

Befindlichkeitsstörungen

Gutachter:

Dr. Heike Seitz
Dr. Doris Stinner
Prof. Dr. Thomas Eikmann
Universitätsklinikum Gießen
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Hygiene und Umweltmedizin
Friedrichstraße 16
35392 Gießen

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung des Gutachtens	F-5
2	Auswahl der berücksichtigten Studien	F-10
3	Darstellung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes	F-13
4	Gesamtbewertung der Evidenzlage für das Themenfeld Befindlichkeitsstörungen	F-28
5	Literatur	F-31
6	Anhang Tabelle 3: Zusammenfassung und Bewertung der ausgewählten Literatur	F-34

1 Zielsetzung des Gutachtens

Seit der Einführung der digitalen Telekommunikation Anfang der 1990er Jahre ist die Anzahl der Nutzer stetig und in großem Umfang gestiegen. Diese Technologie wird von großen Teilen der Bevölkerung akzeptiert und unter anderem zur Erleichterung des täglichen Lebens eingesetzt. Dem gegenüber steht die Befürchtung der Bevölkerung, dass der Einfluss der emittierten elektromagnetischen Felder (EMF) auch unterhalb der gesetzlich festgelegten Grenzwerte gesundheitliche Risiken birgt, wie sie von Feldern höherer Frequenz und Intensität, z.B. von Radaranlagen oder ionisierender Strahlung bekannt sind (Sage 2001).

Hinzu kommt, dass mit der fortschreitenden Nutzung und Erweiterung der Telekommunikation – beispielsweise durch UMTS – die Anzahl der Mobilfunkgeräte und Sendeanlagen weiterhin zunimmt. Damit besteht die Sorge, dass es nahezu keine Aufenthaltsbereiche mehr gibt, die nicht von EMF des Mobilfunks durchdrungen werden und somit jeder Mensch zu jeder Zeit einem Einfluss der möglicherweise gesundheitsschädlichen Felder ausgesetzt ist.

Im Mittelpunkt des öffentlichen und wissenschaftlichen Interesses stehen vor allem gesundheitliche Risiken durch thermische und athermische Effekte von EMF, wie Kanzerogenität, Entstehung von Augenerkrankungen, reproduktionstoxische Effekte oder Einflüsse auf das Bio-Regulationssystem des menschlichen Körpers (Zusammenfassung siehe Silny et al. 2004, SRU 2002). Zusätzlich zu spezifischen Endpunkten, die diagnostizierbare Erkrankungen beschreiben, existiert eine Vielzahl an subjektiven Beschwerden, deren Entstehung dem Mobilfunk zugeschrieben wird (Übersicht bei Rössli et al. 2003). Symptome wie Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Konzentrationsstörungen oder Übelkeit kommen in einem repräsentativen Bevölkerungsdurchschnitt sehr häufig vor und können viele verschiedene Ursachen haben. Nur mit Hilfe epidemiologischer Untersuchungen, die die Exposition von EMF einbeziehen, ist es möglich, eine höhere Häufigkeit bestimmter Symptome in einen Zusammenhang mit dem Einfluss elektromagnetischer Felder zu stellen (Siehe Kapitel 1.1.2).

Darüber hinaus besteht die Hypothese, dass es umweltmedizinische Patienten gibt, die besonders empfindlich auf EMF reagieren (elektromagnetische Hypersensibilität, EHS). Vergleichbar mit Patienten, die an einer Multiplen Chemikaliensensitivität (MCS) oder einem Sick-Building-Syndrom (SBS) leiden, beschreiben EHS-Patienten viele unspezifische Symptome, die sich ihrer Ansicht nach aufgrund der Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks oder niederfrequenter Felder der häuslichen Stromversorgung einstellen sollen (David et al. 2002, Hietanen et al. 2002, Raczek et al. 2000).

Das vorliegende Gutachten wurde im Auftrag der Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik (MUT) des Forschungszentrums Jülich erstellt und hat zum Ziel, die neuere wissenschaftliche Literatur ab dem Erscheinungsjahr 2000 zu den Risikopotenzialen hochfrequenter EMF des Mobilfunks zu bewerten. Im Speziellen werden hier die möglichen Gesundheitsgefährdungen ausschließlich durch Felder des Mobilfunks im Hinblick auf den Endpunkt Befindlichkeitsstörungen des Menschen betrachtet. Das Phänomen EHS wird gesondert diskutiert, da es zwar unmittelbar mit dem Themenkomplex unspezifischer Symptome und Befindlichkeitsstörungen verbunden ist, aber dennoch oftmals als eigenständiges Krankheitsbild behandelt wird.

Die Gutachtenerstellung wurde von zwei Teams vorgenommen:

1. Universität Gießen durch Dr. rer. nat. H. Seitz, Dr. med. D. Stinner, und Professor Dr. med. Th. Eikmann.
2. Universität Bern durch Dr. phil. II M. Rösli.

In einer gemeinsamen Absprache wurde die relevante Literatur ausgewählt und die beiden einleitenden Kapiteln des Berichtes gemeinsam entworfen. Die Bewertung erfolgte jedoch separat.

1.1 *Potenzielle Risiken für die Entwicklung von Befindlichkeitsstörungen durch elektromagnetische Felder des Mobilfunks*

Seit Einführung der Mobilfunktechnologie schreiben immer mehr Menschen unspezifische Symptome dem Einfluss von EMF zu. Allerdings gibt es bislang wenige Publikationen, die sich mit der Frage auseinandergesetzt haben, welche persönlichen Faktoren die Entwicklung von Befindlichkeitsstörungen durch EMF begünstigen können. Zudem ist es problematisch einen kausalen Zusammenhang zwischen Befindlichkeitsstörungen und dem Einfluss von EMF herzustellen, was dazu führt, dass in der wissenschaftlichen Literatur über die Frage eines bestehenden Zusammenhangs grundsätzlich keine Einigkeit besteht (siehe Kapitel 1.1.2). Weiterhin ist es schwierig, persönliche Risiken für die Entwicklung von Befindlichkeitsstörungen zu ermitteln, da bei der Erfassung der Beschwerden (meistens anhand von Fragebögen) i.d.R. keine vom Arzt festgestellten Erkrankungen vorliegen, sondern verschiedene subjektive Symptome, die von den Patienten dem Einfluss elektromagnetischer Felder zugeschrieben werden. Dabei handelt es sich meistens um Symptome, die in der Bevölkerung ohnehin weit verbreitet sind.

In diversen Untersuchungen sind jedoch Hinweise auf persönliche Risiken enthalten. Eine wesentliche Rolle scheinen Faktoren zu spielen, die im besonderen Maß bei umweltmedizinischen Patienten zu finden sind. Dazu gehört ein höheres Auftreten von EMF-bezogenen Symptomen bei Personen, die eine höhere Tendenz zur Somatisierung haben. Diese Personen sind überdurchschnittlich oft weiblichen Geschlechts (Frick et al. 2002). Diese Faktoren werden auch in einer Studie zur Elektrosensibilität gegenüber niederfrequenten Feldern beschrieben (David et al. 2002). Darüber hinaus gibt es Hinweise, dass zunehmendes Alter einen Einfluss beispielsweise auf die Entwicklung von Kopfschmerzen und von Schlafstörungen haben könnte. Weiterhin wird in einer Studie zum Nachweis der Elektrosensibilität im D-Netz die Vermutung aufgestellt, dass ein Risiko für die Entwicklung EMF-bezogener Beschwerden bestehen kann, wenn Metallunverträglichkeiten (z.B. Zahnfüllungen) vorliegen (Raczek et al. 2000). Bei den untersuchten Patienten wurden Reaktionen in einem Lymphozytentransformationstest (MELISA) auf verschiedene Metalle festgestellt und daraus ein möglicher Zusammenhang zu EMF abgeleitet.

Da aber für die Erklärung persönlicher Risiken und für die Entstehung von Befindlichkeitsstörungen bisher kein möglicher und plausibler Wirkungsmechanismus gefunden wurde, ist es notwendig, die Evidenzlage zu bewerten.

1.1.1 *Charakterisierung der elektromagnetischen Hypersensibilität (EHS)*

Es gibt Menschen, die sich selbst als elektrosensibel bezeichnen, das heißt, sie geben an, besonders empfindlich auf eine Exposition gegenüber elektromagnetischen

Feldern zu reagieren (elektromagnetische Hypersensibilität, EHS). Diese Patienten geben eine höhere Wahrnehmungsintensität von EMF an, die nicht selten als unangenehm empfunden wird. Sie stellen diese Exposition in Verbindung mit dem Auftreten von Befindlichkeitsstörungen, und stehen zum Teil unter hohem subjektivem Leidensdruck.

Vergleichbar mit Patienten, die an einer Multiplen Chemikaliensensitivität (MCS) oder einem Sick-Building-Syndrom (SBS) leiden, beschreiben EHS-Patienten viele unspezifische Symptome, die sich nach eigener Angabe aufgrund der Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks oder niederfrequenter Felder der häuslichen Stromversorgung einstellen (David et al. 2002, Hietanen et al. 2002, Raczek et al. 2000). Diese Symptome sind in erster Linie vegetativer Art und äußern sich beispielsweise in Rötung und Brennen von Haut und Gesicht, Kribbeln, Schmerzen oder Trockenheit von Rachen und Mund, Konzentrationsschwierigkeiten oder Kopfschmerzen. Die Patienten sind insbesondere vor dem Hintergrund der fehlenden Kenntnisse über pathophysiologische Zusammenhänge schwer zu behandeln.

Untersuchungen ergaben, dass die EHS häufiger bei Personen mit Somatisierungsstörungen vorkommt. Vornehmlich sensible Persönlichkeiten, die beispielsweise durch Einflüsse aus den Medien zusätzlich verunsichert wurden, haben eine höhere Tendenz, unspezifische Symptome zu entwickeln und diese dem Einfluss von EMF zuzuschreiben.

Die physiologische Dimension von Sinnesreizen und ihre Intensität lässt sich entweder durch Messtechnik objektivieren oder es können sich Hinweise z.B. durch Befragung der subjektiven Erlebnisqualität ergeben. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass bestimmte individuelle Wahrnehmungsinhalte noch nicht durch die zur Verfügung stehende und durch die Wissenschaft anerkannte valide Messtechnik und Messmethodik objektivierbar sind bzw. sich durch einen solchen Messvorgang nicht repräsentieren lassen.

So entsteht im Rahmen des Themenfeldes Elektrosensibilität das Problem der physikalisch nachweisbaren Empfindungsintensität individueller Wahrnehmungen.

Nach David et al. (2002) können innerhalb des selbst bezeichneten elektrosensiblen Personenkreises drei Gruppen unterschieden werden:

1. Elektromagnetisch hypersensitive Personen, die ähnlich wie Allergiker gesundheitliche Probleme durch EMF bekommen.
2. Elektrosensible ohne echte gesundheitliche Beeinträchtigungen, mit eher unspezifischen Symptomen.
3. „Mediensensibilisierte“ Personen.

Der Beantwortung der Frage nach einer naturwissenschaftlichen Dimension der Elektrosensibilität stehen die Betroffenen oft selbst entgegen. So wünschen gerade solche Personen äußerst selten eine Teilnahme an experimentellen Untersuchungen, die sich im Vorgespräch als psychisch außerordentlich belastet herausstellen und z.B. extreme, manchmal paranoide Vorstellungen mit EMF assoziieren (Härmä 2000). Trotz dieser Problematik bezüglich einer Objektivierung einer selbstbezeichneten EHS wurden zu dieser Thematik einige experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Dabei handelt es sich in erster Linie um Provokationsstudien, bei de-

nen die Probanden angeben müssen, ob eine Feldquelle eingeschaltet ist oder nicht. In allen bisherigen Provokationsstudien zu dem Einfluss niederfrequenter Felder konnten die selbstbezeichneten elektromagnetisch Hypersensiblen nicht besser als eine Kontrollgruppe zwischen einer echten und einer Scheinexposition zu EMF unterscheiden (Lonne-Rahm et al. 2000, Flodin et al. 2000, David et al. 2002), obwohl die Patienten mit EHS für sich selbst eine intensivere Wahrnehmungsfähigkeit für elektromagnetische Felder angaben.

1.1.2 Zusammenhang zwischen subjektiven Symptomen und elektromagnetischen Feldern

In der wissenschaftlichen Literatur herrscht zurzeit große Uneinigkeit darüber, ob EMF im Allgemeinen oder die EMF des Mobilfunks im Speziellen (Handgeräte, Sendeanlagen) geeignet sind, Befindlichkeitsstörungen auszulösen oder zu verstärken. Für einige Wissenschaftler erscheint ein Zusammenhang zwischen subjektiven Symptomen offensichtlich (Cherry 2001, Sage 2001, Santini et al. 2001a, 2001b, 2003a, 2003b). Im Widerspruch dazu steht die Aussage anderer Autoren, dass ein Zusammenhang nahezu auszuschließen sei; insbesondere wenn die EMF unterhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte liegen (Hietanen et al. 2002, Koivisto et al. 2001). In weiteren Studien wird sogar ein positiver Effekt auf die Konzentration und Vigilanz der Testpersonen gefunden (siehe z.B. Edelstyn und Oldershaw 2002, Zwamborn et al. 2003 statt vieler). Derartige Konzentrations- und Leistungstests können den Eindruck vermitteln, Konzentrationsstörungen seien durch den Einfluss elektromagnetischer Felder nicht zu erwarten und es handle sich somit um ein Symptom, das eher unwahrscheinlich durch EMF hervorgerufen wird. Auch wenn dieses komplexe Themenfeld Beachtung verdient, wird es an dieser Stelle nicht im Einzelnen diskutiert, da es nicht der Fragestellung dieses Gutachtens entspricht und den Rahmen sprengen würde. Trotzdem werden die entsprechenden Endpunkte im Hinblick auf die Studien zur Konzentration und kognitiven Leistung kritisch betrachtet.

