Exposure to pulsed high-frequency electromagnetic field during waking affects human sleep EEG." <u>Neuro-report</u> 11(15): 3321-5.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy right-handed male volunteers [n=16; age: 20-25 years] • Alcohol, caffeine, sleep-wake controlled
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • Unilateral exposure through 2 planar antennas (right or left hemisphere) • 900 MHz, modulation pulse sequence: 2, 8, 218, 1736 Hz; duty cycle: 87.5%; [peak SAR ~ 1 W/kg] • Distance between antenna and ear: 11 cm; center of the antennas positioned 4.2 cm vertically above the ear canal • randomized, double blind, cross-over design
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Exposure 30 min prior to a 3h morning sleep episode (after a preceding night sleep episode restricted to 4h) • Time between exposure and lights off: 10 min • 3 sessions separated by 1 week interval (right + left hemisphere + sham exposure) • <u>EEG</u>: recording from 10 electrodes referenced to linked mastoids; EOG; EMG; ECG • 15 min after each sleep episode: sleep and mood questionnaires
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Artifacts identified by visual inspection; only 20 sec epochs without artifacts used for analysis • Sleep stages visually scored for 20 sec epochs according standard criteria • Power spectra of consecutive 20 sec epochs for referential derivations C3 + C4
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Enhancement of EEG power density in the 9.75-11.25 Hz and in the 12.25-13.25 Hz range in the first 30 min of non-REM sleep

A.1.4 Source	Koivisto, M., A. Revonsuo, et al. (2000a). "Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans." <u>Neuroreport</u> 11(2): 413-5.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy right-handed volunteers [n=48 (24 male + 24 female subjects); age: 18-49 years]; native Finnish speakers
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 902 MHz, pulsed at a frequency of 217 Hz, 577 μs pulse width at 0.25 W mean power • GSM phone mounted to subjects head during the whole test session, oriented in normal position for use with the earphone positioned on the left ear and the microphone orienting towards the corner of the mouth • Antenna ~4cm apart from the head, over posterior areas of the left temporal lobe • 60 min exposure time • Single blind design
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure • 12 experimental tasks (SRT, 2-CRT, 10-CRT, Sentence Verification Task, Vigilance Task, Shape + Object Detection Task, Object Familiarity Detection Task, Semantic Picture + Word Categorization Task, Object Name Retrieval Task) • Order of tasks counterbalanced across subjects • Practice trials preceded the experimental trials; two experimental sessions (exposure on vs. off) separated by 24 hours
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Reaction times: screened by removing items with latencies shorter or longer than 2 Std of each subject's mean; correct responses only; logarithmic transformation • Non-parametric Wilcoxon Signed Rank Test
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Exposure speeded up responses in SRT and vigilance task and the cognitive time needed in subtraction • Error scores: fewer false alarms (pressing the button to non-targets) during exposure condition

A.1.5 Source	Koivisto, M., C. M. Krause, et al. (2000b). "The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory." <u>Neuroreport</u> 11(8): 1641-3.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy right-handed volunteers [n=48 (24 male + 24 female subjects); age: 18-34 years]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 902 MHz, pulsed at a frequency of 217 Hz, 577 μs pulse width at 0.25 W mean power • GSM phone mounted to subjects head during the whole test session, oriented in normal position for use with the earphone positioned on the left ear and the microphone orienting towards the corner of the mouth • Antenna ~4cm apart from the head, over posterior areas of the left temporal lobe • 30 min exposure time • Single blind design
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure • N-Back-Task (0-, 1-, 2-, 3-back); stimulus presentation and data collection controlled by reaction time software • Each condition included 36 targets and 84 non-targets, preceded by a practice block including 6 targets and 14 non-targets • Each subject received each n-back condition twice: exposure on vs. off; order of N-Back conditions counterbalanced across subjects
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Reaction times: screened by removing items with latencies longer than 2 Std of each subject's mean; correct responses only; logarithmic transformation • ANOVAs
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Main effect for load; Load*type interaction; RF*load*type interaction • Targets: main effect for load; RF*load interaction • Non-Targets: main effect for load • Error scores: main effect for load; main effect for type; load*type interaction
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Time interval between the conditions?

A.1.6 Source	Krause, C. M., L. Sillanmaki, et al. (2000a). "Effects of electromagnetic field emitted by cellular phones on the EEG during a memory task." <u>Neuroreport 11(4): 761-4.</u>
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy right-handed volunteers [n=16 (8 male + 8 female subjects); mean age 23.2 years]; data of 14 subjects included in final analyses
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 902 MHz, pulsed at a frequency of 217 Hz, 577 µs pulse width at 0.25 W mean power • GSM phone mounted to subjects head during the whole test session over the right posterior temporal region • Antenna ~20mm apart from the head • 30 min exposure time • Exposure counterbalanced across subjects • Single blind condition
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure • Auditory memory task: modified version of Sternberg's Memory Search Paradigm (24 verbs as basic stimuli; total of 192 pseudo-randomized memory sets each one consisting of four auditory presented Finnish verbs + one target verb) spoken with a female voice; presentation through earphones • EEG: recording from 20 electrodes referenced to linked mastoids; EOG • Event related synchronization (ERS) and desynchronization (ERD) of 4-6 Hz, 6-8 Hz, 8-10 Hz, 10-12 Hz EEG frequency bands
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • EEG data averaged over left and right electrode locations; values used for statistical analyses separately for each frequency band • Repeated measures ANOVAs
Results	<ul style="list-style-type: none"> • EMF effect during memory retrieval in all studied frequency bands especially at earlier phases (first second) of the time window • 4-6 Hz: Time*EMF interaction; Time*task* EMF interaction • 6-8 Hz: Time*EMF interaction • 8-10 Hz: Main EMF effect; Time*EMF interaction; Time*task* EMF interaction • 10-12 Hz: Time*EMF interaction; Time*task* EMF interaction
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Data excluded tasks no longer counterbalanced, order effects not tested!

A.1.7 Source	Krause, C. M., L. Sillanmäki, et al. (2000b). "Effects of electromagnetic fields emitted by cellular phones on the electroencephalogram during a visual working memory task." <u>Int J Radiat Biol</u> 76(12): 1659-67.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy right-handed volunteers [n=24 (12 male + 12 female subjects); age 20-30 years]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 902 MHz, pulsed at a frequency of 217 Hz, 577 μs pulse width at 0.25 W mean power [SAR < 2 W/kg] • GSM phone mounted to subjects head during the whole test session over the right posterior temporal region • Antenna ~20mm apart from the skin • 30 min exposure time • Exposure counterbalanced across subjects • EMF and sham exposure on the same day; 5 min break in between • Single blind design
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure • N-Back-Task (0-, 1-, 2-back) • Order of N-Back conditions counterbalanced across subjects • EEG: recording from 20 electrodes referenced to linked mastoids; EOG • Event related synchronization (ERS) and desynchronization (ERD) of 4-6 Hz, 6-8 Hz, 8-10 Hz, 10-12 Hz EEG frequency bands
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • EEG data averaged over left and right electrode locations; values used for statistical analyses separately for each frequency band • Log-transformation of data • Repeated measures ANOVAs
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Main effect for load • Significant differences in error rates between the three memory conditions • 6-8 Hz [n=21]: Stimulus*hemisphere*EMF interaction • 8-10 Hz [n=17]: Load*EMF interaction; Time* stimulus*EMF interaction; Time*load* EMF interaction
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • How many targets? Non-Targets? • Data excluded tasks no longer counterbalanced, order effects not tested!

A.1.8 Source	Lebedeva, N. N., A. V. Sulimov, et al. (2000). "Cellular phone electromagnetic field effects on bioelectric activity of human brain." <u>Crit Rev Biomed Eng</u> 28(1-2): 323-37.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy male volunteers [n=24; age 20-30 years]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 902.4 MHz, intensity 0.06 mW/cm² • EMF directed to the back of head by a special antenna • 30 min exposure time + 30 min after-exposure (15 background, 15 min exposure/ sham, 2* 15 min after-exposure); eyes closed/eyes open alternating every 5 min • Exposure counterbalanced across subjects; two sessions at the same time of day one week apart
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure + after exposure • EEG: recording from 16 electrodes referenced to Cz
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Calculation of dimensional complexity for each 8-s artifact-free EEG segment; then averaged across 10 segments • ANOVAs
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Correlation dimension value: D₂ • Significant increase of D₂ during exposure and after-exposure under EMF vs. sham ("eyes closed") • Significant increase of D₂ during after-exposure II under EMF vs. sham ("eyes open") • Mean values of D₂ greater in the "eyes open" state than in the "eyes closed" state (EMF and sham)
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Whole paper insufficient from methodological and scientific point of view!

A.1.9 Source	Wagner, P., J. Roschke, et al. (2000). "Human sleep EEG under the influence of pulsed radio frequency electromagnetic fields. Results from polysomnographies using submaximal high power flux densities." <u>Neuropsychobiology</u> 42(4): 207-12.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy male volunteers, non-smokers [n=20; age: 19-36 years] • Hypotheses: Exposure to EMF leads to shortening of sleep onset latency and a REM-suppressive effect
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 900 MHz, pulsed at a frequency of 217 Hz, 577 μs pulse width; sub-maximal power flux density of 50 W/m² [local SAR < 2 W/kg] • Emitted from a horn antenna (connected to a digital mobile phone) positioned 40 cm below the pillow of the bed • Exposure counterbalanced across subjects • Exposure time 8h (?)
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure • Exposure chamber constructed as a metal-free cabin; walls lined with absorbing material • Each subject: 2 sessions of 3 consecutive nights (23:00-07:00h) separated by at least 7 days; 1st night always adaptation night, two nights exposure or two nights sham condition • EEG: recording from Cz and Pz referenced to right mastoid; EOG; EMG; ECG • Spectra in the range from 1-15 Hz: subdivided into frequency bands (1-3.5 Hz; 3.5-7.5 Hz; 7.5-15 Hz; 15-23 Hz)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Kolmogorov-Smirnov-Test for normal distribution • EEG: average of the two exposure nights; scored according standard criteria (R&K) • Sleep parameters: paired two-tailed t-test with p=0.05 • EEG power spectra: three-way repeated measures ANOVA
Results	<ul style="list-style-type: none"> • No significant differences between sleep parameters • No significant differences in spectral power (total + defined frequency bands)
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Single blind? Double blind?