Tatsächlich ist es aus vielen Gründen schwierig, einen eindeutigen Zusammenhang zwischen subjektiven Symptomen und Befindlichkeitsstörungen mit dem Einwirken von EMF aufzuzeigen. Bei den im Kapitel 1.2 beschriebenen subjektiven Symptomen handelt es sich fast ausschließlich um solche, die in der Bevölkerung ohnehin zu den häufigsten zählen (z.B. Kopfschmerzen, Schlafstörungen). Um einen Zusammenhang im Sinne von gruppenbezogenen Unterschieden epidemiologisch nachweisen zu können, bedarf es im Allgemeinen einer verhältnismäßig großen Untersuchungsgruppe. Es müssen beispielsweise Einflussfaktoren ausgeschlossen werden, die auf andere Ursachen für die Symptome schließen lassen, und weiterhin müssen Expositionsdaten ermittelt und bewertet werden. Selbst die beiden angeführten Beispiele lassen sich in epidemiologischen, bevölkerungsbezogenen Untersuchungen zur Zeit nur ungenügend berücksichtigen, da einerseits Einflussfaktoren für beispielsweise Kopfschmerzen sehr vielfältig sind und andererseits noch keine zuverlässige Personendosimetrie existiert.

Eine weitere Schwierigkeit ist durch viele mögliche Bias gegeben, für die vier Beispiele angeführt werden sollen:

1. Selektionsbias: wenn Personen untersucht werden, die sich aufgrund einer Belästigung durch EMF bei öffentlichen Stellen gemeldet haben, könnten Antworten zu gesundheitlichen Beschwerden anders ausfallen als bei einer Gruppe, die nicht an öffentliche Einrichtungen herantreten ist.

2. Gruppenbias: wenn der Anteil von Personen, die eine höhere Neigung zur Somatisierung haben, in der untersuchten Gruppe höher ist und dies nicht durch eine entsprechende Untersuchung berücksichtigt wurde.
3. Befragungsbias: wenn Fragen zu Symptomen in einen Kontext mit bestimmten gesundheitlichen Risiken gestellt werden und dadurch die Bewertung des Anteils der Symptome nicht mit anderen Studien vergleichbar ist (Frick et al. 2002).
4. Missklassifikation: Wenn die Angabe zur EMF-Exposition auf der subjektiven Einschätzung der betroffenen Person beruht, kann durch eine falsche Einschätzung eine Missklassifikation erfolgen, so dass eine Person mit höherer EMF-Exposition fälschlicherweise aufgrund der fehlerhaften eigenen subjektiven Einschätzung einem Kollektiv mit niedrigerer Exposition zugeordnet wird oder umgekehrt.

Zusätzlich gibt es bis heute keinen wissenschaftlich haltbaren Wirkmechanismus, mit dem eine athermische Wirkung von EMF erklärt werden kann (Silny et al. 2004).

Ungeachtet dieser methodischen Schwierigkeiten besteht die Möglichkeit, unter Berücksichtigung der verschiedenen relevanten Parameter, experimentelle und epidemiologische Untersuchungen durchzuführen, die Hinweise auf Zusammenhänge zwischen Befindlichkeitsstörungen und EMF geben. In der Bewertung der Aussagekraft müssen diese Untersuchungen anhand von Kriterien geprüft werden, wie sie beispielsweise von der Strahlenschutzkommission empfohlen werden (SSK 2002). Ein wesentliches Kriterium bei sämtlichen Studien ist die Reproduzierbarkeit. Dieses Kriterium kann jedoch oftmals nicht als erfüllt angesehen werden, da zu einigen subjektiven Endpunkten sehr wenige und untereinander nicht vergleichbare Untersuchungen vorliegen.

1.2 Auswahl der betrachteten Endpunkte und Bewertung der Ausgangssituation

In einer A priori-Bewertung wurde die veröffentlichte Literatur bis einschließlich zum Jahr 1999 eingeschätzt. Aus dieser Einschätzung ergaben sich relevante Endpunkte, die im Zusammenhang mit dem Auftreten von Befindlichkeitsstörungen durch EMF betrachtet werden sollten. Es wurden elf "Endpunkte" ermittelt, die zum Teil in Symptomgruppen eingeordnet werden konnten:

1. Müdigkeit, Schlafstörungen
2. Schwindel, Übelkeit
3. Kopfschmerzen
4. Konzentrationsschwierigkeiten, Gedächtnisstörungen
5. Schmerzen, außer Kopfschmerz
6. Nervosität
7. Depressive Verstimmung, Niedergeschlagenheit
8. Hautprobleme: Juckreiz, Kribbeln, Rötungen
9. Wärmegefühl der Haut: Brennen, "warmes Ohr"
10. Tinnitus, Ohrgeräusche
11. Elektromagnetische Hypersensibilität und Wahrnehmen elektromagnetischer Felder

Die ausgewählten Endpunkte setzen sich aus Symptomen zusammen, die in der wissenschaftlichen und öffentlichen Diskussion im Mittelpunkt des Interesses stehen und für die es auch im Hinblick auf die A priori-Bewertung möglich erscheint, eine Bewertung im Zusammenhang mit dem Einfluss von Mobilfunk vornehmen zu kön-

nen (David et al. 2002, Repacholi 1998, Rööslı et al. 2003). Die betrachteten Endpunkte setzen sich vor allem aus Symptomkomplexen zusammen, die, wie beispielsweise Kopfschmerzen oder Gedächtnisstörungen, Anzeichen für einen Einfluss auf das vegetative Nervensystem oder für eine Stresswirkung sein könnten. Das gleiche gilt für die Symptome Nervosität oder depressive Verstimmung (Isa und Noor, 1991, Jauchem 1998). Störungen der Haut im Sinne von Juckreiz, Rötungen oder Brennen wurden bereits in früheren Studien angesprochen (Isa und Noor 1991, Koivisto et al. 2001, Testa und Cooper 1980).

Der Symptomkomplex Wärmegefühl der Haut, Brennen, "warmes Ohr" soll in diesem Gutachten explizit ohne den thermischen – also messbaren – Einfluss des Mobilfunkgerätes betrachtet werden. Dass Handgeräte, die bei längerer Gesprächsdauer am Ohr gehalten werden, Wärme erzeugen und das in Kontakt befindliche Gewebe erwärmen können, ist unbestritten. An dieser Stelle soll darüber hinaus die Frage geklärt werden, in wieweit es zu Wärmegefühlen kommen kann, die nicht durch einen thermischen Effekt bedingt sind, und inwieweit dies wiederum Befindlichkeitsstörungen auslösen kann.

Der Endpunkt Tinnitus ist kein Endpunkt im Sinne eines Symptoms, sondern eine Diagnose, während Ohrgeräusche als eher unspezifisches Symptom gewertet werden können. Der Endpunkt Tinnitus / Ohrgeräusche wird ebenfalls kontrovers bewertet. So haben wissenschaftliche Studien vor 2000 EMF zur Behandlung von Tinnitus z.T. erfolgreich eingesetzt (Roland et al. 1993). Aus Studien zur Thematik, die häufig auf den Aussagen Betroffener beruhen, geht oft nicht hervor, ob es sich um eigentliche Diagnosen handelt oder nicht. Aus diesem Grund werden Tinnitus und Ohrgeräusche zu einem Endpunkt zusammengefasst.

Das Krankheitsbild der selbstattribuierten Elektrosensibilität oder elektrischen Hypersensibilität vereint je nach Patient einzelne oder auch sämtliche der oben genannten unspezifischen Symptome. Ähnlich wie die Multiple Chemikaliensensitivität kann die elektromagnetische Hypersensibilität (EHS) als eine umweltbedingte Erkrankung bewertet werden (dazu siehe auch Kapitel 1.1). Typisch für die elektromagnetische Hypersensibilität ist das Auftreten einer großen Anzahl unspezifischer Symptome und Befindlichkeitsstörungen sowie die häufig getroffene Aussage von Patienten, dass sie wahrnehmen können, ob sie gerade einem elektromagnetischen Feld ausgesetzt sind, das bei ihnen Symptome hervorruft. In diesem Gutachten ist die EHS als eigenständiges Symptom betrachtet, wenn eine Studie explizit darauf fokussiert ist, ohne nähere Angaben zu den Symptomen zu machen, z.B. Provokationsstudien zur Feldwahrnehmung bei entsprechenden Personen.

2 Auswahl der berücksichtigten Studien

2.1 Kriterien zur Studienauswahl

Bei der Auswahl der Studien zum oben erläuterten Themenfeld wurden folgende Kriterien angewendet:

1. Die Studie musste explizit Expositionen durch Mobilfunkstrahlung untersucht haben. Dabei kann es sich um analoge Signale wie sie früher verwendet wurden oder digitale Signale (GSM oder UMTS) handeln.
2. Publikationszeitraum war das Jahr 2000 oder später. Publikationen bis März 2004 wurden berücksichtigt.

3. Es musste sich um Originalarbeiten handeln. Übersichtsarbeiten wurden nicht für die Bewertung, jedoch als Quelle für das Auffinden der relevanten Literatur verwendet (siehe unten).
4. Ziel der Studiena Auswahl war es, so umfassend wie möglich alle Studien, die die obigen Kriterien erfüllen, aufzufinden und zu berücksichtigen. Das bedeutet, dass alle Publikationen, die einen wissenschaftlichen Begutachtungsprozess („peer review“) in einer Fachzeitschrift durchlaufen haben, berücksichtigt sind. Graue, öffentlich zugängliche Literatur wie Berichte oder Konferenzbeiträge wurden nach Möglichkeit ebenfalls berücksichtigt. Die Qualität grauer Literatur wurde jedoch generell als schlechter eingeschätzt als unabhängig begutachtete Publikationen.

2.2 Suchstrategien

Um möglichst alle relevanten Studien aufzufinden wurden folgende Suchstrategien verwendet:

1. Systematische Literatursuchen in den online-Datenbanken der National Library of Medicine (Pubmed: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed/>) und des Institute for Scientific Information (ISI: <http://www.isinet.com/>). Es wurde sowohl mit freien Wortsuchen gesucht als auch mit der MeSH-Suchstrategie¹
2. Die zitierten Publikationen von Übersichtsartikeln zur Thematik wurden geprüft und, falls die Kriterien erfüllt wurden, berücksichtigt.
3. Zusätzlich wurden themenspezifische Literaturdatenbanken im Internet konsultiert. Dabei handelte es sich um folgende Datenbanken:
Datenbank des Forschungszentrums Jülich: <http://134.94.127.170:8087/>
Datenbank der Universität Basel: <http://www.elmar.unibas.ch/index.html>
Datenbank des Forschungszentrums für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit in Aachen: <http://www.femu.de/>

Bei der Auswahl der Studien fiel auf, dass in einigen experimentellen Studien Untersuchungen zum Befinden gemacht wurden, dies aber nicht als primärer Endpunkt der Studie betrachtet wurde und die entsprechenden Resultate oft nur am Rande erwähnt wurden. Bei systematischen Literatursuchen wurden diese Studien häufig nicht berücksichtigt. Um solche Befunde so weit wie möglich zu berücksichtigen, wurden experimentelle Studien mit Mobiltelefonexpositionen systematisch gesammelt und nach Resultaten zum Befinden überprüft.

Letztlich wurden 21 Publikationen als relevant erachtet. Da es sich teilweise um Mehrfachpublikationen der gleichen Studien/Daten handelt, sind damit insgesamt 16 Studien berücksichtigt (vgl. Tabelle1). Die Mehrfachveröffentlichung von Santini et al. wird immer als Santini et al. 2003b zitiert.

¹ MeSH ist ein von der National Library of Medicines kontrolliertes Vokabular, das für die systematische Indexierung von Artikeln in MEDLINE/PubMed benutzt wird. MeSH Terminologie liefert eine konsistente Methode um Informationen zu finden, die verschiedene Ausdrücke für das gleiche Konzept verwenden. Es wurde folgender Suchbegriff verwendet: "Radiation, Nonionizing/adverse effects"[MeSH]

Tabelle:1 Ausgewählte Literatur für das Themenfeld Befindlichkeitsstörungen

Literatur	Studientyp	Exposition	Expositionserhebung
Chia et al., 2000	Querschnitt	Telefongebrauch	Fragebogen
Croft et al., 2002	crossover	Telefon	einfachblind
Frick et al. 2002	Querschnitt	keine	-
Hietanen et al., 2002	crossover	Handapparat	einfachblind
Hillert et al., 2001	experimentell	keine	-
Huber et al., 2000	crossover	Telefon-ähnlich	doppelblind
Koivisto et al., 2001	crossover	Handapparat	einfachblind
Navarro et al., 2003	Querschnitt	Basisstation	Distanz/Messung am Wohnort
(Ofstedal et al., 2000; Sandström et al., 2001; Wilen et al., 2003)	Querschnitt	Telefongebrauch	Fragebogen
Ozturan et al., 2002	crossover	Handapparat	ungeblindet
Raczek et al., 2000	crossover	Antenne (45cm)	doppelblind
Rööfli et al., 2004	Querschnitt	divers	Fragebogen
Santini et al., 2001a; Santini et al., 2002; Santini et al., 2003a, Santini et al. 2003b	Querschnitt	Basisstation	Selbstgeschätzte Distanz zum Wohnort
Santini et al., 2001b	Querschnitt	Telefongebrauch	Fragebogen
Tahvanainen et al., 2004	crossover	Handapparat	doppelblind
Zwamborn et al., 2003	crossover	Basisstation	doppelblind

2.3 Qualitätsbeurteilung

Die Beurteilung der Studienqualität ist der diffizilste Schritt bei einer Evidenzbewertung, da das Einfließen von subjektiven Ansichten und Urteilen unvermeidlich ist. Damit ist zu erwarten, dass sich die Bewertungen verschiedener Wissenschaftler unterscheiden. Dennoch kann auf eine Qualitätsbeurteilung der Studien nicht verzichtet werden, da die explizite (oder implizite) Bewertung der Studie schlussendlich die Gewichtung der einzelnen Studie am Gesamtbild bestimmt. Eine konsistente Qualitätsbewertung ist zu erreichen, indem die Beurteilung anhand von klaren Kriterien vollzogen wird. Willkürliche Urteile dürften so vermieden werden, auch wenn im Einzelfall unterschiedliche Beurteilungen von verschiedenen Experten nicht zu vermeiden sind.

Die Aussagekraft einer Studie zu einem möglichen Zusammenhang zwischen Befinden und Exposition wird in erster Linie durch die Studienanlage bestimmt. Nachweis kausaler Wirkungen ist nur durch Studien möglich, bei denen der Einfluss anderer Faktoren weitgehend ausgeschlossen werden kann. Dies ist generell nur bei einem Studiendesign möglich, bei dem die Exposition und das Auftreten der Symptome in einem logischen Ablauf stehen (Exposition vor dem Auftreten der Symptome). Zudem muss sichergestellt sein, dass die Kenntnis des Expositionsstatus nicht die Endpunktmessung beeinflusst. Gerade bei subjektiven Gesundheitssymptomen, die

nur mittels Fragebogen erhoben werden können, ist das nur dann sichergestellt, wenn die Probanden keine Kenntnisse über den Expositionsstatus haben (einfach- oder doppelblinde Versuchsanordnung). Bei Querschnittsstudien („Surveys“), die Exposition und Endpunkt zum gleichen Zeitpunkt messen, ist der zeitliche Zusammenhang von Exposition und Gesundheitseffekt a priori nicht klar und die Befragten schätzen ihren Expositionsstatus (subjektiv) ein.

Aus diesem Grund wurde die Studienanlage/Studiendesign bei der Gewichtung der einzelnen Studien prioritär berücksichtigt. In einem zweiten Schritt wurde die Studienqualität beurteilt. Diese basierte auf den Kriterien zur Bewertung strahlenepidemiologischer Studien, die von der deutschen Strahlenschutzkommission veröffentlicht wurden (SSK 2000). Mit einem 10-seitigen Fragebogen wurde jede Studie in Bezug auf die Formulierung der Zielsetzung und Fragestellung, Studienplan, Qualitätssicherung, Auswertung und der Interpretation sowie Diskussion der Ergebnisse evaluiert und entsprechend die Qualität bewertet.

Damit können im Prinzip vier verschiedene Bewertungen resultieren, bzw. viele Abstufungen davon (siehe Tabelle 2). Qualitativ gute Studien mit einem Design, das zweckmäßig ist, um kausale Wirkungen zu untersuchen, liefern Evidenz, ob die Exposition gegenüber Mobilfunkstrahlungen einen Einfluss auf das Befinden hat oder nicht. Studien, die als qualitativ gut erachtet werden, deren Studiendesign aber als nicht zweckmäßig erachtet wird, um Schlussfolgerungen in Bezug auf kausale Wirkungen zu ziehen, können maximal Hinweise oder Hypothesen liefern, aber nicht zur Evidenz beitragen. Studien von ungenügender Qualität tragen nicht zur Beurteilung bei.

Tabelle 2: Übersicht über das Bewertungsschema von Studien. Zweckmäßigkeit des Studiendesigns in Bezug auf den Nachweis kausaler Wirkungen und Studienqualität wird berücksichtigt

	Studiendesign zweckmäßig	Studiendesign nicht zweckmäßig
Qualitativ gut	Evidenz	Hinweise/Hypothesen
Qualitativ ungenügend	unbrauchbar	unbrauchbar

3 Darstellung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes

Der wissenschaftliche Kenntnisstand zu den in Kapitel 1.2 beschriebenen Endpunkten wird für den Publikationszeitraum 2000 bis 2004 dargestellt. Dazu werden die für dieses Gutachten ausgewählten Studien (siehe auch Tabelle 2) hinsichtlich ihrer Aussagekraft für die Symptomkomplexe bewertet. Eine Sonderstellung nimmt wiederum das Kapitel 3.11, Elektrosensibilität, Hypersensibilität und Wahrnehmen elektromagnetischer Felder ein, da es sich hierbei um ein komplexes Phänomen handelt, in dem viele der vorher betrachteten Symptome vorzufinden sind. Für das Themenfeld der Befindlichkeitsstörungen erscheint es sinnvoll, die einzelnen Endpunkte bzw. Symptomkomplexe nacheinander zu bewerten und dabei auf die jeweils relevanten Studien einzugehen. Es werden ausschließlich die in Tabelle 1 aufgeführten Studien berücksichtigt, wobei die Untersuchung von Frick et al. (2002) fast ausschließlich in Kapitel 4 Berücksichtigung findet. Die Autoren führten Untersuchungen in einer epidemiologischen Feldstudie durch. Die Teilnehmer wurden zufällig über das Einwohnermeldeamt einer deutschen Stadt ausgewählt. Von 329 Teilnehmern konnten vollständige Daten per Direktinterview erhoben werden. Es wurde nach der subjektiv

empfundene Intensität von 36 Symptomen, die innerhalb der letzten 30 Tage zu verzeichnen gewesen waren, gefragt. In dieser Studie werden die erfassten Beschwerden nicht in einen direkten Zusammenhang zu einer EMF-Exposition gestellt. Es wird keine Aussage dazu getroffen, mit welcher Prävalenz diese Symptome EMF zugeschrieben werden können, da die Autoren ein Kollektiv befragt haben, das einem Bevölkerungsdurchschnitt entspricht. Aus diesem Grund können mögliche Zusammenhänge aus dieser Studie grundsätzlich nicht abgeleitet werden.

Alle übrigen Studien finden bei der Bewertung der einzelnen Endpunkte Berücksichtigung und werden unabhängig davon, ob die Gutachter ihr Studiendesign für aussagekräftig halten oder nicht, bei der Betrachtung der einzelnen Endpunkte diskutiert. Die Gutachter entschieden sich für diese Vorgehensweise, weil die Ergebnisse von Studien – unabhängig von der wissenschaftlich begründeten Aussagekraft einer Studie – häufig für Aussagen über Assoziationen von Symptomen und EMF herangezogen werden.

Im Anhang werden die relevanten Studien mit Ziel, Methode, Ergebnis und Bewertung tabellarisch zusammengefasst. Die an dieser Stelle erfolgte Bewertung soll Redundanzen bei der jeweiligen Bewertung der Aussagekraft der Studien für die einzelnen Endpunkte reduzieren, da in vielen der Studien mehr als ein Endpunkt betrachtet wird. Das Studiendesign, die wesentlichen Ergebnisse sowie die grundsätzlichen Kritikpunkte sind demnach in Tabelle 3 im Anhang zu finden; im Text wird lediglich auf die Besonderheiten der Studien verwiesen.

3.1 Endpunkt: Müdigkeit und Schlafstörungen

Müdigkeit und Schlafstörungen wurden zu einem Symptomkomplex zusammengefasst, da diese beiden Beschwerden sich oftmals gegenseitig bedingen. Eine Person die unter Schlafstörungen leidet, leidet oftmals tagsüber unter einer größeren Müdigkeit als wenn sie einen ungestörten Schlaf gehabt hätte. Darüber hinaus kann auch eine stressbedingte Müdigkeit zu Schlafstörungen führen.

Zu diesem Symptomkomplex existieren eine Reihe von Arbeiten, die sich i.d.R. nicht ausschließlich mit Müdigkeit und Schlafstörungen befassen, sondern weitere Symptome und Symptomkomplexe untersuchen. Die Autoren der unterschiedlichen Studien kommen zu Ergebnissen, die sich z.T. dahingehend widersprechen, dass auf der einen Seite ein Zusammenhang zwischen Schlafstörungen und / oder Müdigkeit und EMF aufgezeigt wird und auf der anderen Seite ein Einfluss auf diese Endpunkte nicht belegt werden kann. Zwischen Müdigkeit und EMF wurde in den Untersuchungen von Chia et al. 2000, Koivisto et al. 2001, Sandström et al. 2000 kein Zusammenhang gefunden. Auch in einer Arbeit, in der die Prävalenz EMF-bezogener Symptome im Vergleich zwischen Norwegen und Schweden untersucht wurde, erscheint ein Zusammenhang zwischen Müdigkeit und EMF mit einer Prävalenz von 7,1 % und 1,7 % eher gering (Ofstedal et al. 2000).

Trotz einiger Schwächen, wie geringe Gruppenstärke oder mögliche Bias, sind die Untersuchungen als durchaus verlässlich anzusehen.

Navarro et al. 2003 finden einen signifikanten Unterschied zwischen Kontrollkollektiv und Probanden mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,01$. Da aus dieser Studie die Zuordnung der subjektiven und objektiven Exposition nicht klar hervorgeht,

und die Studie ein sehr kleines Kollektiv betrachtet, ist die Aussagekraft eher gering und ein Bias der Missklassifikation bezogen auf die subjektive Exposition erscheint möglich. Demgegenüber sind Schlafstörungen in einer weiteren Studie mit Angabe von 58 % der Befragten das am häufigsten genannte EMF-bezogene Symptom (Röösli et al. 2004). Dies lässt auf einen gewissen Zusammenhang schließen. Jedoch muss bei dieser Studie berücksichtigt werden, dass die Autoren selbst angeben, dass sie nicht geeignet ist, einen kausalen Zusammenhang herzustellen. Zudem wurden Personen befragt, die u.U. bereits vorher sensibilisiert waren und deshalb unspezifische Symptome häufiger angaben.

Ein Einfluss von EMF auf Müdigkeit wurde in zwei Arbeiten gefunden (Wilén et al. 2003, Santini et al. 2003b). Diese Untersuchungen sind insofern vorsichtig zu betrachten, da ein Befragungs- und Gruppenbias bereits vom Autor diskutiert wird. Weiterhin wurden Einflussfaktoren z.T. nicht berücksichtigt und es fand keine Adjustierung auf mögliche Risikofaktoren statt (Wilén et al. 2003).

Die Untersuchung von Santini et al. 2003b ist mit vielen methodischen Schwächen behaftet (siehe dazu Röösli 2003, Tabelle 3 und Kapitel 3.4).

Zu EMF-bezogenen Schlafstörungen existieren weit weniger Untersuchungen. In einer Studie zu dem Einfluss von EMF auf die Physiologie des Gehirns wird zwar ein Fragebogen zur Schlafqualität bewertet, aber keine Ergebnisse dazu präsentiert (Huber et al. 2000). Demgegenüber wird in verschiedenen Studien von einem Zusammenhang berichtet (Navarro et al. 2003, Santini et al. 2003b). Diese Untersuchungen werden ebenso wie in Bezug auf Müdigkeit und wie in Tabelle 3 und Kapitel 3.4 beschrieben, eher kritisch bewertet.

In einer französischen Untersuchung zum Nutzungsverhalten von Mobiltelefonen ergab sich ein statistischer Unterschied zwischen Männern und Frauen. Dabei litten die mobilfunknutzenden Frauen häufiger unter Schlafstörungen als Männer. Dagegen konnte kein geschlechtsspezifischer Unterschied bei Personen gefunden werden, die nicht mit dem Mobiltelefon telefonieren (Santini et al. 2001b, siehe auch Tabelle 3).

Anhand der vorliegenden Studien, die sich mit dem Symptomkomplex Müdigkeit und Schlafstörungen befassen, erscheint es nicht möglich, eine abschließende Bewertung vorzunehmen.

Werden allerdings die Studien zugrunde gelegt, deren Studiendesign angemessen erscheint, deren Kollektivstärke durch Power-Berechnungen validiert wurde und in denen die Exposition der Probanden ausreichend bestimmt wurde, so kann daraus gefolgert werden, dass der Einfluss von EMF auf den hier betrachteten Endpunkt eher gering oder nicht vorhanden ist (Chia et al. 2000, Koivisto et al. 2001, Sandström et al. 2000). Bei dieser Schlussfolgerung muss beachtet werden, dass keine Aussage darüber getroffen werden kann, ob es nicht Personen gibt, die stärker auf EMF reagieren als der Durchschnitt der Bevölkerung und bei denen möglicherweise ein Einfluss nachweisbar wäre (siehe dazu Kapitel 3.11).

3.2 Endpunkt: Schwindel und Übelkeit

Die Symptome Schwindel und Übelkeit gehören zu der Art subjektiver Beschwerden, die häufig miteinander einhergehen, aber eher selten im Zusammenhang mit EMF benannt werden (Ofstedal et al. 2000). Die meisten Studien beschränken sich auf die Erfassung des Schwindels und nur in wenigen Untersuchungen wird zusätzlich das Symptom Übelkeit abgefragt (Navarro et al. 2003, Rösli et al. 2004, Santini et al. 2003b).

Die Arbeiten von Navarro et al. (2003, siehe auch Kapitel 3.10) und Santini et al. (2003b, siehe auch Kapitel 3.4) zeigen dagegen einen statistischen Zusammenhang auf. Für Übelkeit wird zwischen Kontrollkollektiv und exponierten Personen eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ angegeben und für Schwindel von 0,01 (Navarro et al. 2003). Im Vergleich dazu wird bei Santini et al. (2003b) lediglich angegeben, dass ein statistischer Zusammenhang bei Übelkeit und Schwindel mit abnehmendem Abstand zu Mobilfunkbasisstationen besteht.

In der Untersuchung von Rösli et al. (2004) gaben 11 % der befragten Personen mit EMF-bezogenen Beschwerden an, unter Schwindel zu leiden und 4 % unter Übelkeit. Unklar bleibt hier, wie sich die Prävalenz dieser Symptome zu einer Befragung im Bevölkerungsdurchschnitt verhält, da es sich hierbei um ein Kollektiv mit einem Selektionsbias handelt (siehe Kapitel 1.1.2 und 3.6).

In den meisten Studien wird ein Zusammenhang zwischen Schwindel und EMF nicht gefunden. In Publikationen aus Schweden und Norwegen (Ofstedal et al. 2000, Sandström et al. 2000, Wilen et al. 2003, genauer siehe Kapitel 3.4), die dasselbe Kollektiv beschreiben, kommen nur Wilen et al. (2003) zu dem Schluss, dass das Symptom Schwindel möglicherweise in Zusammenhang mit der spezifischen Absorptionsrate (SAR) und der Gesprächsdauer steht. Mit längerer Gesprächsdauer und höherem SAR steigt die Häufigkeit der berichteten Beschwerden.

Eine Aussage zu einem möglichen Zusammenhang zwischen EMF und Übelkeit kann anhand der vorliegenden Literatur nicht getroffen werden, da die Studien, in denen ein möglicher Zusammenhang beschrieben wird, für diesen Bereich keine ausreichende Bewertungsgrundlage darstellen. Zudem wird dieser Symptomkomplex mit einer eher geringen Häufigkeit von betroffenen Personen angegeben bzw. erfragt.