ANIMAL STUDIES

A.1.10 Source	Bornhausen, M. and H. Scheingraber (2000). "Prenatal exposure to 900 MHz, cell-phone electromagnetic fields had no effect on operant-behavior performances of adult rats." <u>Bioelectromagnetics 21(8): 566-74.</u>
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Pregnant Wistar rats [n=24]; 3 months old • Group 1 [n=12]: EMF exposure; Group 2 [n=12]: sham exposure • Coded male/female offspring [n=80], 11-12 weeks old; eight groups (4 male, 4 female; 5 exposed and 5 control animals per group) for test sessions
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • Far-field condition: 900 MHz, 217 Hz pulse modulation, 0.577 ms pulse width, radiated energy-flux-density 0.1 mW/cm², [SAR ~ 17.5-75 mW/kg] • Dish antenna atop the exposure chamber • Inner lining of 15 cm RF-absorbing, solid foam • Continuous exposure of pregnant rats from day 1 to 20 of pregnancy; DRH/DRL Tests in offspring
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • After exposure (offspring of exposed pregnant rats!) • Training (15h <i>Differential Reinforcement of Zero Rate</i> in 2 consecutive nights) • Test sessions: 9 computer-controlled 15h-sessions of the food-reinforced contingency <i>Differential Reinforcement of High (3 tests) / Low Rate (3 tests)</i> + Combination of both (3 tests); three steps of incrementally increased learning demand • Tests in Skinner-boxes in dark room starting at 16:00h; alternating 30-min ON and 60-min OFF periods; Reinforcements available during ON periods only • Recording of <i>food-reinforced lever-pressing activity and inter-response intervals</i>
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Ratios of reinforcements (performance) vs. lever presses (activity) during the 9 different tests; Wilcoxon Rank-Sum test • Correlation of consecutive IRIs to the specific test requirements of DRH and DRL sessions
Results	<ul style="list-style-type: none"> • No significant differences in any measured parameter
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Blinding not specified!

A.1.11 Source	Sienkiewicz, Z. J., R. P. Blackwell, et al. (2000). "Low-level exposure to pulsed 900 MHz microwave radiation does not cause deficits in the performance of a spatial learning task in mice." <u>Bioelectromagnetics</u> 21(3): 151-8.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Adult C57BL/6J male mice • Two groups: EMF vs. sham [animals randomly assigned to one of the treatment groups at 12 weeks of age]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • Far-field condition: 900 MHz, 217 Hz pulse modulation, 576µs pulse width [average whole body SAR ~ 0.05 W/kg] • Exposure in TEM cell • 45 min exposure time each day for ten days • EMF and sham exposure in a counterbalanced sequence; same sequence used each day
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • After exposure (time delay 90 s – 15 min) • Eight-arm radial maze (modified for mice) • Animals food-deprived to 85% of their free-feeding weight over 14 days prior to behavioral testing • During last 5 days of weight reduction: animals were placed within the exposure cages for 15 min each day (+ 5 min within the maze on last day) • Main experiment each day at 9:00h • Test immediately following exposure (animal 1) or after a delay of 15 or 30 min (animal 2 and 3)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Maximum likelihood techniques (estimating the probability that an animal will not re-enter any given arm of the maze); using these probabilities as the measure of performance of the task
Results	<ul style="list-style-type: none"> • no significant field-dependent effects on performance in choice accuracy or in total times to complete the task across the experiment; all animals showed an apparently normal pattern of behavior in the maze
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • n=?; Blinding not specified!

A.1.12 Source	Wang, B. and H. Lai (2000). "Acute exposure to pulsed 2450-MHz microwaves affects water-maze performance of rats." <u>Bioelectromagnetics</u> 21(1): 52-6.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Male Sprague Dawley rats [n=34]; 2-3 months old • Group 1 [n=11]: EMF exposure; Group 2 [n=11]: sham; Group 3 [n=12] cage control
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 2450 MHz, 2 μs pulse width, 500 pulses/s, average power density 2 mW/cm², [average whole body SAR ~ 1.2 W/kg] (cylindrical wave-guide exposure system) • 60 min exposure time • Scorer blind to conditions
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Immediately after exposure • Circular water maze • Two training sessions daily separated by 4h on three consecutive days; animals always run in the same sequence • Immediately before each training session: EMF exposure or sham; cage-controls: training procedure • Animals subjected simultaneously to EMF, sham or training • Task: location of a submerged platform in the Morris water maze (4 trials: north, east, south west) • One hour after last (6th) training session: test in a probe trial for 1 min (removed platform)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Measure of escape time by a stop watch; average escape time of the four trials in each training session of each rat • Swim speed (cm/s; calculated for each rat for each training trial by dividing the distance swum by the time of escape) • Escape time + swim speed: repeated measures ANOVA • Probe trial: time spent in correct quadrant; Newman-Keuls Test • Swim pattern: distance swum measured from the tracings (scaled to the dimensions of the pool)
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Escape time: main effect for session; main effect for treatment (escape time longer in EMF group compared to the two other groups) • Swim speed: main Treatment effect; Treatment*session interaction (but no significant difference between the groups!) • Probe trial: Newman-Keuls-Test: EMF group spent significantly less time in the quadrant than the two other groups • Swim pattern: EMF-group: less searching for the "missing" platform
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • No statistics for swimming pattern!

Tabelle A.2.1-2.6: Übersicht über die Originalarbeiten zu den Auswirkungen von Mobilfunkfeldern auf ZNS und Schlaf, die im Jahre 2001 publiziert wurden.
HUMAN STUDIES

A.2.1 Source	Jech, R., K. Sonka, et al. (2001). "Electromagnetic field of mobile phones affects visual event related potential in patients with narcolepsy." <u>Bioelectromagnetics</u> 22(7): 519-28.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Patients [n=22]: 17 with medication (psychostimulants, antidepressants, combination) • EEG: patients with narcolepsy-cataplexy [n=22 (9 males + 13 females); mean age 48 years; 20 right-handed, 1 left-handed, 1 ambidextrous] • ERP: subgroup of patients [n=17]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 900 MHz, pulsed at 217 Hz, 0.577 ms pulse width, modulation frequency components 2 and 8 Hz, maximum power 2 W; [SAR=0.06 W/kg] • Mobile phone placed close to the right ear • 45 min exposure time • EMF/sham; exposure counterbalanced across subjects • Double blind condition
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During (ERP) /after exposure (EEG) • Examination on two successive days (EMF/sham) in supine position in a darkened room; standard procedure (2:00 p.m.) • Prior to examinations: 20 min of sleep allowed • 20 (?) electrodes referenced to linked mastoids: EOG • EEG: 20 min recordings while patients were allowed to sleep; commenced at min 60 (i.e. 15 min after MP switched off) • ERP: "oddball paradigm" (evaluated components: N2, P3a, P3b; 75 non-targets, 25% targets, pseudo-random order); three variants á 12.5 min; registered 5 min after EMF was switched on
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • EEG: paired t-Test • ERP: artifact contaminated epochs automatically rejected • ERP endogenous complex (tested for change in amplitude) with multivariate repeated measures ANOVA
Results	<ul style="list-style-type: none"> • EEG: no significant change due to prior EMF exposure in any of the variables (alpha extinction latency, theta onset latency, sleep latency, first K-complex /sleep spindle occurrence latency) • ERP (1): endogenous complex tested for change in amplitude: EMF*target interactions (P3a amplitude increased, N2 amplitude decreased) • ERP (2): EMF exposure, target stimulus variant and derivation tested on the endogenous complex latency parameters: main effect for target stimulus variant and derivation • ERP (3): Behavioral response reaction time significantly influenced by EMF exposure, order of examination days and by the target stimulus variant; significant EMF*order interaction
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Possible interaction EMF + medication! • EEG data not sufficiently described and analyzed! • No training of task; interaction with learning not assessed! • No EMG recording; important for narcoleptics! • EMC not specified!

A.2.2 Source	Koivisto, M., C. Haarala, et al. (2001). "GSM phone signal does not produce subjective symptoms." <u>Bioelectromagnetics</u> 22(3): 212-5.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Right-handed volunteers [48, 24 males, 24 females, mean age 26.0 years] for experiment 1 • Right-handed volunteers [48, 24 males, 24 females, mean age 23.2 years] for experiment 2
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 902 MHz, 217 Hz pulse modulation, 0.25W mean power, pulse width 577 μs • Two single blind experiments: • A. Two sessions separated by 24h, every subjects being exposed and sham exposed (half /half 1st or 2nd session) • B. One session, half of the subjects exposed, other half sham exposed • Exposure duration experiment A.: 60 min • Exposure duration experiment B.: 30 min • Exposure: GSM phone placed on the subjects head; earphone positioned on the left ear with the microphone oriented towards the corner of the mouth, simulating a normal position for use • Antenna ~4cm apart from the head, over posterior areas of the left hemisphere; loudspeaker removed
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Measurement of temperature between skin and Velcro strap for 4 independent subjects • Experiment A.: Questionnaire: rating of symptoms or sensations on a 4 point scale in the beginning, in the middle and in the end of the experimental session and at the end of both the exposure and the non-exposure conditions; during sessions: reaction time task etc (Koivisto et al., 2000a) • Experiment B.: Questionnaire: rating of symptoms or sensations on a 9 point scale in the beginning, in the middle and in the end of the experimental session and at the end of both the exposure and the non-exposure conditions; during sessions: working memory task (Koivisto et al., 2000b)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Non-parametric Sign Test
Results	<ul style="list-style-type: none"> • No obvious temperature changes: ~35.0°C after 60 min non-exposure; ~35.1°C during 60 min exposure; ~35.2°C after 30 min non-exposure (after turning off the field after the 60 min exposure) • Experiment A. + B.: No differences in subjective sensations between exposure and non-exposure conditions
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Gender differences prior to study or after experimental paradigm respectively? • What kind of effects does one provoke by providing a symptom list? • Symptoms increase towards end of the test series; motivational effects? Subjects getting tired?