Die Evidenz für einen Einfluss auf das Symptom Schwindel ist ähnlich gelagert wie für Müdigkeit und Schlafstörungen. Die Begründung, dass mit zunehmender Feldstärke und längerer Gesprächsdauer ein größerer Effekt zu beobachten ist, erscheint zunächst plausibel (Wilen et al. 2003). Jedoch wurde bei dieser Studie keine Datenbereinigung auf Confounder und keine Adjustierung wie in den Untersuchungen, die dasselbe Kollektiv verwenden, vorgenommen.

Aus diesem Grund muss die Evidenz für den Endpunkt Schwindel ebenso wie für Müdigkeit und Schlafstörungen bewertet werden. Auch hier kann anhand der bewerteten Literatur keine abschließende Bewertung vorgenommen werden, ein (kausaler) Zusammenhang erscheint dennoch unwahrscheinlich.

3.3 Endpunkt: Kopfschmerzen

Kopfschmerzen gehören zu den Symptomen, die von Teilen der Bevölkerung am häufigsten in Zusammenhang mit EMF angegeben werden. Zu diesem Endpunkt gibt es in der wissenschaftlichen Literatur auch die meisten übereinstimmenden Ergebnisse, weshalb an dieser Stelle ein Teil der relevanten Studien näher betrachtet werden sollen (Chia et al. 2000, Navarro et al. 2003, Koivisto et al. 2001, Oftedal et al. 2000, Rösli et al. 2004, Sandström et al. 2000, Santini et al., 2003b, Wilen et al. 2003, Zwamborn et al. 2003).

Die Untersuchung von Chia et al. (2000) wurde sehr sorgfältig durchgeführt: einer Pilotstudie folgte eine Powerberechnung und es wurde dementsprechend mit de facto 781 Probanden ein relativ großes Kollektiv untersucht. Das Ziel war es, neuronale Symptome in einen Zusammenhang mit der Mobiltelefonnutzung zu stellen. Aus den ermittelten Daten ergab sich, dass ausschließlich Kopfschmerzen mit der täglichen Dauer der Gespräche korrelieren, aber nicht mit der Anzahl an Telefongesprächen. Damit übereinstimmend war die höchste Rate an Kopfschmerzen bei solchen Mobiltelefonnutzern zu finden, die keine Freisprecheinrichtung nutzten. Ein Zusammenhang zu anderen betrachteten Symptomen konnte nicht hergestellt werden, da diese im Kontrollkollektiv genauso häufig auftraten wie bei den Probanden. Obwohl diese Studie gut konzipiert ist, räumen die Autoren ein, dass ein Response-Bias möglicherweise zu einer Verzerrung geführt haben kann. Weiterhin ist anzumerken, dass keine weiteren Einflussfaktoren, die Auslöser von Kopfschmerzen sein können, in die Datenauswertung einbezogen wurden.

Ein Einfluss der Telefondauer wird auch in einer weiteren Studie festgestellt (Wilen et al. 2003). Hier korreliert die Häufigkeit der angegebenen Kopfschmerzen mit der Telefondauer und einem höheren SAR-Wert. Wie bereits in Kapitel 3.2 beschrieben wurde, gibt es auch in dieser Arbeit methodische Schwierigkeiten, die eine eindeutige Bewertung nicht zulassen. Zu dem Symptom Kopfschmerzen kommen auch die beiden anderen Untersuchungen mit demselben Kollektiv zu dem Ergebnis, dass EMF einen Einfluss auf die Entstehung von Kopfschmerzen haben können (Oftedal et al. 2000, Sandström et al. 2000). In diesen Studien wurden Einflussfaktoren berücksichtigt und eine Adjustierung hinsichtlich relevanter Parameter wurde vorgenommen.

Bei Rösli et al. (2004) wurden Kopfschmerzen mit 41 % an zweiter Stelle nach Schlafstörungen als EMF-bezogenes Symptom benannt. In den zwei Arbeiten, deren konzeptionelle Bewertung weniger positiv ausfällt, wird ein signifikanter Zusammenhang zwischen Kopfschmerzen und EMF mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,001$ gefunden bzw. ein signifikanter Zusammenhang bis zu 200 m subjektiv geschätztem Abstand zu einer Basisstation (Navarro et al. 2003, Santini et al. 2003b).

Bei Zwamborn et al. (2003) zeigte sich kein statistischer Zusammenhang zwischen Kopfschmerzen und EMF im Vergleich von Kontrollkollektiv, einer Exposition von 900 MHz, 1800 MHz oder 2100 MHz (siehe auch Kapitel 3.4).

Eine weitere experimentelle Studie, in der kein Zusammenhang hergestellt werden konnte, stammt von Koivisto et al. (2001). In einem Crossover-Design wurden gesunde Probanden gegenüber Mobiltelefonen exponiert und die Symptome wurden

anhand von Fragebögen im Anschluss an die Exposition erfasst. Die grundsätzlichen Kritikpunkte an der ansonsten gut durchdachten Untersuchung sind, dass keine Aussage über eine ggf. chronische Exposition getroffen werden kann, da zwar alle Probanden Mobiltelefone besitzen, aber die Exposition nicht bestimmt werden kann. Zudem wurden vergleichbar wenige gesunde Probanden (48) eingesetzt, die vorab keine Beschwerden im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern geäußert haben. Somit entspricht das Kollektiv einem Bevölkerungsdurchschnitt, deren Größe aber für statistische Aussagen zu gering ist und deshalb ist eine abschließende Bewertung nicht zulässig.

Insgesamt betrachtet, gibt es einen stärkeren Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen Kopfschmerzen und EMF als bei den übrigen betrachteten Endpunkten. Dadurch, dass in mehreren gut konzipierten Untersuchungen (Chia et al. 2000, Wilen et al. 2003, Oftedal et al. 2000, Sandström et al. 2000) übereinstimmend zu diesem Ergebnis gelangt wird, ist eine Assoziation eher wahrscheinlich. Die Studien haben z.T. verschiedene Untersuchungsansätze zugrunde gelegt und sind somit nicht absolut vergleichbar. Zudem ist gerade das Symptom Kopfschmerzen in der Bevölkerung eines der häufigsten und kann auf sehr viele unterschiedliche Ursachen zurückzuführen sein. Wie bei den anderen betrachteten Symptomkomplexen kann auch für Kopfschmerzen nur dann eine bessere Assoziation mit ausreichender Sicherheit nachgewiesen werden, wenn eine eindeutige Zuordnung der Exposition erfolgt und ein ausreichend großes Kollektiv erfasst wird. Anhand der vorliegenden Literatur kann ein Hinweis für eine Assoziation abgeleitet werden. Trotzdem ist es nicht möglich einen kausalen Zusammenhang herzustellen, da durch keine der vorliegenden Studien ein plausibler Wirkmechanismus aufgezeigt werden konnte.

3.4 Endpunkt: Konzentrationsschwierigkeiten und Gedächtnisstörungen

Konzentrationsschwierigkeiten und Gedächtnisstörung wurden zu einem Symptomkomplex zusammengefasst, da die Symptome von den Betroffenen nicht immer klar voneinander abzugrenzen sind und häufig gemeinsam angegeben werden. Andererseits muss bedacht werden, dass das Symptom Gedächtnisstörung auf einer neurologischen Erkrankung basieren kann und daher im engeren Sinne kein unspezifisches Symptom ist.

Eine Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen, die sich mit EMF-attribuierten Symptomen befassen, untersuchen in der Regel einen umfangreichen Symptomkomplex, der diese beiden Beschwerden beinhaltet.

In erster Linie sind die Publikationen von Oftedal et al. (2000), Sandström et al. (2001) und Wilen et al. (2003) zu nennen, die sich auf dasselbe Studienkollektiv in Skandinavien beziehen, und dabei unterschiedliche Studienziele verfolgen. Oftedal et al. (2000) untersuchten im Rahmen einer epidemiologischen Studie ein sehr großes Studienkollektiv von 7803 Schweden und 2828 Norwegern, die beruflich Mobilfunknutzer sind, wobei der Anteil von NMT (Nordic Mobile Telephone, gleichförmiges EMF) und GSM (Global System for Mobile Communication, gepulstes EMF) etwa gleich ist, und die Frequenz bei beiden Systemen 900 MHz beträgt. Dabei gaben 50 % des norwegischen Kollektivs und 33 % des schwedischen Kollektivs an, überhaupt unter einem von 11 aufgelisteten Symptomen zu leiden, und 35 % des norwegischen Kollektivs bzw. 14 % des schwedischen Kollektivs bezogen mindestens ein Symptom auf die Mobilfunknutzung.

Werden die Endpunkte Konzentrationsschwierigkeiten und Gedächtnisstörung einzeln betrachtet, so gaben 4,5 % der untersuchten Norweger und 1,4 % der untersuchten Schweden mobilfunkbezogene Konzentrationsstörungen und 2,8 % der Norweger bzw. 0,6 % der Schweden mobilfunkbezogene Gedächtnisstörungen an. Von den insgesamt 11 abgefragten Symptomen wurde dabei in Norwegen das Symptom Gedächtnisstörungen am seltensten angegeben, unmittelbar gefolgt von Konzentrationsstörungen. In Schweden war Schwindel das seltenste Symptom (siehe auch Kapitel 3.2), gefolgt von Gedächtnisstörungen und Konzentrationsstörungen. Auf diese Studie bezogen stellen die hier zu betrachtenden Endpunkte somit eher seltener geäußerte Symptome dar, allerdings ließ sich keine statistische Signifikanz nachweisen, so dass von diesen Studien nur eine tendenzielle Aussage abgeleitet werden kann.

Das Design dieser Studien erscheint aussagekräftig, jedoch ist zu bedenken, dass die Ergebnisse, die sich auf ein Kollektiv mit beruflicher Mobilfunknutzung beziehen, aus verschiedenen Gründen nicht unbedingt auf die Allgemeinbevölkerung übertragen werden können. Zum einen sind in dieser Studie Männer im Verhältnis zur Verteilung in der Gesamtbevölkerung überrepräsentiert (86 % der untersuchten Schweden und 90 % der untersuchten Norweger sind männlich), was insbesondere vor dem Hintergrund der in der Literatur beschriebenen höheren Prävalenz von EMF-bezogenen Beschwerden bei Frauen einen Confounder darstellen kann. Zum anderen kann beispielsweise beruflich bedingter Stress (auch während eines Telefonates) einen Confounder darstellen.

Die Studienergebnisse können insbesondere auch wegen der nicht möglichen Objektivierbarkeit der angegebenen Symptome, die allein auf den Angaben der Studienteilnehmer beruhen, nur rein deskriptiv und nicht kausal gedeutet werden.

Santini et al. (2001b) fanden bei Mobilfunknutzern statistisch signifikant häufiger Konzentrationsstörungen bei der Exposition gegenüber 1800 MHz im Vergleich zu einer Exposition gegenüber 900 MHz. Allerdings beruhen diese Ergebnisse auf eigenen Angaben in einem Fragebogen von verhältnismäßig kleinen und zahlenmäßig sehr unterschiedlichen Kollektiven, so dass diese Ergebnisse von den Gutachtern als nicht sehr aussagekräftig gewertet werden.

Rööslı et al. (2004) fanden in ihrem Kollektiv, bestehend aus 394 Personen mit EMF-bezogenen Beschwerden, bei 16 % der Personen das Symptom Konzentrationsschwierigkeiten. Das Symptom Gedächtnisstörungen wurde von den Autoren nicht erfragt (siehe auch Kapitel 3.6).

Eine weitere epidemiologische Studie wurde in Frankreich durchgeführt (Santini et al. 2003b). Das Studienkollektiv war im Vergleich zu den oben aufgeführten Untersuchungen von Oftedal et al. (2000) wesentlich kleiner. Es bestand aus 530 Teilnehmern. Der Anteil von Männern und Frauen war etwa gleich. Es wurde eine Befragung mittels Fragebogen durchgeführt, wobei die Teilnehmer die Entfernung ihrer Wohnung von einer Basisstation selbst einschätzen mussten, und diese Angabe der Einteilung in Expositionsgruppen diente (< 10 m, 10-50 m, 50-100 m, 100-200 m, 200-300 m, > 300 m). Die Gruppe der in über 300 m Entfernung von einer Basisstation wohnenden Teilnehmer wurde als „nichtexponiertes“ Kontrollkollektiv herangezogen. Es wurden insgesamt 18 unspezifische Beschwerden abgefragt.

Dabei ergab sich für die Endpunkte Konzentrationsstörungen und Gedächtnisstörungen bei den Teilnehmern, die bis 100 m von einer Basisstation entfernt wohnten, eine statistisch signifikant häufigere Symptomangabe im Vergleich zu dem „nichtexponierten“ Kontrollkollektiv.

Als wesentliches Problem dieser Studie erscheint die Selbsteinschätzung der Teilnehmer bezüglich der Entfernung von der Basisstation, insbesondere da die Bereiche sehr eng gefasst wurden, und aus dieser Einschätzung der Teilnehmer auch die Zuordnung zum Kollektiv der Exponierten und zu dem der Nichtexponierten resultierte. Dies kann eine bedeutende Missklassifikation zur Folge haben, der insbesondere bei dem für eine epidemiologische Studie relativ kleinen Kollektiv eine bedeutende Auswirkung auf die Ergebnisse zukommen kann. Bei einem relativ kleinen Kollektiv ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass sich die in beiden Richtungen möglichen Missklassifikationen nicht gegenseitig ausgleichen. Ein Bias könnte die Nichterfassung der beruflichen Exposition darstellen.

Ein statistisch signifikanter Geschlechterunterschied ließ sich in dieser Studie zu den Symptomen Konzentrationsstörung und Gedächtnisstörung im Gegensatz zu einem nachgewiesenen Unterschied bei sieben anderen Symptomen nicht feststellen.

Bei der Betrachtung dieser Endpunkte soll auch auf einige experimentelle Studien hingewiesen werden. Ein aussagekräftiges Studiendesign, unter Berücksichtigung einer Power-Berechnung, ergibt sich für die Untersuchungen von Zwamborn et al. (2003) an einem Kollektiv, bestehend aus 36 Teilnehmern, die zuvor GSM-bezogene Befindlichkeitsstörungen geäußert hatten, und einem Kontrollkollektiv von 36 Teilnehmern ohne zuvor geäußerte Symptome. In beiden Gruppen konnte eine Verbesserung von Reaktionszeit und Gedächtnisleistung bei EMF-Exposition gezeigt werden (statistisch signifikant, $p < 0,05$).

Auch das Wohlbefinden wurde in diesem Experiment erfragt. Diesbezüglich ergab sich für den Bereich „Somatische Symptome“ bei den Probanden eine statistisch signifikante Verschlechterung bei Exposition mit 2100 MHz gegenüber der Kontrollgruppe.

Diese Diskrepanz zwischen den experimentell gefundenen Verbesserungen kognitiver Leistungen, die sich tendenziell auch in Studien mit deutlich kleineren Kollektiven ergaben (z.B. Croft et al. 2002, Edelstyn und Oldershaw 2002, Koivisto et al. 2000), und den in epidemiologischen Studien von den Studienteilnehmern subjektiv geäußerten, EMF-bezogenen Beschwerden „Konzentrationsschwierigkeiten“ und „Gedächtnisstörungen“ bedarf einer Klärung. Einerseits beruhen diese Angaben der Teilnehmer epidemiologischer Studien auf subjektiven Empfindungen, andererseits könnten diese jedoch möglicherweise im Rahmen einer experimentellen, längerfristigeren EMF-Exposition unter Einschluss einer Symptomabfragung objektiviert werden.

Da diese beschriebenen Endpunkte in den großen epidemiologischen Studien eher zu den seltener angegebenen EMF-bezogenen Symptomen zählen, erscheint die Assoziation zwischen Konzentrationsschwierigkeiten bzw. Gedächtnisstörungen wenig wahrscheinlich. Dies gilt auch vor dem Hintergrund der oben beschriebenen Ergebnisse experimenteller Studien.

Werden beide Symptome separat betrachtet, so ergibt sich aus der Studie von Rööslis et al. (2004) für das aus Sicht der Gutachter unspezifischere Symptom Konzentrationsstörung eine Prävalenz von 16 % für Personen mit EMF-assoziierten Beschwerden. Auch in den Studien von Oftedal und Sandström war die Prävalenz für Konzentrationsstörungen etwas höher als für Gedächtnisstörungen, so dass bei der Differenzierung dieser zu einem Endpunkt zusammengefassten Symptome auf eine etwas höhere, aber immer noch geringe Wahrscheinlichkeit für die Assoziation von EMF und Konzentrationsstörung im Vergleich zur Assoziation von EMF und Gedächtnisstörungen geschlossen wird.

Allerdings kann auch aufgrund dieser Studienergebnisse nur auf eine Tendenz geschlossen werden, da keine statistische Signifikanz nachweisbar war.

3.5 Endpunkt: Schmerzen außer Kopfschmerz

Dieser Endpunkt wurde in die zu bearbeitende Liste aufgenommen, da in der öffentlichen Meinung die Hypothese eines Zusammenhangs mit EMF verbreitet ist. Auch in Foren elektrosensibler Personen werden häufiger EMF-bezogene Schmerzen erwähnt. In der wissenschaftlichen Literatur haben sich allerdings lediglich zwei Studien mit diesem Thema befasst (Rööslis et al. 2004, Zwamborn et al. 2003). Die Symptome in der Studie von Zwamborn et al. (2003) können nicht bezogen auf mögliche Zusammenhänge bewertet werden. Wie in Kapitel 3.3 bereits erwähnt, kann für diese Häufigkeiten kein Zusammenhang zu EMF abgeleitet werden. Zwamborn et al. (2003) fanden für Brustschmerzen nur einen statistischen Zusammenhang zu UMTS Feldern von 2100 MHz, aber keinen Zusammenhang bei Muskelschmerzen (siehe auch Kapitel 3.4).

Bei Rööslis et al. (2004) wurde die Prävalenz von Gliederschmerzen mit 11 % und Rückenschmerzen mit 5 % der Befragten erfasst. Die Probanden führten in dieser Studie die Symptome auf den Einfluss von EMF zurück.

Aufgrund des geringen Vorkommens dieser subjektiven Symptome in der wissenschaftlichen Literatur kann keine abschließende Aussage über mögliche Zusammenhänge getroffen werden. Allerdings zählen Glieder-, Muskel- und Rückenschmerzen ebenso wie Kopfschmerzen zu solchen Symptomen, die in der Bevölkerung sehr häufig gefunden werden und somit ist es nicht verwunderlich, wenn Befragte dazu in geringer Prävalenz Angaben machen (Rööslis et al. 2004). Da für derartige Symptome des Bewegungsapparates bei einer geringen Feldstärke wie bei EMF des Mobilfunks ein Wirkmechanismus nicht plausibel erscheint, kann davon ausgegangen werden, dass diese Symptome eher nicht durch den Einfluss elektromagnetischer Felder bedingt sind.

3.6 Endpunkt: Nervosität

Aussagen zum Endpunkt Nervosität werden in den Studien von Rööslis et al. (2004), und Zwamborn et al. (2003) getroffen. Rööslis et al. (2004) werteten 429 Fragebögen von Einwohnern der Schweiz aus. Die Fragebögen waren an Menschen gerichtet, die sich beispielsweise in öffentlichen Einrichtungen, bei Bauökologen oder Telefongesellschaften mit Beschwerden, die sie auf EMF zurückführten, gemeldet hatten. Alle Teilnehmer waren somit „EMF-besorgt“.

In den Fragebögen gaben 92 % der Befragten an, unter EMF-bezogenen Beschwerden zu leiden. Unter den 26 häufigsten Beschwerden war Nervosität / Disstress am dritthäufigsten angegeben (19 % aller Teilnehmer, die Beschwerden geäußert hatten). Dabei ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen. Es wurden auch Assoziationen der Symptome mit dem Bildungsstand festgestellt (χ^2 , $p=0,01$). So war die Prävalenz bezüglich Nervosität bei Personen mit höherem Bildungsstand größer.

Zwamborn et al. (2003) werteten in ihrer experimentellen Studie (siehe Kapitel 3.4) unter anderem einen Fragebogen zum Wohlbefinden aus, in dem 23 Parameter, darunter auch „Nervosität“, erfragt wurden. Dabei ergab sich in dem aus 36 Teilnehmern bestehenden Kollektiv, die zuvor GSM-bezogene Befindlichkeitsstörungen geäußert hatten, ein statistisch signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) mit häufigerer Angabe Nervosität bei einer Exposition gegenüber 2100 MHz im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Es wird in den oben genannten Studien der von uns gewählte Endpunkt Nervosität von Betroffenen als EMF-assoziiertes Symptom genannt. Auch Zwamborn et al. (2003) fragte dieses Symptom in seiner experimentellen Studie unter den oben genannten Ergebnissen ab.

Insgesamt erscheint eine entsprechende Assoziation möglich, ihre Wahrscheinlichkeit wird zwischen wenig wahrscheinlich und mittelgradig wahrscheinlich gewertet.

3.7 Endpunkt: Depressive Verstimmung und Niedergeschlagenheit

Das Symptom Depressive Verstimmung / Niedergeschlagenheit soll als Endpunkt den unspezifischen Symptomen zugeordnet werden. Nicht einbezogen wird die gestellte Diagnose Depression, die nicht als Symptom, sondern als Erkrankung zu werten ist.

Navarro et al. (2003) beziehen Depression als Symptom in ihre Untersuchungen ein, wobei die Studie als qualitativ ungenügend gewertet wurde. Depression wurde statistisch signifikant mit größerem Schweregrad in dem Kollektiv angegeben, das aufgrund der subjektiven Entfernungseinschätzung der Probanden zur Basisstation als Kollektiv mit höherer Exposition gewertet wurde, $p < 0,02$ (siehe Kapitel 3.10). Die Assoziation zwischen höherem in der Wohnung gemessenen EMF (als höher exponiertes Kollektiv gewertet) und dem Schweregrad der Depression wird mit $p < 0,001$ ebenfalls als statistisch signifikant angegeben.

Röösli et al. (2004) fanden unter den 26 häufigsten Beschwerden in der Rangfolge an dreizehnter Stelle die Angabe Depression (5 % aller EMF-besorgten Teilnehmer, die Beschwerden geäußert hatten). Dabei ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen (siehe auch Kapitel 3.6).

Santini et al. (2003b) fanden in ihrer epidemiologischen Studie bei der Betrachtung des Symptoms "Depressive Tendenz" eine statistisch signifikant häufigere Angabe ($p < 0,05$) bei Personen, die in den Kollektiven bis 100 m von einer Basisstation entfernt wohnten und angaben, dass die Symptome oft (2) oder sehr oft (3) auftreten würden (eingesetzte Skala von 0–3) im Vergleich zu Personen ohne EMF-Exposition (Entfernung > 300 m) (siehe auch Kapitel 3.4).

Insgesamt kann dieser in verschiedenen Studien untersuchte Endpunkt aufgrund der jeweils verwendeten Begriffe möglicherweise zu einem sehr unterschiedlichen Verständnis bei den Studienteilnehmern führen, so dass ein Confounding-Effekt daraus resultieren könnte. Es erscheint für die Untersuchung unspezifischer Symptome besser zu sein, den Begriff „depressive Verstimmung“ einzusetzen, der Begriff „Depression“ sollte eher einer spezifisch definierten Krankheit zukommen.

Unter Berücksichtigung der Studienlage erscheint eine Assoziation zwischen EMF-Exposition und depressiver Verstimmung wenig wahrscheinlich.

3.8 Endpunkt: Hautprobleme: Juckreiz, Kribbeln, Rötungen

Ebenso wie die übrigen in diesem Gutachten behandelten Endpunkte wird der Symptomkomplex Hautveränderungen sehr häufig von Betroffenen angegeben und wird aus diesem Grund auch in einigen der wissenschaftlichen Arbeiten behandelt. In zwei Arbeiten wurde kein Zusammenhang festgestellt (Koivisto et al. 2001, Navarro et al. 2003). In diesen Arbeiten wurden allerdings verschiedene Symptome betrachtet, die in der Regel mit einer relativ geringen Prävalenz angegeben wurden. So fanden Koivisto et al. (2001) keinen Unterschied in den untersuchten Kollektiven für die Symptome Juckreiz und Rötungen. Hautveränderungen im Allgemeinen wurden, ohne dass ein Zusammenhang gefunden wurde, von Navarro et al. (2003) betrachtet.

In zwei Studien wurde lediglich die Prävalenz von Hautsymptomen angegeben, ohne dass auf einen kausalen Zusammenhang geschlossen werden kann. Frick et al. (2002) fanden unterschiedliche Häufigkeiten für trockene Haut 35,2 %, Ausschlag 24,5 % und Juckreiz 16 %. Dagegen wurde in der Untersuchung von Rösli et al. (2004) ein EMF-bezogener Hautausschlag mit einer relativ geringen Häufigkeit von 6 % erfasst. Bei Hautausschlag handelt es sich zwar eher um eine Diagnose, die leichter zu objektivieren ist, jedoch ist eine Prävalenz von 6 % eher gering.

Die Probanden in der Untersuchung von Rösli et al. (2004) stellen ein Kollektiv dar, das sich bereits aufgrund von gesundheitlichen Befürchtungen an öffentliche Stellen gewendet hat und daher kann angenommen werden, dass hier eine höhere Prävalenz an unspezifischen Symptomen auftritt. Es ist nicht zu erklären, warum so große Unterschiede der Prävalenz für Hautausschlag mit 6 % und 24,5 % (Frick et al. 2002) ermittelt werden.

Ein schwer zu erklärender Zusammenhang zwischen Elektromagnetischen Feldern und allgemeinen Hautproblemen wird in der französischen Studie ermittelt (Santini et al. 2003b). In einem Abstand von bis zu 10 m von einer Basisstation wurde ein statistisch signifikanter Zusammenhang gefunden und im nächsten Entfernungsschritt von 10-50 m lag keine Signifikanz vor. Jedoch war für die Angabe von Hautproblemen als "häufig" im Vergleich zu "sehr häufig" zwischen 50-200 m wieder signifikant.

Insgesamt betrachtet kann anhand der vorliegenden Untersuchungen keine Aussage über einen Zusammenhang getroffen werden. Die Untersuchungen von Koivisto et al. (2001) und Navarro et al. (2003) arbeiteten mit sehr kleinen Kollektiven und anhand lediglich der Prävalenz kann nicht auf eine Assoziation geschlossen werden (Frick et al. 2002, Rösli et al. 2004).

Ungeachtet der methodischen Unterschiede in den vorliegenden Arbeiten, tragen die großen Unterschiede zu der Angabe der Prävalenz bezogen auf die selbst attribuierte Diagnose "Hautprobleme" nicht zur Klärung der Fragestellung bei (Frick et al. 2002, Rösli et al. 2004).

3.9 Endpunkt: Wärmegefühl der Haut: Brennen im Gesicht und "warmes Ohr"

Diese Endpunkte werden sehr häufig in Zusammenhang mit der Nutzung von Mobiltelefonen und eher selten als Einfluss von Basisstationen angegeben. Dabei sollen die beiden Symptome zunächst getrennt betrachtet werden. Ein Brennen oder warmes Gefühl der Gesichtshaut während und nach dem Telefonieren wurde u.a. auch in den skandinavischen Arbeiten betrachtet, ohne dass ein Zusammenhang gefunden wurde (Sandström et al. 2001, Wilen et al. 2003).

In der Studie von Chia et al. (2000) wurde das Brennen im Gesicht ebenfalls erfasst. Die Häufigkeit des Symptoms lag bei Handybenutzern bei 4,5 % und bei nicht Handybenutzern bei 4 % und trat damit nicht signifikant häufiger auf. Ebenso kommen Autoren einer experimentellen Untersuchung zu dem Ergebnis, dass zwischen Kontrollkollektiv und Probanden kein Unterschied bezogen auf das Symptom "warme Haut" besteht (Koivisto et al. 2001).

Dagegen fanden Oftedal et al. (2000) einen Zusammenhang zwischen Brennen der Gesichtshaut und dem Telefonieren mit einem Mobiltelefon. Kurz nach Beginn des Gesprächs tritt das Symptom auf der Seite, mit der telefoniert wird, auf und dauert häufig auch nach Beendigung des Gesprächs an. Die Autoren sehen darin keine kausale Evidenz und räumen ein Wiederbefragungsbias ein.