A.2.3 Source	Lebedeva, N. N. and T. I. Kotrovskaya (2001a). "Electromagnetic perception and individual features of human beings." <u>Crit Rev Biomed Eng 29(3): 440-9.</u>
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy male and female volunteers [n=86; group 1: n=37; group 2: n=49; age: 18-40 years]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • Polar frequencies of non-ionizing electromagnetic radiation • Group 1: Exposed to infra-low frequency EMF • Group 2: Exposed to extreme high frequency EMF • Computer aided experimental setup; programmer generated actual and sham EMF signals at a quasi-random sequence
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure • Before: psychological testing, EEG recording, determination of initial current sensitivity and pain thresholds to electric current • Task: detection of sensory reactions to EMF; response times to simple motions and the critical frequency of flesh merging prior to and after sensory indication • To assess quality of sensory indication of EMF signals: reaction durability index, false alarm index, response latent time index and a modal perception index
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Quality of sensory indication: reaction durability and false alarm indices; 3 categories: <ol style="list-style-type: none"> 1. Subjects with high reaction durability index and low false alarm index (=good EMF perception) 2. Subjects with low reaction durability index and false alarm index (=poor EMF perception) 3. Subjects with high reaction durability index and false alarm index (=high level of false alarms)
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Psychophysical testing: volunteers of different categories did not reveal any difference in the time index of a simple locomotory reaction to optical and audible stimuli • Critical frequency flash merging: significant difference between the 3 categories (subjects of 2nd category ↓) • Initial current sensitivity did not differ significantly in subjects of all three categories • Subjects if 1st category: <ul style="list-style-type: none"> → exhibited shortest latent time when exposed to both types of frequency waves → recognized infra-low signals significantly faster than high frequency signals → showed significantly higher alpha-range EEG power in the parietal and occipital leads as compared to subjects of 3rd category → EEG spectral patterns more complex in the leads passing from the occipital to the frontal neocortical regions • Subjects if 2nd category: <ul style="list-style-type: none"> → showed significantly higher pain threshold to electric current as compared to subjects of 1st and 3rd category → produced significantly higher alpha-range EEG power power in all leads compared to subjects of 1st and 3rd category → insignificant changes of EEG spectral tracings in the leads passing from the occipital to the frontal neocortical regions • Subjects if 3rd category: <ul style="list-style-type: none"> → no dominating peaks
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Whole paper insufficient from methodological and scientific point of view!

A.2.4 Source	Lebedeva, N. N., A. V. Sulimov, et al. (2001b). "Investigation of brain potentials in sleeping humans exposed to the electromagnetic field of mobile phones." <u>Crit Rev Biomed Eng</u> 29(1): 125-33.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Male volunteers [n=20; age: 20-28]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • EMF/sham; exposure counterbalanced across subjects
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • EEG: Two-channel EEG tracings (Pz, Cz, referenced to Fz) recorded during 8h laboratory sleep
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • manual scoring, nonlinear dynamics, spectral analysis • For normal EEG periods: calculation of absolute spectral power in the delta, theta, alpha and beta-ranges + correlation dimension D_2 • ANOVA
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Spectral analysis: increase in alpha-range in EMF condition • Significant decrease in the two-channel correlation dimension D_2 in EMF condition (more pronounced in Cz lead)
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Whole paper insufficient from methodological and scientific point of view!
A.2.5 Source	Lee, T. M., S. M. Ho, et al. (2001). "Effect on human attention of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones." <u>Neuroreport</u> 12(4): 729-31.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy teenage students attending secondary schools [n=72] • Mobile phone group [n=37; mean age 16.08 years; median phone use time: 3712.50 min] • Control group [n=35; mean age 16.06 years; not in possession of mobile phone] • Groups matched for age and gender composition; tested for same cognitive suppositions
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • No exposure! • Single blind condition
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Three measures of attention (Symbol Digit Modalities Test (SDMT), Stroop Color Word Test (CST), Trail Making Test (TMT A/B)) • Presentation of tests in standardized order
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Descriptive statistics of means and Std of scores in SDMT, CST and TMT • Main and interaction effects of group and gender on the results of SDMT and CST: Two-way ANOVA • Main and interaction effects of group and gender on the time score on TMT: Two-way multivariate ANOVA
Results	<ul style="list-style-type: none"> • No significant gender effect on test performance → data of males and females pooled for data processing • EMF group performed significantly better on both parts of the TMT
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • No Correction for multiple comparisons!

A.2.6 Source	Maier, R. (2001). "Do pulsed electromagnetic fields impair CNS activity?" <u>Biomedizinische Technik</u> 46(1-2): 18-23.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Pilot study! • Volunteers [n=11; males and females; mean age 39.1 years]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 902 MHz, pulsed at 217 Hz, power flux density 1 mW/m² • Mobile phone placed close to left ear (4 cm) • 50 min exposure time • EMF/sham; exposure counterbalanced across subjects • Double blind condition
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Before/after exposure • Cognitive performance examined by assessing the order threshold ("Ordnungsschwelle" (OS)) • Auditive stimuli ("clicks") presented monaurally left/right or right left (randomized order); ISI starting at 300 ms, getting smaller with correct answer until OS reached • Procedure: (1) assessing OS, (2) Exposure/sham, (3) Assessing OS • During break (2): most volunteers took a nap
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Test series (specialized software) • Two-tailed paired t-tests
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Nine subjects (81.8%) showed increase in time needed to assess the OS
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • n=? males / females! • Handedness (especially for estimating OS important!)? • How many subjects took a nap? And if subjects nap in between: how to differentiate between EMF effect and sleep effect? • Perhaps auditory effects of EMF (and not EMF per se!) and therefore differences in OS after exposure?

A.2.7 Source	Radon, K., D. Parera, et al. (2001). "No effects of pulsed radio frequency electromagnetic fields on melatonin, cortisol, and selected markers of the immune system in man." <u>Bioelectromagnetics</u> 22(4): 280-7.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy male non-smokers [n=8, age: 20-30 years]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 900 MHz, pulsed at 217 Hz, power flux density 1 W/m² [max. local SAR= 0.025 W/kg] • circularly polarized antenna, placed close behind the head of the upright sitting subject (10 cm) • exposure chamber shielded against EMF • 80h exposure time (20* 4h sessions; daytime: 12.00-16.00h; nighttime: 22.00-02.00h; with sessions being at least 2 days apart after a day session and at least 3 days apart after a night session) • EMF(10*4h)/ sham (10*4h); exposure counter-balanced across subjects • Double blind condition
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure • Air conditioned room • 5 sessions á 4h without exposure (adaptation + check mere presence of the subjects in the experimental chamber) • During experimental procedure: collection of saliva at half-hourly intervals • Between 6h and 30h after termination of exposure: collection of saliva at 18.00h, 22.00h and next morning after awakening (daytime experiments); immediately after awakening, 12.00h, 18.00, 22.00 and again following morning after awakening (nighttime experiments) • Constant light conditions: daytime: normal white light; nighttime: dim red light not affecting melatonin synthesis • At night: subject were able to take a nap; woken up for saliva samples
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Melatonin and cortisol levels determined in all 20 experimental units • Neopterin and slgA analysed in 12 units only, evenly distributed between day and night and exposure and sham exposure • Paired Student's t-Test for repeated measures (comparison if individual values); double-sided Student's t-Test (comparison of group means); Wilcoxon- Test for dependent measures
Results	<ul style="list-style-type: none"> • during 5 sessions without exposure (adaptation): salivary concentrations of melatonin and cortisol did not change • EMF vs. sham: no significant effects on salivary concentrations of melatonin, cortisol, neopterin and slgA
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • How many subjects took a nap? And if subjects nap in between: how to differentiate between EMF effect and sleep effect? • Light conditions: exact illumination (in lux) important when it comes to melatonin levels! • Accounted for circadian rhythms of parameters in analysis? • Statistical tests questionable!

Tabelle A.3.1-3.10: Übersicht über die Originalarbeiten zu den Auswirkungen von Mobilfunkfeldern auf ZNS und Schlaf, die im Jahre 2002 publiziert wurden.
HUMAN STUDIES

A.3.1 Source	Braune, S., A. Riedel, et al. (2002). "Influence of a radiofrequency electromagnetic field on cardiovascular and hormonal parameters of the autonomic nervous system in healthy individuals." <u>Radiation Research</u> 158(3): 352-356.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy young volunteers [n=40; males: n=20; females: n=20; age:20-34 years]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 900 MHz, pulsed with 217 Hz frame repetition rate, pulse width 0.576 ms, 2W peak power [Motorola 8700] • SAR 0.5 W/kg_{10g}; SAR 0.84 W/kg_{1g} • Mobile phone mounted on the right-hand side of the head in typical telephoning position • Placebo controlled; successive periods of sham and EMF given in a randomized order once on each of two different days at the same time in the afternoon • Sham/Exposure: 20 min supine rest, 10 min of 70° upright tilt on a tilt table, 20 min of supine rest (= 50 min) • Laboratory under controlled temperature (23°C) • Single blind design
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Initial resting phase (30 min) → Sham/EMF → break in supine position (15 min) → Sham/EMF • Continuous noninvasive measurement of heart rate and blood pressure on right middle finger • Continuous measurement of cutaneous capillary perfusion with a laser Doppler flowmeter on pulp of the right index finger • Temperature measured manually on the pulp of the index finger at intervals of 10 min with infrared thermometer • Venous blood samples taken every 10 min starting after initial resting phase
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Cardiovascular parameters recorded digitally, analyzed off-line using mean values for 1-min intervals throughout the protocol • Serum levels of NA, A cortisol and and endothelin (from blood samples) by high-pressure liquid chromatography (NA, A) and radioimmunoassays (cortisol, endothelin) • Means + Std over all subjects for each parameter for each measurement time • Repeated measures ANOVA (GLM) with factors sequence, section, EMF and phase
Results	<ul style="list-style-type: none"> • No influence of the factor sequence • For all parameters except for endothelin significant effect of factor section • Systolic and diastolic blood pressure showed slow, continuous, statistically significant increases of about 5 mmHg during the course of the protocol • All other parameters either decreased in parallel or remained constant • Changes in blood pressure and in all other parameters were independent of the EMF exposure
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Data excluded tasks no longer counterbalanced, order effects not tested! • EMC not specified!