Mit der Frage des warmen Ohrs beschäftigt sich außer den skandinavischen Studien nur noch die Untersuchung von Chia et al. (2000). Die Autoren finden in den untersuchten Kollektiven keine höhere Häufigkeit für das Symptom "warmes Ohr" oder Wärme hinter dem Ohr. In einer der drei weiteren Studien wird ein Zusammenhang mit der Telefondauer und der SAR festgestellt (Wilen et al. 2003). Das "warme Ohr" tritt vornehmlich bei dem Telefongespräch auf und kann nach Beendigung noch einige Zeit andauern (Oftedal et al. 2000). In dieser Arbeit wurde bestätigt, dass die Mobiltelefone zu einer leichten Erwärmung des in Kontakt befindlichen Gewebes führen können, was die höhere Häufigkeit dieser Angabe erklären kann.

Im Gegensatz dazu finden Sandström et al. (2001) keinen Zusammenhang zwischen dem Symptom "warmes Ohr" und dem telefonieren mit einem Mobiltelefon.. Umgekehrt stellen sie fest, dass eher Nutzer des Festnetzes häufiger angeben, ein warmes Ohr oder Wärme hinter dem Ohr zu empfinden.

Auch Santini et al. (2001b) fanden einen Zusammenhang zwischen der täglichen Telefondauer, der täglichen Anzahl an Telefonaten und dem der Angabe, Wärme des Ohres zu empfinden. Sie fanden das Symptom „warmes Ohr“ statistisch signifikant häufiger bei Personen, die mindestens zwei Telefonate pro Tag führten im Vergleich mit Personen, die maximal zwei Telefonate pro Tag führten ($p < 0,05$). Ebenso wurde dieses Symptom statistisch signifikant häufiger von Personen angegeben, die nach eigenen Angaben mindestens zwei Minuten täglich telefonierten im Vergleich zu Personen mit der Angabe, täglich maximal zwei Minuten zu telefonieren ($p < 0,05$). Die Autoren geben selbst zu bedenken, dass diese Empfindung einen Einfluss auf die

Gesprächsdauer haben könnte. Wie schon in Kapitel 3.4 beschrieben wurde, handelt es sich bei dieser Studie um Befragungen in sehr kleinen und unterschiedlichen Kollektiven, so dass der ermittelte statistische Zusammenhang nicht sehr aussagekräftig ist (siehe auch Tabelle 3).

Es ist bekannt, dass das Mobiltelefon bei längerer Gesprächsdauer – als Folge auf die Wärme abgebende Batterie – das direkt anliegende Gewebe geringfügig erwärmen kann. Dass diese Erwärmung zu Befindlichkeitsstörungen führen kann, ist daher nachvollziehbar. Anhand dieser Befunde kann auf den thermischen Effekt durch das Mobiltelefon geschlossen werden, was nicht als unspezifisches subjektives Symptom anzusehen ist. Dieser Effekt ist nur dadurch zu vermeiden, dass auf das Mobiltelefonieren verzichtet wird, die Gesprächsdauer möglichst kurz gehalten oder eine Freisprechanlage genutzt wird.

Ein länger anhaltendes Brennen der Gesichtshaut wird nur von Oftedal et al. (2000) beschrieben und in keiner der anderen Arbeiten gefunden. Daher kann vermutet werden, dass es sich hier noch um Nachwirkungen des thermischen Effektes handeln könnte. Da jedoch nur in dieser Studie ein positiver Befund zu diesem Endpunkt gefunden wurde, ist die Evidenz für dieses Symptom eher gering. Es ist eher unwahrscheinlich, dass EMF zu einem Brennen der Gesichtshaut führen können.

3.10 Endpunkt: Tinnitus, Ohrgeräusche

Unter Tinnitus aurium versteht man Ohrgeräusche, die von unterschiedlicher Qualität und Intensität sein können. Sie werden häufig nur subjektiv vom Patienten wahrgenommen, lassen sich manchmal aber auch als auskultatorisch nachweisbare Geräusche objektivieren. Das Symptom kann durch unterschiedliche organische Veränderungen ausgelöst werden. Es kommt jedoch häufig vor, dass keine organische Ursache zu ermitteln ist. Einige der in dieses Gutachten einbezogenen Studien erfragen das Symptom „Hörstörungen“, was hier in einem erweiterten Sinn in die Betrachtung des Endpunktes Tinnitus einbezogen wird.

Röösli et al. (2003), (siehe auch Kapitel 3.6), stellten in ihrer Studie fest, dass bei der Zuordnung einzelner Symptome zu verschiedenen EMF-Quellen, die unterschiedliche Frequenzen emittieren, Tinnitus von Personen, die ihre Symptome auf Quellen der Kommunikationstechnik zurückführen, tendenziell häufiger angegeben wurden, ohne dass Unterschiede statistisch signifikant waren. Bei der Zuordnung von Symptomen zu verschiedenen Altersgruppen ergab sich eine höhere Häufigkeit für das Symptom Tinnitus in der Gruppe der über 60-jährigen im Vergleich zu jüngeren Altersgruppen. Das gleiche ergab sich auch für Schlafstörungen und Herzerkrankungen. Es kann vermutet werden, dass diese Diagnosen in der Allgemeinbevölkerung bei über 60-Jährigen insgesamt häufiger gestellt werden als in jüngeren Altersgruppen, so dass diesem Ergebnis vermutlich eher eine „Altersspezifität“ als eine „EMF-bezogene Spezifität“ zukommt.

Santini et al. (2003b), (siehe Auch Kapitel 3.4), fanden in ihrer epidemiologischen Studie bei der Betrachtung des Symptoms Hörstörung eine statistisch signifikant häufigere Angabe ($p < 0,05$) bei Personen, die < 10 m oder 10–50 m von einer Basisstation entfernt wohnten und angaben, dass die Symptome oft oder sehr oft auftreten würden im Vergleich zu Personen ohne EMF-Exposition (Entfernung > 300 m).

Auch in der Studie von Navarro et al. (2003) wurde das Symptom Hörstörung untersucht. Dabei wurde kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen „EMF-Hochexponierten“ (N=54) und „EMF-Durchschnittlichexponierten“ (N=47) festgestellt. Bei dieser Untersuchung handelt es sich um eine epidemiologische Studie, die an 101 Einwohnern einer spanischen Stadt durchgeführt wurde. Ziel der Studie war die Frage nach einem Zusammenhang zwischen angegebenen Symptomen und der Nachbarschaft zu GSM-DCS-Basisstationen. Dabei erfolgte die Zuteilung zu den beiden oben genannten Gruppen infolge einer subjektiven Entfernungseinschätzung der Wohnung von der Basisstation durch die Teilnehmer und durch Messergebnisse von EMF im Schlafzimmer der Probanden. Die genauen Zuteilungskriterien sind aus dieser Studie nicht abzuleiten und deshalb zu hinterfragen. Sie birgt wahrscheinlich die Möglichkeit einer Missklassifikation. Weiterhin muss das Studienkollektiv als sehr klein bezeichnet werden (siehe auch Kapitel 3.2).

Ozturan et al. (2002) fanden in einer experimentellen Studie an 30 gesunden Erwachsenen bei einer zehnmütigen EMF-Exposition mittels Mobiltelefon keinen Effekt auf das Hören und keinen Hinweis für eine Veränderung im Innenohr (Schnecke).

Zusammenfassend scheint dem Symptom Tinnitus keine bedeutende Assoziation zu EMF zuzukommen. Dieses Symptom ist im Vergleich mit den weiteren hier betrachteten Symptomen eher als spezifisch zu werten. Das Symptom „Hörstörung“ ist möglicherweise unspezifischer und daher eher in die Liste der übrigen gewählten Endpunkte einzubeziehen. Dennoch wird auch dafür die Wahrscheinlichkeit einer Assoziation als eher gering bewertet.

3.11 Endpunkt: Elektromagnetische Hypersensibilität und Wahrnehmen elektromagnetischer Felder

Wie oben beschrieben ist die Elektromagnetische Hypersensibilität bis heute in ihrer Existenz nicht gesichert (siehe Kapitel 1.1.1). Der Begriff beruht auf subjektiven Angaben Betroffener, deren Objektivierung bis heute nicht erfolgt ist. Die Patienten mit EHS geben häufig mehrere unspezifische Symptome an, wie sie z.T. auch in den Kapiteln 3.1 bis 3.10 aufgeführt sind.

Dem Endpunkt der EHS gilt eine andere Betrachtungsweise, da viele der von den Patienten geäußerten Symptome im einzelnen weiter oben schon ausgeführt wurden und für das "Krankheitsbild" der EHS nicht getrennt voneinander betrachtet werden können. Viele Betroffene geben für sich selbst eine intensivere Wahrnehmungsfähigkeit für elektromagnetische Felder an.

Röösli et al. (2003) gaben bei ihren Untersuchungen an, dass 56 % aller von ihnen befragten EMF-besorgten Teilnehmer, die Beschwerden geäußert hatten, angaben, dass sie elektromagnetische Felder wahrnehmen könnten. Wahrzunehmen sollen EMF-Felder von Mobilfunkbasisstationen, Magnetische Felder von Hochspannungsleitungen, gepulste EMF etc. sein.

Hietanen et al. (2002) konnten bei einer Untersuchung an Teilnehmern mit selbstbezeichneter EHS zeigen, dass die Trefferquote zur Wahrnehmung von EMF rein zufällig war. Ein Zusammenhang zwischen EHS und dem Wahrnehmen von EMF-Exposition ließ sich in dieser experimentellen Studie wissenschaftlich nicht nachwei-

sen. Auch Tahvanainen et al. (2004) konnten diesen Nachweis mit Hilfe experimenteller Studien nicht erbringen.

Hillert et al. (2001) untersuchten 14 Patienten mit selbstberichteter EHS, die gleichzeitig das Symptom einer übermäßigen Müdigkeit angaben. Die Ergebnisse ihrer Studie führen nicht zu einer Unterstützung der Hypothese, dass eine Änderung der Cholinesteraseaktivität das Symptom Müdigkeit bei Elektrohypersensiblen beeinflusst. Somit erwies sich dieser vermutete biologische Parameter nicht als hilfreich in der Diagnostik der oben aufgeführten Beschwerden.

In einer Studie zum Nachweis der Elektrosensibilität im D-Netz wird anhand der Ergebnisse die Vermutung aufgestellt, dass ein Risiko für die Entwicklung EMF-bezogener Beschwerden bestehen kann, wenn Metallunverträglichkeiten (z.B. Zahnfüllungen) vorliegen (Raczek et al. 2000). Bei den untersuchten Patienten wurden Reaktionen in einem Lymphozytentransformationstest (MELISA, LTT) auf verschiedene Metalle festgestellt und daraus ein möglicher Zusammenhang zu EMF abgeleitet. Allerdings muss betont werden, dass der spezifische LTT nur die Sensibilisierung und nicht die Effektorreaktion erfasst, d.h. er gibt nur Hinweise auf einen stattgefundenen Kontakt zu einem bestimmten Antigen und ist nicht gleichzusetzen mit einer klinischen Manifestation. Seine Aussagekraft im Bereich von Umwelterkrankungen ist nur eingeschränkt und muss noch durch Studien belegt werden (RKI 2002). In dieser Studie wurden die Probanden auch auf das Wahrnehmen elektromagnetischer Felder hin untersucht. Dabei lag die Trefferquote der untersuchten „Umweltkranken“ nicht über der der Zufallstrefferquote (Raczek et al. 2000).

Insgesamt fanden sich bei den betrachteten Studien seit 2000 keine Untersuchungen, die eine wissenschaftliche Bestätigung der von den Personen mit selbstbezeichneter EHS angegebenen Wahrnehmungsfähigkeit elektromagnetischer Felder liefern kann. Es muss somit festgestellt werden, dass nach dem heutigen Wissensstand eine eigenständige Krankheitseinheit „Elektromagnetische Hypersensibilität“ in ihrer Existenz nicht gesichert ist. Der Beweis eines solchen Phänomens fehlt nach wie vor.

Dennoch werden Krankschreibungen ausgestellt, die in kausalem Zusammenhang mit der elektromagnetischen Hypersensibilität bezogenen Beschwerdesymptomatik stehen (Flodin et al. 2000). Gerade auch vor dem Hintergrund einer nicht geringen Prävalenz von selbstbezeichneter EHS, die nicht nur für die betroffene Person zum Teil weitreichende Konsequenzen hat, sondern auch für die Versicherungsträger wie Krankenkassen oder Rentenversicherungen unter Umständen mit erheblichen finanziellen Kosten verbunden sein kann, gibt es nur wenige Studien, die zur Abklärung dieser Diskrepanz zwischen gesichertem Wissen über EHS und deren Bedeutung für die betroffenen Personen bzw. für die Öffentlichkeit beitragen. Dies gilt im Besonderen, da diese Form der Gesundheitsstörung nicht zuletzt auch aufgrund fehlender pathophysiologischer Konzepte schwer zu behandeln ist, und sich die Patienten deshalb weder anerkannt noch gut betreut fühlen. Dies findet möglicherweise auch einen Ausdruck in dem vermehrten Zusammenschluss Betroffener in Selbsthilfegruppen.

Nach Frick et al. (2002) gaben Menschen mit einer Tendenz zur Somatisierung eine höhere Anzahl und einen höheren Ausprägungsgrad von Beschwerden an. Bei vielen umweltmedizinischen Patienten, insbesondere bei Patienten mit selbstattribuierter

MCS, kommt den Somatisierungsstörungen eine erhebliche Bedeutung zu. Ob dies auch für EHS-Patienten zutrifft, sollte wissenschaftlich abgeklärt werden. Darüber hinaus erscheint die Entwicklung experimenteller Testverfahren für Untersuchungen zur Pathophysiologie von Elektrosensibilität bei definierten Endpunkten sowohl auf naturwissenschaftlicher als auch psychologischer Ebene notwendig.

4 Gesamtbewertung der Evidenzlage für das Themenfeld Befindlichkeitsstörungen

Für die Bewertung von Befindlichkeitsstörungen lagen zwei Arten von veröffentlichten wissenschaftlichen Studien vor: Experimentelle Studien, in denen der Einfluss elektromagnetischer Felder auf freiwillige Probanden getestet wurden und epidemiologische Studien, in denen i.d.R. anhand von Fragebögen versucht wurde, einen Zusammenhang zwischen dem Einfluss von EMF auf die Ausprägung von Befindlichkeitsstörungen oder subjektiven Symptomen abzuleiten. Diese Studien sind jedoch ausschließlich deskriptiv und liefern keine Erkenntnisse für einen kausalen Zusammenhang. Weiterhin gibt es bis heute keinen Nachweis oder eine plausible Hypothese für einen Wirkmechanismus und ebenso sind pathophysiologische Mechanismen nicht bekannt oder wurden bislang nicht abgeklärt.

Wie bereits in Kapitel 1.1.2 beschrieben wurde, können verschiedene Bias dazu führen, dass die Qualität und Aussagekraft der einzelnen Studien beeinflusst wurde und somit hinterfragt werden musste. Dies ist jeweils für die einzelnen Endpunkte diskutiert worden.

Die in diesem Gutachten bewerteten unspezifischen Symptome sind stark subjektiv geprägt und werden von verschiedenen Personen subjektiv und unterschiedlich bewertet. Es besteht die Schwierigkeit, diese Symptome methodisch zu objektivieren. Hinzu kommt, dass es sich insgesamt um Symptome und Symptomkomplexe handelt, die relativ häufig in der Bevölkerung zu finden sind und die viele verschiedene Ursachen haben können. Auch aus diesem Grund ist es sehr schwierig, Assoziationen in epidemiologischen Studien nachzuweisen oder auch experimentell zu objektivieren. In jedem Fall müssen viele mögliche persönliche Risiken (siehe Kapitel 1.1), Confounder bzw. Einflussfaktoren berücksichtigt werden, die bezüglich der Aussagekraft eine hohe Kollektivstärke erfordern.

Zusätzlich sollte bedacht werden, dass Langzeiteffekte möglicherweise ganz verschieden von Kurzzeiteffekten sein könnten, was insbesondere auch für das Design und die Ergebnisbewertung von experimentellen Studien von Bedeutung wäre. Auch bei Langzeiteffekten ist denkbar, dass unterschiedliche gesundheitliche Effekte von gepulsten und nichtgepulsten EMF ausgehen. Weiterhin könnte die Wirkung von EMF, ausgehend von der Nutzung von Mobiltelefonen, eine andere sein als die der von Basisstationen ausgehenden EMF. In diesem Gutachten wurden diese beiden Expositionsarten nicht separat betrachtet, da die Anzahl der ausgewählten Studien aus der Sicht der Gutachter zu gering war, um eine Unterteilung in zwei Gruppen und damit eine Bewertung der Evidenzlage für jede Gruppe zu ermöglichen.

Aus den hier angeführten Gründen muss die Bewertung des wissenschaftlichen Sachstands für dieses Gutachten mit großer Vorsicht erfolgen. Es wird möglich sein, eine vertretbare objektive vorläufige Einschätzung trotz des Defizits an Daten vorzunehmen.

4.1 Fazit

Insgesamt betrachtet kann festgehalten werden, dass im Bereich der EHS ein Vergleich mit umweltmedizinischen Patienten plausibel erscheint. Es kann davon ausgegangen werden, dass Personen mit unspezifischen Beschwerden, für die sie subjektiv einen kausalen Zusammenhang mit EMF herstellen, in der Regel eine höhere Tendenz zur Somatisierung haben und deshalb beispielsweise eine Überschneidung mit MCS möglich erscheint (Eis et al. 2003, Frick et al. 2002, Rösli et al. 2004). Diese Tendenz kann durch psychologische Testverfahren wie dem SOMS (Screening for somatoform disorders) bestimmt werden. Es wurde ebenfalls gezeigt, dass vornehmlich "sensible Persönlichkeiten", die beispielsweise durch Einflüsse aus den Medien zusätzlich verunsichert wurden, eine höhere Tendenz haben, unspezifische Symptome zu entwickeln und diese dem Einfluss von EMF zuzuschreiben (David et al. 2002). In den beiden Patientengruppen (EHS und MCS) werden häufig vermehrt unspezifische Symptome im Sinne von Befindlichkeitsstörungen angegeben.

Aufgrund der bewerteten Literatur kommen die Gutachter zu dem Ergebnis, dass nur für den Endpunkt Kopfschmerzen (Kapitel 3.3) konkretere Hinweise auf Zusammenhänge zu EMF des Mobilfunks vorliegen. Für eine derartige Assoziation liegen die meisten übereinstimmenden Ergebnisse vor.

Für die Endpunkte Müdigkeit und Schlafstörungen (Kapitel 3.1), Schwindel und Übelkeit (Kapitel 3.2), Schmerzen außer Kopfschmerz (Kapitel 3.5), Depressive Verstimmung und Niedergeschlagenheit (Kapitel 3.7), Hautprobleme (Kapitel 3.8), Wärmegefühl der Haut (Kapitel 3.9) sowie Tinnitus und Ohrgeräusche (Kapitel 3.10) ergibt die Auswertung der Datenlage, dass ein Zusammenhang eher unwahrscheinlich ist. Für viele dieser Endpunkte kann allerdings keine abschließende Aussage getroffen werden, da unterschiedliche und zum Teil widersprüchliche wissenschaftliche Aussagen vorliegen und zudem die Befindlichkeitsstörungen sehr selten Gegenstand der Untersuchung waren.

Eine höhere Evidenz haben nach Ansicht der Gutachter die Endpunkte Konzentrationsschwierigkeiten und Gedächtnisstörungen (Kapitel 3.4) sowie Nervosität (Kapitel 3.6), und sie kommen somit zu dem Ergebnis, dass ein Zusammenhang zwischen diesen Symptomkomplexen und EMF des Mobilfunks wenig wahrscheinlich ist, aber dennoch möglich erscheint.

Insbesondere bei diesen Befindlichkeitsstörungen und im Bereich Kopfschmerzen ist vornehmlich weiterer Forschungsbedarf angezeigt, da den Gutachtern wegen der vielen möglichen Einflussfaktoren eine abschließende Aussage nicht möglich erscheint (siehe auch Kapitel 1.1.2).

Die Gutachter sehen eine besondere Schwierigkeit in der Erfassung und exakten Zuordnung der persönlichen Exposition. In den meisten epidemiologischen Studien wurde entweder eine subjektive Exposition erfasst oder es wurde beispielsweise der subjektiv abgeschätzte Abstand zu einer Basisstation als Bewertungsmaßstab zugrunde gelegt. Die persönliche Exposition kann aber durch Einflüsse außerhalb der Wohnumgebung stark beeinflusst werden (z.B. berufliche Exposition). Deshalb wäre eine zuverlässige Personendosimetrie für eine Objektivierung der erfahrenen Exposition zu empfehlen. Solange in epidemiologischen Studien keine Personendosimetrie eingesetzt werden kann, muss jede Aussage in ihrer Evidenz als stark ein-

geschränkt betrachtet werden. Die genaue mobilfunkbezogene Erfassung der Exposition würde es ermöglichen, eine bessere Assoziation der unspezifischen Befindlichkeitsstörungen herzustellen und auch medizinische Befunde könnten besser zugeordnet werden.

Die Evidenz für das mögliche Krankheitsbild der elektromagnetischen Hypersensibilität ist sehr gering. Aufgrund der vorliegenden Studien ist es weder möglich ein entsprechendes Krankheitsbild als eigenständige Entität zu bestätigen noch zu widerlegen. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Patienten/Probanden in keiner der vorliegenden Studien mit einer höheren Trefferwahrscheinlichkeit als der zufälligen eingeschaltete elektromagnetische Felder erkennen konnten, obwohl sie im Vorfeld angegeben hatten, EMF wahrzunehmen. Die Probleme, die sich im Zusammenhang mit der Bewertung eines Krankheitsbildes EHS ergeben, sind in Kapitel 3.11 ausführlich beschrieben. Die Beantwortung der Frage, ob es ein Krankheitsbild EHS gibt, stellt eine grundsätzlich zu klärende Frage dar, der unter Umständen auch weitreichende Konsequenzen für die Bewertung eines Zusammenhangs zwischen Befindlichkeitsstörungen und EMF zukommen können.

Die Bewertung der aktuellen Literatur ergab, dass die Ursache für EMF-bezogene Befindlichkeitsstörungen nach wie vor nicht wissenschaftlich nachweisbar ist. Es fehlt immer noch an Modellen bzw. Hypothesen insbesondere auf dem Gebiet der Pathophysiologie, mit denen eine Annäherung an die Fragestellung gelingen könnte, und ohne die ein zielorientiertes Vorgehen schwierig ist. Genauso gibt es keine pathophysiologische Erklärung, sondern lediglich Hinweise auf Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Befindlichkeitsstörungen und EMF.

Wenn es gelingt, Hypothesen oder Modelle zu entwickeln, die geeignet sind, mögliche Zusammenhänge zu erfassen, müssen weitere Untersuchungen angestellt werden, die neben den Befindlichkeitsstörungen eine genaue persönliche Exposition erfassen.

Bis dahin kann experimentell und epidemiologisch lediglich weiter nach möglichen Assoziationen geforscht werden. Dies hat zur Folge, dass die Studienergebnisse nur rein deskriptiven Charakter haben können, ohne einen Beweis eines Kausalzusammenhangs zu ermöglichen. Bis zum Vorliegen besserer Evidenzen sollte daher davon ausgegangen werden, dass Befindlichkeitsstörungen – vor allem Kopfschmerzen – möglicherweise durch einen Einfluss von EMF des Mobilfunks auch unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte begünstigt werden können, dass die Wahrscheinlichkeit dafür aber insgesamt als eher gering einzuschätzen ist.

5 Literatur

Chia SE, Chia HP, Tan JS (2000): Prevalence of headache among handheld cellular telephone users in Singapore: A community study. *Environmental Health Perspectives* 108: 1059-1062.

Cherry N (2001): Wahrscheinliche Gesundheitseffekte in Verbindung mit Basisstationen in Siedlungsgebieten: Die Notwendigkeit von Gesundheitserhebungen. *Umwelt-Medizin-Gesellschaft* 14(1): 18-22.

Croft RJ, Chandler JS, Burgess AP, Barry RJ, Williams JD, Clarke AR (2002): Acute mobile phone operation affects neural function in humans. *Clin Neurophysiol* 113: 1623-1632.

David E, Reißerweber J, Wojtysiak A, Pfothenauer M (2002): Das Phänomen der Elektrosensibilität. *Umwelt Med Forsch Prax* 7(1): 7-16.

Edelstyn N, Oldershaw A (2002): The acute effects of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport* 13(1): 119-121.

Eis D, Mühlinghaus T, Birkner N, Bullinger M, Ebel H, Eikmann Th, Gieler U, Herr C, Hornberg C, Hüppe M, Lecke Ch, Lacour M, Mach J, Nowak D, Podoll K, Quinzio B, Renner B, Rupp T, Scharrer E, Schwarz E, Tönnis R, Traenckner-Probst I, Rose M, Wiesmüller A, Worm M, Zunder Th (2003): Multizentrische Studie zur Multiplen Chemikalien Sensitivität (MCS) – Beschreibung und erste Ergebnisse der "RKI-Studie". – *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 8(3) 133-145.

Flodin U, Seneby A, Tegenfeldt C (2000): Provocation of electric hypersensitivity under everyday conditions. *Scand J Work Environ Health* 26(2): 93-98.

Frick U, Rehm J, Eichhammer P (2002): Risk perception, somatization, and self report of complaints related to electromagnetic fields - a randomized survey study. *Int J Hyg Environ Health* 205(5):353-360.

Härmä M (2000): Electric hypersensitivity and neurophysiological effects of cellular phones – facts or needles anxiety. *Scand J Work Environ Health* 2000 26(2): 85-86.

Hietanen M, Hämäläinen AM, Husman T (2002): Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: No causal link. *Bioelectromagnetics* 23(4): 264-270.

Hillert L, Flato S, Georgellis A, Arnetz BB, Kolmodin-Hedman B (2001) Environmental illness: fatigue and cholinesterase activity in patients reporting hypersensitivity to electricity. *Environ Res* 85(3): 200-206.

Huber R, Graf T, Cote KA, Wittmann, Gallmann E, Matter D, Schuderer J, Kuster N, Borbely AA, Achermann P (2000): Exposure to pulsed high-frequency electromagnetic field during waking affects human sleep EEG. *Neuroreport* 11: 3321-3325.

Isa AR, Noor M. (1999): Non-ionizing radiation exposure causing ill-health and alopecia areata. *Med J Malaysia* 46(3): 235-238.

Jauchem JR (1998): A literature review of medical side effects from radio-frequency energy in the human environment: involving cancer, tumors, and problems of the central nervous system. *J Microw Power Electromagn Energy* 38(2): 103-123.

Koivisto M, Krause CM, Revonsuo A, Laine M, Hamalainen H (2000): The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. *Neuroreport* 11(8): 1641-1643.

Koivisto M, Haarala C, Krause CM, Revonsuo A, Laine M, Hamalainen H (2001): GSM phone signal does not produce subjective symptoms. *Bioelectromagnetics* 22(3): 212-215.

Lonne-Rahm S, Andersson B, Melin L, Schultzberg M, Arnetz B, Berg M (2000): Provocation with stress and electricity of patients with "sensitivity to electricity". *J Occup Environ Med* 42(5): 512-516.

Navarro EA, Segura J, Portoles M, Gomez-Perretta de Mateo C (2003): The microwave syndrome: a preliminary study in Spain. *Electromagnetic Biology and Medicine* 22: 161-169.

Oftedal G, Wilen J, Sandstrom M, Mild KH (2000): Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occup Med Lond* 50: 237-45.

Ozturan O, Erdem T, Miman MC, Kalcioglu MT, Oncel S (2002): Effects of the electromagnetic field of mobile telephones on hearing. *Acta Otolaryngol* 122(3): 289-293.

Raczek J, Runow K, Oetzel H, Gailus T, Herget I (2000): Untersuchungen zur Elektrosensitivität bei GSM-Signalen von 900 MHz, durchgeführt an einer potentiellen Risiko-Gruppe. BEMS-Tagung München, Abstract Book, S. 269-270.

Repacholi MH (1998): Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs. *Bioelectromagnetics* 19(1): 1-19.

RKI (2002): Diagnostische Relevanz des Lymphozytentransformationstests in der Umweltmedizin. Mitteilung der Kommission "Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin" am Robert Koch-Institut (RKI). *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 45: 745-749.