A.3.2 Source	Burch, J. B., J. S. Reif, et al. (2002). "Melatonin metabolite excretion among cellular telephone users." <i>Int J Radiat Biol</i> 78(11): 1029-36.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Male electric utility workers [study I: n=149; mean age: 44 ± 9 years; study II: n=77; mean age: 41 ± 8 years]; at least one month of employment in electric power generation, distribution or utility administration and maintenance position
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 60 Hz • cell phones
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During/after exposure • collection of total overnight and post-work urine samples on 3 consecutive workdays by each participant • recording of cellular telephone use over 3 consecutive work days • Characterization of personal exposure to 60 Hz EMF and light via an EMDEX II meter (ambient EMF and light exposure logged at 15 sec intervals for 24h)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Subjects grouped based on the number of minutes of workplace cellular telephone use on each day • Least-squares means of overnight 6-OHMS excretion and nocturnal or post-work 6-OHMS/cr concentrations were calculated for each group • Log-transformed values of 6-OHMS variables • Adjusted mean 6-OHMS levels among workers without cellular phone use were compared with those with > 25 min of use • Proc-mixed procedure for repeated measures ANOVA
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Study I: no significant differences in 6-OHMS responses • Study II: cellular telephone use > 25 min was associated with lower adjusted mean nocturnal 6-OHMS/cr concentration and overnight 6-OHMS excretion compared with those without cellular telephone use • Workers in the highest category of cell phone use (highest tertile of EMF exposure) + highest tertile of workplace EMF exposure (higher cell phone use) had lower mean nocturnal and overnight 6-OHMS/cr concentrations compared with higher cell phone use but low EMF exposure (no cell phone use)
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Single blind? Double blind? • Different exposure conditions! • Light conditions not adequately considered! • Work schedules not specified! • Urine samples not specified!

A.3.3 Source	Croft, R., J. Chandler, et al. (2002). "Acute mobile phone operation affects neural function in humans." <u>Clin Neurophysiol</u> 113(10): 1623-32.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Volunteers [n=24; males: n=16; females: n=8; age:19-48 years] • 20 right-handed
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 900 MHz, pulsed at 217 Hz, 0.577 μs pulse width, estimated average power 3-4 mW • 5 cm radial to the subject's scalp midway between Oz and Pz • Condition order counterbalanced across subjects; cross-over design • All conditions on one day; short break in between (to prepare Thaya questionnaire) • Single blind condition
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure • Resting EEG: 19 electrodes referenced to linked ears; EOG • Phase-locked neural responses to auditory stimuli • 3 min auditory discrimination task \rightarrow 2 min resting EEG (=5 min); this EEG protocol was repeated 4 times; this 20 min series of tasks were performed 3 times each in a different background condition (EMF, EMF_{ATT}, Control); after each 20 min block: Thaya activation-desactivation adjective check-list • Discrimination task: 90 70dB binaural tones, 50% 1100 Hz, 50% 1000 Hz; tone duration 60 ms; variable ISI; target frequency, response hand constant within subject and counterbalanced and randomly assigned between subjects; trial block
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Log-transformation of data (except accuracy) • Resting-EEG: EOG-correction; 5 frequency bands: 1-4 Hz, 4-8 Hz, 8-12 Hz, 12-30 Hz, 30-45 Hz; scalp regions: front-left (mean FP1, F3, F7); front midline (Fz); front right (mean FP2, F4, F8); center left (C3, T3); center mid-line (Cz); center right (C4, T4); posterior left (T5, P3, O1); posterior midline (Pz); posterior right (T6, P4, O2) • Discrimination Task: for each 3 min EOG-corrected; dependent measures for this task: peak percentage power change in the early-sensory phase-locked response (0-200 ms post stimulus) for each frequency bands • Behavioral measures: reaction and accuracy; percentage of total targets responded to and the mean time taken to respond to these targets • Orthogonal repeated-measures polynomial contrasts; non-parametric correlation • Thaya-Scale: 20 words for mood/ feelings \rightarrow 4-point Likert Scale
Results	<ul style="list-style-type: none"> • EMF decreased 1-4 Hz activity (right hemisphere sites) and increased 8-12 Hz activity (midline posterior sites) as a function of exposure duration • EMF altered early phase-locked neural responses, attenuating the normal response decrement over time in the 4-8 Hz band, decreasing the response in the 12-30 Hz band globally and as a function of time and increasing midline frontal and lateral posterior responses in the 30-45 Hz band
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • n-males \neq n-females! • Exposure conditions not sufficiently specified! • Data analyzed not balanced!

A.3.4 Source	Edelstyn, N. and A. Oldershaw (2002). "The acute effects of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention." <u>Neuroreport</u> 13(1): 119-21.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy right-handed psychology under-graduates [n=38; mean age: 21 years] • n=26 regular mobile phone users; sleep/alcohol/caffeine controlled • Randomly assigned to EMF group or sham group
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 900 MHz [SAR= 1.19/kg of exposed body tissue] • Subjects had to hold a mobile phone with their left hand to their left ear • 30 min exposure duration • Single-blind condition (?)
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Prior (=BL), 15 min after and 30 min after EMF exposure • Six neuropsychological tests lasting ~ 8 min assessing attentional capacity and processing speed (digit/spatial span for- and backwards, serial subtraction, verbal fluency)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Two-way repeated measures ANOVA
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Groups matched in terms of BL performance measures • Main effect for digit span forward, spatial span for- and backwards, serial subtraction subtest and verbal fluency subtest • Group*exposure duration interaction in digit span forward and serial subtraction test • 15 min main effect: digit span forward, spatial span back-wards
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • n=? males / females! • Gender differences in tests (males normally better in spatial tasks)? • No training? What about learning effect especially between BL testing and first testing after exposure? • Exposure conditions not sufficiently specified! • Abstract: effects evident after 5 min → result section: effects evident after 15 min! • No Correction for multiple comparisons!

A.3.5 Source	Hietanen, M., A. M. Hamalainen, et al. (2002). "Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: no causal link." <u>Bioelectromagnetics</u> 23(4): 264-70.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • "Sensitive" volunteers [n=20; n=7 males (mean age 47.1 years); n=13 females (mean age 50.6 years)] • 3 males / 7 females clinically diagnosed with an individual chronic illness • socioeconomic status was evenly distributed among self employed, administrative and manual workers (2-4 persons in each group)
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 3 different mobile phones: <ol style="list-style-type: none"> a. Analogue NMT phone (900MHz, 1W output power) b. Digital GSM phone (900 MHz, pulsed at 217 Hz, pulse width of 577µs, 2W peak power / 0.25W mean output power) c. Digital GSM phone (1800 MHz, pulsed at 217 Hz, pulse width of 577µs, 1W peak power / 0.125W mean output power) • A.: whip type antenna; B./C.: helix type antenna • Microphones removed from the phones • Cellular phone positioned on the right side of the head at a distance of 1-5cm from the ear; "dummy" phone on left ear; elimination of warmth + pressure sensations • Max. 30 min duration of test session; three or four sessions performed in random order for each subject during 1 day; sham exposure always 1st or 2nd session; break between the sessions at least 60 min • Double blind design
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Report of symptoms or sensations as soon as the subjects perceived abnormal feelings • Blood pressure, heart rate and breathing frequency monitored every 5 min (blood pressure and heart rate measured with automatic digital meter; breathing frequency checked visually) • After test series: follow up form to record any possible symptoms occurring during subsequent days
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Means and standard deviations for heart rates and blood pressures calculated; comparisons between the 1st and follow up values by repeated measures ANOVA • NMT vs. Sham • GSM vs. Sham
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Various symptoms reported, most of them appeared in head region (pain, warmth) • Number of different types of EHS symptoms reported by female subjects more than 20; less for men • Number of reported symptoms higher during sham exposure than during real exposure • None of the test persons could distinguish real RF exposure from sham exposure • Recorded heart rates and blood pressure values highest at the beginning of the very first tests for most subjects • Significant reduction trend observed for mean of systolic blood pressure • Recordings of systolic blood pressure were significantly higher during sham than NMT or GSM 1800 exposure; diastolic blood pressure values showed no evident trend • Heart rate recordings significantly higher during sham conditions only in comparison with GSM 900 exposure • Follow up survey: subjects experienced numerous symptoms during the few days after the test; symptoms were similar to the perceived sensations during the study
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • n-males ≠ n-females! Gender differences? Age difference? Probably already differences to "normal" subject prior to the study! • 3 or 4 conditions on one day → how many subjects which conditions in which order? Same number of subjects in every condition? • All conditions on one day → how to distinguish between the conditions? Cumulating of effects? • Sham "highest" effects (blood pressure etc) because always 1st / 2nd measurement → order effect? • Symptom list provided when asking for individual symptoms?

A.3.6 Source	Huber, R., V. Treyer, et al. (2002). "Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG." <u>J Sleep Res</u> 11(4): 289-95.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Two experiments: <ol style="list-style-type: none"> a. PET: healthy male right-handed subjects [n=16; age: 20-25 years]; data of three subjects excluded b. Sleep: healthy male right-handed subjects [n=16; age: 20-25 years] • Alcohol, caffeine, sleep-wake controlled
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • A. 900 MHz, modulation pulse sequence: 2, 8, 218, 1736 Hz [spatial peak SAR ~ 1 W/kg]; conditions scheduled in the morning • B. 900 MHz continuous wave EMF + PM EMF (modulation pulse sequence: 2, 8, 218, 1736 Hz) [spatial peak SAR ~ 1 W/kg] • Unilateral exposure through 2 planar antennas (right or left hemisphere) • Distance between antenna and ear: 11 cm; center of the antennas was 4.2 cm vertically above the ear canal • 30 min exposure time • Intervals between exposure at least 1 week • Randomized, double-blind, cross-over design
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • PET scans 10 min after EMF exposure; 3 scans at intervals of 10 min; subjects were instructed to slowly count silently from 0 to 60. • 8h night-time sleep 10 min after EMF exposure; each experimental night preceded by an adaptation night; EEG (C3A2, C4A1), EOG, EMG
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • A. Statistical analysis was performed with pooled scans (three scans per condition) on globally normalized data • B. Sleep stages visually scored for 20s epochs according standard criteria; visual and semi-automatic removal of artifacts power spectra of consecutive 20s epochs; band-pass filtering between 12 and 15 Hz
Results	<ul style="list-style-type: none"> • A. Pulse-modulated EMF increased rCBF in the dorsolateral prefrontal cortex of the left hemisphere • B. Pulse-modulated EMF enhanced EEG power in the alpha frequency range prior to sleep onset and in the spindle frequency range during stage 2 sleep

A.3.7 Source	Lass, J., V. Tuulik, et al. (2002). "Effects of 7 Hz-modulated 450 MHz electromagnetic radiation on human performance in visual memory tasks." <u>International Journal of Radiation Biology</u> 78(10): 937-44.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy students [n=100; n=63 males, n=37 females; mean age: 21.4 years] • Subjects randomly assigned to EMF group [n=31 males, n=19 females; mean age: 20.7 years] or sham group [n=32 males, n=18 females; mean age: 21.7 years]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 450 MHz, 100% amplitude modulated at frequency of 7 Hz; 50% duty cycle; output power 1 W; field power density at the cortex=0.158 mw/cm²; [SAR=0.351 W/kg/0.0095 W/kg] • Antenna located 10 cm from the skin of the right side of the head • 10-20 min exposure time (?) • Single blind condition
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure • Three computerized tasks measuring attention and short-term memory; order the same for all subjects; completion between 10-20 min • Task 1: measuring divided attention and short-term memory simultaneously (modified Trail-making test B); max of 8 min to complete the task; possibility to stop task before • Task 2: measuring visual short-term memory; 12 different items, list of 24 words, selection of the words referring to the items • Task 3: measuring attention (similar to Symbol Digit Modalities Test)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Task 1: Recording of number of errors and duration to complete the task; subjects who did not complete the task or made more than 50 errors: counted as failures • Task 2: Recording of number of correct and false selections • Task 3: Recording number of letters looked through, marked correctly/ incorrectly, missed combinations; from those parameters: calculation of error rate, processing speed • Task 1: data of 67 subjects included [31 exposed (22 males, 9 females), 36 sham-exposed (21 males, 15 females)] • Task 2 + 3: data of all subjects included [n=100] • Statistics: Kolmogorov-Smirnov test for conformity of normal distribution • Square root transformation for not normally distributed data • F-Test for variance; two-tailed Student`s t-test; Welch approximation of t-test; Chi-Square t-test
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Task 1 + 3: significant increase in variances of errors in the EMF exposed group • Task 2: significant decrease in errors in the EMF exposed group
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Task 1: subjects were able to stop the task if they had the feeling they could not make it in between 8 min → pre-assigned data loss → no order effect tested! • Exact exposure time? • Results: abstract states significant increase in variances of errors in task 1 → not stated in result section!

A.3.8 Source	Ozturan, O., T. Erdem, et al. (2002). "Effects of the electromagnetic field of mobile telephones on hearing." Acta Otolaryngol 122(3): 289-93.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy right-handed adults with normal hearing [n=30; n=17 males; n=13 females; age 19-36 years] • Controlled for tinnitus, middle ear pathology or a history of noise exposure (otoscopic examinations) • Criteria for normal hearing: pure-tone threshold 20 dB hearing limit or better for the octave (250-8,000 Hz) and inter-octave frequencies (1,500; 3,000; 6,000 Hz) • Study conducted on three different dates; calibration prior to each test session
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • ~900 MHz [SAR~0.02 –2.0 W/kg (not tested)] • Exposure of right ear only
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • After exposure • Measuring human hearing as determined by changes in evoked otoacoustic emissions (OAEs, 2-2.5 min each)); two types: transiently evoked (TE) and distortion product (DP) OAEs • Four evoked OAE test sessions were separately conducted for each subject: <ol style="list-style-type: none"> 1. BL1 → 10 min break 2. BL2 (retest reliab.) → 10 min exposure 3. Measurement → 10 min break 4. Measurement • TEOAEs obtained with stimuli consisting of clicks of 80 µs duration; stimulus level in outer ear 80 ±3 dB peak equivalent sound pressure level; click rate 50/s (see text!, p.290) • DPOAEs determined as Dpgrams (intensity levels of primary tones held constant; DPOAE data recorded for different frequency regions (1-6.3 kHz) (see text!, p.290)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Power 80% (beta 0.2; alpha 0.05) • Kolmogorov-Smirnov test to prove normal distribution • Paired Student's t-test
Results	<ul style="list-style-type: none"> • No statistically significant difference between the two BL sessions • No statistically significant difference in the mean amplitudes of the evoked OAEs between the second (before exposure) and third (after exposure) measurement
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • n-males ≠ n-females. • Specification of exposure conditions needed! • No sham or control condition! • No blinding!

ANIMAL STUDIES

A.3.9 Source	Beason, R. C. and P. Semm (2002). "Responses of neurons to an amplitude modulated microwave stimulus." <u>Neurosci Lett 333(3): 175-8.</u>
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Adult zebra finches [n=34] • Anaesthetized with a mixture of ketamine and xylazine; mounted in a non-conducting plastic holder • Recordings: <ol style="list-style-type: none"> a. of 133 spontaneously active units in the cerebrum and anterior cerebellum b. of three cells that responded to the modulated carrier frequency c. of four cells that did not respond to the peak power density of 0.1 mW/cm²
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • Emitting and demodulator stub (to monitor emitted signals) • Birds holder placed inside a tuned RF cavity made of perforated metal with the bird's head at the center of the cavity (exactly 1 λ from the emitting and the demodulating stub) • EMF off, EMF on, EMF off (10 min each; computer controlled) • Exposure: <ol style="list-style-type: none"> a. 900 MHz, pulsed at 217 Hz; duty cycle 12.5%, peak power density 0.1 mW/cm²; [SAR=0.05 W/kg] b. Same conditions but unmodulated EMF at two densities: peak power of modulated stimulus + average power of modulated stimulus c. Same conditions but higher peak power density (up to 0.5 mW/cm²)
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Before, during and after exposure • Once a spontaneously active cell was located, it was tested with the stimulus • All testing procedures: 10 min pre-stimulus period, 10 min stimulus period, 10 min. post-stimulus period
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Comparison of the rates of the cell's activity during the three time intervals • Responding cell = cell that changed its firing rate during the stimulation by at least 10% • Kruskal-Wallis-Test • Non-parametric multiple comparison
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Condition A.: <ol style="list-style-type: none"> a. 91 units (69%) showed a response to the stimulation b. 69 (52%) responded with excitation (mean rate during stimulation = 3.5 ± 0.3 SE times pre-stimulus rate) c. 22 (17%) responded with inhibition (mean rate during stimulation = 0.4 ± 0.07 SE times pre-stimulus rate) d. 42 (31%) showed no response e. significant difference among the firing rates of the three responses and the pre-stimulus firing rate f. Firing rates in the three response categories differed from significantly from each other • Condition B.: None of the cells exhibited a response to the unmodulated carrier • Condition C.: One cell responded to an intensity of 0.3 mW/cm² with depression of its rate activity
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Possible interaction of EMF and anesthesia! • Region specificity? Cell specificity? • Blinding not specified!

A.3.10 Source	Dubreuil, D., T. Jay, et al. (2002). "Does head-only exposure to GSM-900 electromagnetic fields affect the performance of rats in spatial learning tasks?" <u>Behav Brain Res 129(1-2): 203-10.</u>
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Male Sprague Dawley rats (n=96; n=48 for each experiment) • Two sets of 24 rats successively run under the same experimental conditions • Testing during light-phase • During first eight days caged together, then in individual cages and food-deprived to 85% of their free-feeding weight • Four groups: <ol style="list-style-type: none"> 1. EMF exposure 1 W/kg 2. EMF exposure 3.5 W/kg 3. Sham exposure (immobilization) 4. Cage-controls
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 900 MHz, pulsed at 217 Hz [SAR 1; 3 W/kg] • Head-only exposure system allowing simultaneous exposure of four animals; restrained exposure (adaptation from day 6 of arrival for 7 days) • Animals randomly assigned to one of the four treatment groups; group assignments identical in the two sets of 24 rats → counterbalanced between morning and afternoon • 45 min exposure time
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Immediately after exposure; exposure and behavioral tests in two different rooms • Eight-arm radial maze elimination task (training for 10 days); pre-training; training (rats had to learn to visit each arm of the maze only once per training session; one training session per day with one trial) • Spatial navigation task in an open-field arena (dry-land version of Morris Water maze; training 14 days); pre-training; training (rats had to learn to locate and open a box among 12 others from different starting locations; 14 days, on each day four successive trials)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Eight-arm radial maze elimination task: performance was evaluated by the number of errors and the rank of the first error • Spatial navigation task: performance was evaluated by the number of hits, the number of errors and the latency to open the goal box • Kolmogoroff-Smirnoff test (checking for normal distribution) • Repeated-measures ANOVA • Kruskal-Wallis Test
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Radial arm maze: for all groups significant decrease of number of errors over the 10 training sessions; significant increase of the rank of the first error; no statistical differences in terms of learning performance in any group • Navigation task: for all groups significant increase of number of hits and decrease of errors and latencies over the 14 training sessions; Day*trial interaction
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • How much time exactly between exposure and testing? • Why testing during light-phase? • Blinding not specified!

Tabelle A.4.1-4.12: Übersicht über die Originalarbeiten zu den Auswirkungen von Mobilfunkfeldern auf ZNS und Schlaf, die im Jahre 2003 publiziert wurden.
HUMAN STUDIES

A.4.1 Source	Arai, N., H. Enomoto, et al. (2003). "Thirty minutes mobile phone use has no short-term adverse effects on central auditory pathways." <u>Clinical Neurophysiology</u> 114(8): 1390-4.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Normal hearing volunteers [n=15; n=5 males and n=10 females; age 26-50 years] • For each subject: 3 experiments: recording of ABR, ABR to paired stimuli or MLR before and after exposure • Experiments counterbalanced among subjects; separated by at least one week
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 800 MHz, 0.8 W net forward power • Handset oriented in the normal position for use over the right ear and the microphone oriented towards the corner of the mouth; the antenna was located ~4cm from the head; subject held the handset as in real life situation • 30 min exposure time
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Immediately before and after exposure • Measuring the auditory brainstem response (ABR), the ABR recovery function and middle latency response (MLR); stimulus always presented to right ear • <u>ABR</u>: recording with two surface cup electrodes (right earlobe, Cz); high and low pass filters (100 and 3000Hz); 80 dB click sound at a rate of 5 Hz; recording twice to ascertain reproducibility • <u>ABR-R</u>: electrodes and filters like ABR; two successive 80 dB click sounds; paired stimulation technique [(S1, S2) with variable ISI; 3Hz repetition rate; either alone (S1) or combined S1/S2] • <u>MLR</u>: electrodes like in ABR; high and low pass filters (0.5 and 300 Hz); 80 dB click sound at a rate of 1 Hz
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • <u>ABR</u>: latencies and amplitudes of waves I, III and V measured in each single response; mean values of these parameters under to two matching recording conditions used for statistical analysis; paired Student's t-test • <u>ABR-R</u>: comparison of amplitudes of waves I and V of ABR-1 and -2; ABR evoked by S2 was obtained by subtracting the ABR evoked by S1 alone from that elicited by the paired stimuli; plotting the relative amplitude ratio of ABR2 to that of ABR1 against the ISI; two-factor ANOVA • <u>MLR</u>: latencies and amplitudes od Na Pa and Pb measured for individual subject's responses; paired Student's t-test
Results	<ul style="list-style-type: none"> • <u>ABR</u>: no significant differences in any parameter • <u>ABR-R</u>: significant effect of ISI • <u>MLR</u>: no significant differences between the recordings
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • No control condition! • Specification of exposure conditions not sufficient! • ABR-measurement: filter sessions incorrect! • Sufficient statistical power?

A.4.2 Source	Haarala, C., S. Aalto, et al. (2003a). "Effects of a 902 MHz mobile phone on cerebral blood flow in humans: A PET study." <u>Neuroreport</u> 14(16): 2019-23.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy right-handed male subjects [n=14; (n=12 for PET data analysis; n=10 for reaction times + accuracy analysis); age 21-35 years] • Not allowed to use their mobile phone for 24h prior to the experiment; no caffeine/ nicotine on the day of the experiment • Even after removal of loudspeaker: acoustic signal from the phone that was 19.3 dB higher in the EMF condition when compared to the off condition at a frequency of 16 kHz (lower the hearing threshold) → pilot experiment [n=10] showed detection of EMF exposure condition not above chance • Another pilot study [n=4] to rule out any thermal cues
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 902 MHz, pulsed at a frequency of 217 Hz, 577 μs pulse width, 0.25 W mean power [SAR 0.993 W/kg, peak value 2 W/kg]; PET scanner increased SAR intensity by ~22% • GSM phone, mounted to head; site of the removed loudspeaker directly over left auditory canal; phone placed between subject's head and the head rest of the PET scanner and fastened to the head rest to prevent any movement antenna approximately 17mm from the surface of the skull over the left inferior temporal lobe • Two conditions: EMF, sham; counterbalanced across subjects • ~45min exposure time • Double blind design
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • PET scans + SRT + N-Back task (0-3 items) during EMF/ sham exposure • PET scans: whole-body PET scanner; each subject underwent 10 scans: BL (SRT), N-Back-Task (0-, 1-, 2-, 3-back; memory load conditions according to a balanced latin square design)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • PET: Realignment (motion correction) of each subject's image series; estimation of normalization parameters for each subject from the mean image using a default algorithm and a [¹⁵O]water PET template; smoothing of images; subtraction analysis; quantitative rCBF images calculated using arterial tracer activity data; repeated measures ANOVA • SRT, N-Back-Task: multivariate ANOVA
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Relative decrease in regional cerebral blood flow bilaterally in the auditory cortex (Brodmann Area 41) • No rCBF changes in the area of maximum EMF • No EMF*memory interaction • No effects on reaction times and accuracy
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • No training of cognitive tasks to minimize learning effects! • Carryover effects of exposure possible! • Data analysis of cognitive tasks (reaction times, accuracy) not specified! • No "conscious" hearing necessary to have activation of neurons → acoustic effect!

A.4.3 Source	Haarala, C., L. Bjornberg, et al. (2003b). "Effect of a 902 MHz electromagnetic field emitted by mobile phones on human cognitive function: A replication study." <u>Bioelectromagnetics</u> 24(4): 283-8.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy right-handed native speaking subjects [n=64] • Two independent laboratories [Finland: n=32; n=16 males, n=16 females, age 20-42 years] [Sweden: n=32; n=16 males, n=16 females; age 20-42 years]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 902 MHz, pulsed at a frequency of 217 Hz, 577 μs pulse width, 0.25 W mean power [SAR 0.88 W/kg, peak value 1.2 W/kg] • GSM phone, mounted to head; earphone over left auditory canal; antenna approximately 4 cm from the surface of the skull over the posterior part of the left hemisphere • Order of exposure and tasks counterbalanced across subjects and gender (Latin Square Design) • Two conditions: EMF, sham separated by 24 \pm1h • Mean exposure duration: 65 min • Double blind design • EMF induced increase temperature not detectable
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure • Battery of 9 different tasks ("CogniSpeed Reaction Time Software"): SRT, 2/10-CRT, Sub, Ver, Vig + 3 additional attention tasks (modified forms of Stroop tasks (Con, Ini1, Ini2)) • All tasks consisted of 40 trials; Training of tasks • Recording of reaction times and accuracy
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Reaction times: in each task: trials with response times over or under two Std from each subject's mean for that particular task screened out; only correct responses included • MANOVA • Pairwise repeated measures ANOVAs on each individual task • Accuracy: non-parametric Mann-Whitney-U-Test; Wilcoxon signed rank test
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Swedish subjects significantly older the Finnish subjects • No significant differences in performance between genders or laboratories (reaction times and accuracy/errors)

A.4.4 Source	Huber, R., J. Schuderer, et al. (2003). "Radio frequency electromagnetic field exposure in humans: Estimation of SAR distribution in the brain, effects on sleep and heart rate." <i>Bioelectromagnetics</i> 24(4): 262-76.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Extended analysis of two previous studies <ul style="list-style-type: none"> A. <u>Experiment 1</u>: Borbély et al., 1999 B. <u>Experiment 2</u>: Huber et al., 2000
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • [see papers!]
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Dosimetry based on a human head model derived from the data set of the head of a healthy female subject (age 40 years) • Effect of electrode leads on absorption and reflections: conducted with volunteers, the homogeneous twin phantom and a homogeneous whole body phantom
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dosimetry</i>: consisting of 121 MRI images with a slice separation of 1mm in the ear region and 3 mm for the rest of the head; parameters included: effect of electrodes, probe calibration, dielectric parameters, numerical model and discretization variation (assessed by comparing voxel sizes of 0.5, 1, and 3 mm³) • <i>Effect of electrodes</i>: analyzed in two ways: <ul style="list-style-type: none"> A. Electrodes fixed on the outside of the phantom shell and the SAR was measured inside tissue liquid B. Electrodes taped along the inside of the phantom shell filled with head tissue simulating liquid (tip of electrode in direct contact to liquid) • Sleep stages and EEG analysis: see papers! • <i>Movement during sleep</i>: visually scored using time lapse video recordings of 20s epochs that were synchronized with sleep stages; discrimination of head, body, and arm movements • <i>Heart rate</i>: matching of 20s epochs with vigilance states; comparison of average values over specific time intervals; frequency resolution scaled according to the duration of the mean RR interval; RR intervals of 200ms or less were excluded; assessment of heart rate variability by spectral analysis of RR interval tachograms • <i>Assignment of conditions</i>: questionnaires • Repeated measures ANOVAs; post hoc two-tailed paired t-tests
Results	<ul style="list-style-type: none"> • ESTIMATED TISSUE SAR VALUES <ul style="list-style-type: none"> A. <u>Experiment 1</u>: Untilted head position: exposure symmetrical for all tissues; ratio between left and right hemispheres varies between 1.5-2 for the 45° tilted position (representing the worst case asymmetrical configuration) Main parameters for variations in the exposure: changes in posture, changes of electrode orientation relative to the incident field, different head sizes, amplifier drifts B. <u>Experiment 2</u>: SAR distributions in the exposed head side comparable to those of experiment 1; strong asymmetrical exposure achieved • FIELD MAPPING <ul style="list-style-type: none"> A. <u>Experiment 1</u>: Local variations of SAR in the order of 40% B. <u>Experiment 2</u>: Electrodes outside of the phantom shell: resulted in a reduction of 8 and 9% for the 1g and 10g spatial peak SAR values, respectively; electrodes inside of the phantom shell: resulted in 35% higher 1g but only 1% higher 10g spatial peak SAR values • SLEEP STAGES <ul style="list-style-type: none"> A. <u>Experiment 1</u>: Difference in WASO (EMF vs. sham) due to a decrease in the main duration of episodes of WASO B. <u>Experiment 2</u>: No differences • SLEEP EEG <ul style="list-style-type: none"> A. <u>Experiment 1</u>: Increase in nREM sleep EEG power in the 11.5-12.25/13.5-14Hz frequency bands during first 30 min after light off; similar in all derivations B. <u>Experiment 2</u>: Increase in nREM sleep EEG power, similar in all derivations but more pronounced in the left hemisphere for the 12.5-13.25/ 9-13.5 Hz bands irrespective of exposure side • WAKING EEG <ul style="list-style-type: none"> A. <u>Experiment 1</u>: EMF increased power in the 11-11.5 Hz range B. <u>Experiment 2</u>: EMF reduced power in the 10.5-11/18.75-19.5 Hz frequency range • BODY POSTURE <ul style="list-style-type: none"> A. <u>Experiment 1</u>: Under EMF subject significantly placed one/both arms longer above their heads • HEART RATE (+ VARIABILITY) <ul style="list-style-type: none"> A. <u>Experiment 1</u>: no effect on heart rate; decrease of power in 0.10-0.11 Hz range for the interval between lights off and sleep onset [n=8] B. <u>Experiment 2</u>: heart rate in waking and stage 1 of entire sleep episode reduced after exposure of left + right hemisphere and before sleep onset after right hemisphere exposure; increase of power in 0.18-0.22 Hz frequency range in the 3h sleep episode • ASSIGNMENT <ul style="list-style-type: none"> B. <u>Experiment 2</u>: not above chance level

A.4.5 Source	Kramarenko, A. V. and U. Tan (2003). "Effects of high-frequency electromagnetic fields on human EEG: A brain mapping study." <u>International Journal of Neuroscience</u> 113(7): 1007-1019.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy young males [n= 10]; healthy children [n=10; age=12]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 900 MHz, frame frequency of 217 Hz
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Before and during EMF exposure • EEG: 16 electrodes, common reference (sum of all electrodes) • Subjects: awake, eyes open during recordings, sitting on an arm chair within a sound isolated room
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • EEG subjected to spectral analysis including multiple mapping of amplitude characteristics and spectra of selected ranges
Results	<ul style="list-style-type: none"> • After 10-15 sec, no visible change; then the spectrum median frequency increased in areas close to antenna (maximum EMF strength) • After 20-40 sec, SWA (2.5-6 Hz) appeared in the same areas (frontal areas activated bilaterally, temporal areas activated contralaterally); as the slow waves appeared, the median frequency decreased; SWA lasted for about 1 sec repeated every 15-20 sec at the same recording electrodes • Turning off EMF exposure: SWA progressively disappeared; local changes (increased median frequency) decreased and disappeared after 15-20 min. • Effect on the EEG more pronounced in children (SWA earlier (10-15 sec after turning on the phone) higher amplitudes, lower frequency (1-2.5 Hz), lasting longer (2-3 sec) + occurring more frequently
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Young males → what is young? Children: all 12 years old? Mean age 12? Boys? Girls? • Specification of exposure conditions not sufficient! Exposure duration? Time of day? • Single blind? Double blind? • EOG? EMG? What about artifact detection? • No statistics at all! • Abstract and result section do not provide the same information! • Whole paper insufficient from methodological and scientific point of view!

A.4.6 Source	Lee, T. M. C., P. K. Lam, et al. (2003). "The effect of the duration of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention." <u>Neuroreport</u> 14(10): 1361-1364.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Native Cantonese speaking healthy right-handed Chinese undergraduate students [n=78; mean age 19.78 years (EG) / 19.79 years (KG)] • Subjects randomly assigned to experimental or control group; matched for educational level, age, gender and total phone use
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 1900 MHz [Nokia 3210] • Mobile phone mounted to the subject's head during both test sessions in normal position; earphone over the right ear • Auditory cues minimized • ~60 min exposure time • Single blind design
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Trial 1: 25 min testing session (EMF on in EG, EMF off in KG) • 2 min break • Trial 2: testing session as in trial 1 (EMF off in both groups) • TMT A+B; Sustained Attention to Response Task (SART) • Two repeated measurements
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Mean reaction times (+ Std) and the number of correct responses • 2-way repeated measures ANOVA
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Reaction times decreased on the SART in trial 2 in both groups • Significant Group* reaction time (SART) • Performance in TMTA and TMTB significantly better in trial 2
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • n=? males / females! • Specification of exposure conditions not sufficient! • Only ~2min between on and off condition → confounding factor! • No Training of cognitive tasks → results: normal learning effects? No data on accuracy provided!

A.4.7 Source	Smythe, J. W. and B. Costall (2003). "Mobile phone use facilitates memory in male, but not female, subjects." <u>Neuroreport</u> 14(2): 243-6.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy right-handed university under-graduate students [n= 62; n=33 males, n=29 females; age 18-53] • Subjects randomly assigned to three test conditions: active phone (EMF), inactive phone (sham), no phone (control)
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 1800 MHz [SAR 0.79 W/kg] [Ericsson A2618S] • Telephone held on the left ear • 15 min exposure time (acquisition period + distraction time) • Single blind design
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During acquisition period and distraction time • Word recall task: two phases of testing protocol: acquisition and short term recall, retention and long-term recall • Short + long term memory with spatial component; series of 12 words, structured in a two-dimensional shape; 3 min to memorize words; 12 min distraction task (read from newspapers); draw the shape (spatial) and place the correct words (semantic) into the appropriate boxes (3 min) • 7-8 days later: subjects had to redraw the shape and words (3 min)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Determination of error scores (semantic errors; spatial errors) • Kruskal-Wallis-Tests, Mann-Whitney-U-Tests
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Semantic errors: males and females: no significant effects • Spatial errors: males: active phone group significantly fewer errors in acquisition period than inactive phone group; females: no significant effects
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • n-males ≠ n-females! • Specification of EMF condition not sufficient! • Different group sizes in males and females (see p. 244) → influence on statistics? • Worst performance in no phone condition → left out for further analysis!

ANIMAL STUDIES

A.4.8 Source	Anane, R., M. Geffard, et al. (2003). "Effects of GSM-900 microwaves on the experimental allergic encephalomyelitis (EAE) rat model of multiple sclerosis." <u>Bioelectromagnetics</u> 24(3): 211-213.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Female Lewis rats [n=64; age 7 weeks] • Experiment A.: no habituation to restrainers [n=32] • Experiment B.: habituation for 2h per day over 7 days to restrainers [n=24 out of 32; 8 remaining rats = cage controls] • 4 groups in each experiment: <ol style="list-style-type: none"> 1. EMF (1.5 W/kg) [n=8] 2. EMF (6.0 W/kg) [n=8] 3. Sham [n=8] 4. Cage controls [n=8]
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • Exposure of rats' heads • 900 MHz, 217 Hz pulse modulation • loop antenna exposure system; 2 parallel lines on printed circuit board, ending in an rectangular loop (3*1cm); antenna fed in the middle; setup powered by a 10 W 900 MHz GSM generator, coupled to a 50 Hz broadband amplifier • Local SAR 1.5 W/kg and 6.0 W/kg • Exposure daily, 2h/day for 21 days, starting on the day of induction
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Experimental allergic encephalomyelitis (EAE) induced with a mixture of myelin basic protein and Mycobacterium tuberculosis
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Clinical scoring: 3 days after subcutaneous injection, clinical disease scored daily • Disease scores and body weights: Friedman test (non parametric repeated measures ANOVA)
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Experiment A.: No effect of 21 day exposure on onset, duration, and termination of EAE crisis; sham exposed and 6.0 W/kg groups exhibited less impairment than cage control group ($p < 0.001$, $p < 0.01$); comparison sham/EMF showed statistically significant increase in amplitude of the crisis at 1.5 W/kg ($p < 0.05$) but not at 6.0 W/kg • Experiment B.: No effect of 21 day exposure on onset, duration, and termination of EAE crisis; cage control rats exhibited more impairment than all other groups ($p < 0.001$)
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Blinding not specified!

A.4.9 Source	Bakos, J., G. Kubinyi, et al. (2003). "GSM modulated radiofrequency radiation does not affect 6- sulfatoxymelatonin excretion of rats." <u>Bioelectromagnetics</u> 24(8): 531-534.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Adult male Wistar rats [n=72; 10-14 weeks old] • Six independent experiments [n=12 per group]; in each one rats randomly divided into two groups (6 exposed, 6 sham exposed)
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • Three experiments with 900 MHz; pulsed at a frequency of 218 Hz; power density 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ [SAR= 0.009-0.012 W/kg] • Three experiments with 1800 MHz; pulsed at a frequency of 218 Hz; power density 20 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ [SAR= 0.022-0.045 W/kg] • Exposures performed in a gigahertz transverse electromagnetic mode (GTEM) cell • 2h exposure/sham exposure time (8:00-10:00, 10:00-12:00 am) during a 14 day exposure period on odd or even days respectively
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Collection of urinary 6-sulfatoxymelatonin (6SM) on even or odd days between 12:00 and 8:00 am; during collection rats individually in six metabolic cages
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Urinary 6SM concentration measured by radioimmunoassay; amount referred to creatinine • Two-factor ANOVA with repeated measures
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Results of three experiments were combined for each frequency • Significant increase of 6SM excretion between first and second samples in both groups
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Field strength too low to induce an effect? • Blinding not specified!

A.4.10 Source	Dubreuil, D., T. Jay, et al. (2003). "Head-only exposure to GSM 900-MHz electromagnetic fields does not alter rat's memory in spatial and non-spatial tasks." Behavioural Brain Research 145(1-2): 51-61.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Naïve male Sprague-Dawley rats [n=136 (?)] (n=48 for experiment 1 + 3, n=40 for experiment 2)] • Testing during light phase • During first 7 days caged together, then in individual cages • Three experiments all including four groups: <ol style="list-style-type: none"> 1. EMF exposure 1 W/kg 2. EMF exposure 3.5 W/kg 3. Sham exposure (immobilization) 4. Cage control → groups counterbalanced between morning and afternoon • Rats testes in spatial memory: food-deprived to 85% of their free-feeding weight
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • Head-only exposure system allowing simultaneous exposure of four animals (restrained exposure (adaptation from day 6 of arrival for 7 days (spatial memory task) or for 10 days (non-spatial memory task)) • 900 MHz, pulsed at 217 Hz, 1/8 duty factor [whole brain SAR 1 W/kg and 3.5 W/kg] • Exposure and tests in different rooms • Exposure time 45 min (?)
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Immediately after exposure • <u>Experiment 1</u>: Radial-arm maze with 10s confinement between each visited arm [n= 48, n=12 in each group]; familiarization during last 3 days of adaptation to restrained conditions; one trial per daily training session; training lasting 12 days • <u>Experiment 2</u>: Radial-arm maze with 5s confinement and a 15-min intra-trial delay after four visited arms [n=40, n=10 in each group]; training consisting of two phases: <ol style="list-style-type: none"> A. Rats trained for 8 days in the same conditions as in experiment 1 B. Daily trial made of two parts separated by an intra-trial delay of 15 min lasting for 7 days • <u>Experiment 3</u>: Object recognition task [n=48]; not really a learning task but based on spontaneous exploring behavior; sample phase and test phase; rats habituated to apparatus during last 2 days of adaptation to restrained conditions; testing starting the day following the 2nd habituation day; two test-sessions, 48h apart; each session divided into a sample phase and a test phase, separated by a 15- or a 60-min delay; 2nd test session: each rat tested either with a 15- or 60-min delay, depending on which delay it had been tested before; 45 min exposure time either before the sample phase (in 15-min delay procedure) or between the sample and the test phase (in the 60-min procedure)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Experiment 1</u>: Performance evaluated by the number of errors and the rank of the first error; Kolmogoroff-Smirnov Test to test for normal distribution; 2-way repeated measures ANOVA; Scheffé test for post hoc analysis • <u>Experiment 2</u>: Dropout of 4 rats → n=9 rats per group for analysis; performance evaluated by the number of errors and the rank of the first error; two types of errors in phase B: immediate working memory (IWM) error and short-term memory (STM) error; Kolmogoroff-Smirnov Test to test for normal distribution; 2-way repeated measures ANOVA • <u>Experiment 3</u>: Recording of total exploration times of the two objects in sample and test phase; repeated measures ANOVA; Fischer test for post hoc analysis; Correlation
Results	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Experiment 1</u>: On average the number of errors significantly decreased, the rank of the first error increased; significant group effect for error numbers and rank of the first error; 3.5 W/kg and sham-rats did not differ from control rats • <u>Experiment 2</u>: Phase A: significant day effect for the error number and for the rank of the first error; Phase B (part 2): significant day effect for IWM errors, STM errors and for the rank of the first error; significant group effect for the rank of the first error; 1W/kg and sham rats differed from control rats • <u>Experiment 3</u>: 15-min delay condition: significant object effect; 60-min delay condition: significant object effect; treatment effect
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • n=? (not clearly stated) (same or different animals for the three experiments?) • Exposure time 45 min (not clearly stated!)? • Why testing during light phase? • Blinding not specified!

A.4.11 Source	Marino, A. A., E. Nilsen, et al. (2003). "Nonlinear changes in brain electrical activity due to cell phone radiation." <u>Bioelectromagnetics</u> 24(5): 339-46.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Male [n=5] and female [n=5] New Zealand rabbits • Rabbit restrained in an acrylic box during the experiment mounted in a wooden box
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 824-849 MHz; maxi. Radiated power 600 mW (standard phone) • Two antennas: <ol style="list-style-type: none"> 1. Placed horizontally along the rabbit's midline, 1cm above its head (head antenna) 2. Placed in 3m distance (distant antenna); the switching occurred instantaneously (<1µs) • In each rabbit: EMF, sham, control on the same day • 5 min exposure time • Controlled for passive electrical interaction with the electrodes
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • During exposure • Rabbit placed in the wooden box → EMF for 5 min; a trial consisted in the application of the field to the rabbit for 2sec (E epoch) followed by a field free period of 5 sec produced by switching the transmission path of the signal to the distant antenna; minimum of 60 trials; in separate sessions, the experiments were repeated using light as the stimulus; some experiments performed with the head antenna repositioned parallel to one side of the rabbit, 1cm from the thoracic region • Voltage from the last 2 sec of each trial used as the control (C epoch) for the corresponding E epoch; voltage from the 2 sec preceding the C epoch defined as sham (S epoch) • EEG recording over the occipital region (under easily palpable suture of the parietal and inter-parietal cranial bones; indifferent and group electrodes 2.5cm and 5cm rostral)
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Trying to find any structure that might exist in the EEG, not simply linear structure • Trials with movement artifacts: visually inspected, removed from the recorded voltage; artifact-free trials sent through a series of filters (for specification see text) • In each statistical test: first 5 trials discarded, next 50 artifact-free trials used in the analysis • Recurrence plot for each E, C and S epoch in each trial; %R= % recurrence; %D=% determinism • Different epochs and frequency and phase space filters: Wilcoxon signed rank test to evaluate E versus C and S versus CS in one rabbit; epoch and filter parameters that yielded the lowest P's for E versus C when p>0.05 for S versus C the applied prospectively to evaluate the effect on %R and %D in the remaining nine rabbits
Results	<ul style="list-style-type: none"> • Significant difference of %R and %D between the E and C epochs when the frequency filter was set to remove 3, 4, and 8-12 Hz, the EEG window was 300 ms, centered at 250 ms from the beginning of the epoch, and only 85% of the attractor volume was included in the calculation of the recurrence plot • Conditions applied to rabbit 1: %D in E segments differed from controls but not from sham; except rabbit 9: reduction of amount of determinism in the EEG; each of the experiments replicated; no false positive results • Light as a stimulus: robust consistent increase in %D in every experiment, using a window of 250 ms centered at 175 ms; no false positive results • Head antenna relocated over the thoracic region: no effect on brain activity
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Not stress controlled! • No control group for restrained condition; no adaptation! • Blinding not specified! • Order effect (→ no randomization of conditions)? • Combination of near- and far-field: how to distinguish the effects?

A.4.12 Source	Yamaguchi, H., G. Tsurita, et al. (2003). "1439 MHz pulsed TDMA fields affect performance of rats in a T-maze task only when body temperature is elevated." <u>Bioelectromagnetics</u> 24(4): 223-30.
Materials & Methods	<ul style="list-style-type: none"> • Male Sprague-Dawley rats [n=168] • Before the T-maze tests, rats received one daily feeding of five pieces of 3g food pellets for four weeks to reduce their ad lib body weight by 75-80% • 4-days experiment: four groups (EMF exposure A + B, sham, cage control) • 4-weeks experiment: three groups (EMF exposure A, sham, cage control)
Exposure conditions	<ul style="list-style-type: none"> • 1439 MHz, pulsed near TDMA signal; burst trains of pulses at 50 Hz, 1/3 duty ratio, 6.7 ms pulse width; carousel type exposure system • <u>4 days Experiment:</u> <ol style="list-style-type: none"> a. EMF 7.5 group: 1h exposure time daily for four days [brain average SAR 7.5 W/kg (peak SAR 11 W/kg); whole average body SAR 1.7 W/kg (peak SAR 32 W/kg)]; time averaged antenna radiation power at 7.5 W b. EMF 25 group: 45 min exposure time daily for four days [brain average SAR 25 W/kg (peak SAR 39 W/kg); whole average body SAR 5.7 W/kg (peak SAR 110 W/kg)]; time averaged antenna radiation power at 25 W c. Sham d. Cage control • <u>4 weeks Experiment:</u> <ol style="list-style-type: none"> a. EMF 7.5 group 1h exposure time daily for five consecutive days, followed by 2 days rest; after three cycles: rats performed reversal tasks for 4 days immediately after exposure for 1h daily [brain average SAR 7.5 W/kg (peak SAR 11 W/kg); whole average body SAR 1.7 W/kg (peak SAR 32 W/kg)]; time averaged antenna radiation power at 7.5 W b. Sham; after three cycles (see group A.): rats performed reversal tasks for 4 days immediately after exposure for 1h daily c. Cage control
Test procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Immediately after EMF exposure or sham on each day in a four day training period • Two behavioral tasks in a T-maze: spatial discrimination task (training, food rewarded); reversal task (test session, food rewarded) • Rats habituated to and trained in the T-maze before being tested for reversal learning (first in groups, then alone) • After habituation: individual rats ran 16 trials per day in a 4 day training period; rats were trained in a set of four, with each rat running one trial in turn; 16 trials divided in two subsets (first eight and second eight trials) • Measurement of intraperitoneal temperature
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • 4 day and 4 week exposure experiments: mean number of correct choices per subset (1st and 2nd half of daily trials) of each rat; analyzed by 2-way, mixed repeated ANOVA • Differences between groups by Newman-Keul's post hoc test • Separate analyses for training sessions (day 1-4; 8-11; 30-32) • Temperature average of each rat analyzed by 1-way repeated ANOVA for each group
Results	<ul style="list-style-type: none"> • <u>4 day Experiment:</u> Training period: significant day effect; no T-maze performance impairments; Testing period: EMF 25 group: significant day effect; significant group effect (post hoc: group performed significantly worse than other three groups) • <u>4 week Experiment:</u> Training period: significant day effect; Testing period: significant day effect • Temperature: significant rise (2°C) in body temperature in EMF 25 group during minutes of exposure
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • n=168 → how animals distributed on experiments? • All training and tests in same circadian period? • Blinding not specified! • Some rats anaesthetized → possible interaction with EMF! • Before temperature probe → influence on temperature measurements due to medication and not to EMF? • Temperature rise of 2°C → thermal effect!