Roland NJ, Hughes JB, Daley MB, Cook JA, Jones AS, McCormick MS (1993): Electromagnetic stimulation as a treatment of tinnitus: a pilot study. *Clin Otolaryngol* 18(4): 278-281.

Rööslü M, Rapp R, Braun-Fahrländer C (2003): Hochfrequente Strahlung und Gesundheit – eine Literaturanalyse. *Gesundheitswesen* 65: 378-392.

Rööslü M, Moser M, Baldinini Y, Meier M, Braun-Fahrländer C (2004): Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure - a questionnaire survey. *Int J Hyg Environ Health* 207(2): 141-150.

Sage C (2001): Übersicht über Studien zur Wirkung hochfrequenter Felder (mit Relevanz für die Mobilkommunikation und Daten). *Umwelt-Medizin-Gesellschaft* 14(1): 23-34.

Sandström M, Wilen J, Oftedal G, Hansson Mild K (2001): Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. *Occup Med* 51(1):25-35.

Santini R, Santini P, Seigne M, Danze JM (2001a): Symptomes exprimés par des riverains de station relais de téléphonie mobile. *La Presse Medicale* 30: 1594.

Santini R, Seigne M, Bonhomme-Faivre L, Bouffet S, Defrasne E, Sage M (2001b): Symptoms reported by mobile cellular telephone users. *Pathol Biol (Paris)* 49(3): 222-226.

Santini R, Santini P, Danze JM, Le Ruz P, Seigne M (2003a): Symptoms experienced by people in vicinity of base stations: II/ Incidences of age, duration of exposure, location of subjects in relation to the antennas and other electromagnetic factors. *Pathol Biol (Paris)* 51(7): 412-415.

Santini R, Santini P, Le Ruz P, Danze JM, Seigne M (2003b): Survey Study of People Living in the Vicinity of Cellular Phone Base Stations. *Electromagnetic Biology and Medicine* 22(1): 14-49.

Silny J, Meyer M., Wiesmüller GA, Dott W (2004): Gesundheitsrelevante Wirkungen elektromagnetischer Felder des Mobilfunks und anderer neuer Kommunikationssysteme. *Umwelt Med Forsch Prax* 3, in press.

SSK (2002): Strahlenschutzkommission: Kriterien zur Bewertung strahlenepidemiologischer Studien. Checkliste als Orientierungs- und Bewertungshilfe. Veröffentlichung der Strahlenschutzkommission, Band 50.

SRU (2002): Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltgutachten 2002. Für eine neue Vorreiterrolle. Metzler-Pöschel Stuttgart, S. 285-294

Tahvanainen K, Nino J, Halonen P, Kuusela T, Laitinen T, Lansimies E, Hartikainen J, Hietanen M, Lindholm H (2004): Cellular phone use does not acutely affect blood pressure or heart rate of humans. *Bioelectromagnetics* 25: 73-83.

Testa ER und Cooper JS (1980): Adverse cutaneous effects of ionizing and non-ionizing electromagnetic radiation. *J Dermatol Surg Oncol* 6(3): 210-213.

Wilen J, Sandström M, Hansson Mild K (2003): Subjective symptoms among mobile phone users - a consequence of absorption of radiofrequency fields? *Bioelectromagnetics* 24(3): 152-159.

Zwamborn APM, Vossen SHJA, van Leersum BJAM, Ouwens MA, Mäkel WN (2003): Effects of global communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. Rep. FEL-03-C148, TNO Physics and Electronics Laboratory, Niederlande.

6 Anhang

Tabelle 3: Zusammenfassung und Bewertung der ausgewählten Literatur

Literatur	Ziel	Methode	Ergebnisse	Bewertung
Chia et al. 2000	<p>1. Häufigkeit ZNS-Symptome zwischen Handynutzern und Nicht-Nutzern</p> <p>2. Bestimmung von Risikofaktoren und Symptomen bei Handynutzern</p>	<p>Cross-Sectional-Studie Pilotstudie im Vorfeld.</p> <p>808 Personen, einbezogen wurden 781, Alter 12-72</p> <p>Fragebogen nach subjektiven Symptomen und Telefonverhalten</p>	<p>Kopfschmerz ist assoziiert mit der täglichen Telefondauer und der Nutzung von Freisprecheinrichtungen (bei Nutzung → weniger Kopfschmerzen) aber nicht mit der Anzahl an Gesprächen.</p> <p>Keine Assoziation mit anderen Symptomen (eher häufiger bei Nicht-Nutzern)</p>	<p>Bias möglich: Responsebias. Keine Bestimmung der Exposition.</p> <p>Kopfschmerz ist häufigstes Symptom überhaupt, keine Berücksichtigung anderer relevanter Confounder.</p> <p>Möglich, dass der (nicht kausale) Zusammenhang echt ist, kann aber auch Zufall sein.</p>
R.J. Croft et al. 2002	<p>1. Frühere Studien mit z.T. widersprüchlichen Ergebnissen bzgl. des Nachweises einer Wirkung von MP-Gebrauch auf das EEG. Die Begründung könnte in der angewandten Methodik liegen. Bestimmung der methodischen Grenzen und unter deren Beachtung</p> <p>2. feststellen, ob die aktive MP-Nutzung einen Effekt auf die neuronale Funktion hat.</p> <p>(Schwierigkeit für alle Analysen: eine Verlängerung der Expositionszeit führt zu einer Zunahme der EEG-Variabilität, die auf normales Wechseln der Hirnströme während des Experiments beruhen).</p> <p>→ Versuch: Untersuchung des Expositionseffektes (aktiv MP) auf das EEG als Funktion der Expositionszeit; ebenso statistische Prüfung auf Zeitunterschiede zwischen MP und Kontrollbedingungen.</p>	<p>Einfach-blind vollständig ausgeglichen cross-over Studie (experimentell).</p> <p>24 Personen (16 Männer, 8 Frauen) 19-48 Jahre (mittel 27,5), davon 20 Rechtshänder.</p> <p>900 MHz EMF, 217 Hz Pulsbreite</p> <p>→ EEG 3x20 Min. aufgezeichnet, jeweils mit anderem Hintergrund (aktiv MP/aktiv MP und behaupteter EMF-Abschwäche (wird nicht weiter diskutiert)</p> <p>/Kontrolle=weder MP noch EMF-Abschwäche).</p> <p>→ <u>Aufschlüsselung der 20 Min.:</u></p> <p>3 Min. Hörtest (Knopfdruck bei best. Ton) → Aktivitäten-EEG, dann 2 Min. geöffnete Augen (wach halten) → Ruhe-EEG → insgesamt 5 Min., dies 4x → 20 Min.</p> <p>(auch Kontrolle von Genauigkeit und Reaktionszeit → psychological and behavioural measures)</p> <p>Abfrage Befindlichkeit → Liste 20 Worte Stimmung (z.B. müde, aufgeregt...)</p> <p>19 EEG-Ableitungslokalisationen Kopf</p>	<p>Genauigkeit Kontrolle und EMF: 99,0% (SD=1,8) und 99,3% (SD=1,3)</p> <p>Reaktionszeit Kontrolle und EMF: 385,4 ms (SD=83,8) und 383,4ms (SD=75,4)</p> <p>EEG: 1. Steigerung Alpha-Wellen (posteriore Abl. versus frontal) bei EMF.</p> <p>2. Reduktion Delta-Wellen (Abl. rechts gegenüber links)</p> <p>3. Keine Effekte auf Theta-, Beta-, Gamma-Wellen.</p>	<p>Durchführung durch Probanden genau und sicher.</p> <p>Beziehung zwischen MP-bezogenen EEG-Veränderungen und psychological/behavioral measures gefunden.</p> <p>→ Delta-Abnahme re. Hemisphäre (Ruhe-EEG) korrelierte invers und stark mit Aktivierung.</p> <p>→ Zunahme Alpha-Antwort mit Aktivierung.</p> <p>Dies könnte auf ein multidimensionales Geschehen bei aktiver MP-Exposition hinweisen.</p> <p>Keine Aussage über kausale Mechanismen.</p> <p>Die Tatsache, dass einige Veränderungen abhängig von der Expositionszeit waren zeigt, dass es keine Effekte auf das EEG-Gerät waren.</p> <p>Keine Aussage über Befindlichkeit!</p>

Literatur	Ziel	Methode	Ergebnisse	Bewertung
Edelstyn und Oldershaw, 2002	Untersuchung des Effektes von MP-Exposition auf Prozessgeschwindigkeit und Kapazität im Aufmerksamkeitssystem	Experimentelle Studie, EB, Exposition EMF 900 MHz (MP) für 30 Min., SAR 1,19/kg exponiertes Gewebe 38 gesunde Psychologiestudenten, (26 davon MP-Nutzer) Zufallsverteilung auf exp. und Kontrollgruppe. Alter: 21 J. (20-22); Rechtshänder, keine Medikation, in den letzten 24 Std. nicht exzessiv Alkohol oder Coffein oder zu wenig Schlaf. <u>Aufgabe:</u> MP mit li. Hand auf li. Ohr, 30 Min. in dieser Zeit zum Zeitpunkt 0, 15 und 30 Min. cognitive neuropsychologische Tests, ca. 8 Min. Dauer, 6 Aufgaben. Test in 2 Kategorien → Aufmerksamkeitskapazität und Arbeitsgeschwindigkeit.	Signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen nach 15 Min. Exposition bei 2 Aufmerksamkeits-Kapazitäts-Tests und einem Prozessgeschwindigkeitstest → jeweils im Sinne einer Verbesserung durch EMF ($p < 0,05$).	Design des Experiments erscheint zielgerecht. Sehr kleines Kollektiv, daher wenig aussagekräftig. Keine Befindlichkeitsstörungen untersucht!
Frick et al. 2002	1. Bestimmung des Grades EMF-bezogener Beschwerden 2. Bestimmung des Zusammenhangs mit der Persönlichkeitsstruktur 3. Bestimmung des Zusammenhangs mit der Risikoeinschätzung und sozialen Komponenten	Survey, 340 Personen 18-64 Jahre, 52,1% weiblich gesund und ohne EMF-Bezug subjektive Symptomliste + SOMS für den Grad an Somatisierung FB zur Abschätzung des EMF-Risikos	329 FB auswertbar Frauen haben mehr EMF-bezogene Beschwerden und eine höhere Tendenz zur Somatisierung Somatisierer haben mehr Beschwerden "Bedrohung" und Somatisierung spielen eine Rolle bei der Ausprägung an Symptomen (Somatisierung wichtiger)	Unklar, wie der EMF-Bezug zustande kommt. Könnte Querschnitt aus der Bevölkerung sein Selektionsbias? Studie zeigt, dass der Kontext, in den die Symptomabfrage gestellt wird, Unterschiede im Antwortverhalten hervorruft. Besonders Personen mit Tendenz zur Somatisierung -> Risikobewertung muss berücksichtigt werden.
Hietanen et al. 2002	1. Elektrosensible (ES) entwickeln unter EMF-Exposition Symptome, die mit MCS vergleichbar sind 2. ES-Patienten können ein EMF-Feld spüren	Provokationsstudie, doppelblind, 3 verschiedene Telefone. 20 Personen, 13 weiblich, 10 hatten chronische Vorerkrankungen wie Fibromyalgie Blutdruck, Herzfrequenz, Atemfrequenz bei Exposition	Kein ES konnte EMF-Felder spüren (Trefferquote zufällig). Anzahl an Symptomen waren in der Phase ohne Exposition häufiger und zeigten sich z.T. vor Testbeginn	Symptome traten ggf. aufgrund des psychischen Drucks auf. 10 Personen mit Vorerkrankungen, die erwiesenermaßen immer mehr Symptome haben Kein Zusammenhang zwischen EMF-Exposition und Symptomen. Gruppe zu klein, keine "Kontrolle" wenig Aussagekraft.
Hillert et al. 2001	Zusammenhang zwischen Müdigkeit und Cholinesterase-Aktivität durch den Einfluss von EMF	14 Personen mit selbstberichteter Elektrosensibilität (ES) 60 Hz = häusliche Stromversorgung kein Mobilfunk	Kein Zusammenhang zwischen Enzymaktivität und Müdigkeit	Allgemeinbeschwerden wie Müdigkeit und Kopfschmerzen können schwer von Hintergrund dieser Symptome in der Allgemeinbevölkerung abgegrenzt werden. Studie liefert keine Ergebnisse für das MUT-Projekt

Literatur	Ziel	Methode	Ergebnisse	Bewertung
Huber et al. 2000	Einfluss von EMF auf die Physiologie des Gehirns	Cross-over Design, DB 16 gesunde Männer (20-25 Jahre) Fragebogen zur subjektiven Schlafqualität, aber Schlaf tagsüber nach Schlafmangel in der Nacht!!	Es wird keine Aussage über die Schlafqualität getroffen	Studie liefert keine neuen Erkenntnisse für die Fragestellung.
Koivisto et al. 2000	Einfluss von GSM (902 MHz EMF) auf kognitive Funktion (Reaktionszeit, Vigilanz)	Experimentelle Studie, EB 48 gesunde Freiwillige (24 Männer, 24 Frauen), Rechtshänder, Muttersprache Finnisch, Mittleres Alter 26 J. (18-49J.) 12 exp. Aufgaben (Laptop), verbal u. nonverbal, jeder Proband alle Aufgaben 2x im Abstand von 24h, einmal mit GSM, einmal ohne. Hälfte der Prob. 1. Phase mit GSM/2. Phase ohne GSM. Andere Hälfte der Prob. umgekehrt. Überprüfung Geschwindigkeit u. Genauigkeit d. Antworten. Dauer GSM-Exposition 1h	Non-parametric Wilcoxon signed ranks test. 1. Allgemein: Geringe Fehlerrate (Durchschnitt 2,7%) GSM-off condition mehr Fehler (3,6%) als GSM-on condition (2,5%), p=0,022 2. GSM-off condition geringere Reaktionsgeschwindigkeit als GSM-on condition	RF (Radiofrequenz-Elektromagnetische Felder) scheint Effekt auf kognitive Prozesse zu haben im Sinne einer Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit und Verbesserung der Genauigkeit / Vigilanz. Keine Aussage über Langzeitnutzung von GSM und kognitive Funktion bzw. Gesundheit. Keine Befindlichkeitsstörungen untersucht!! Kleines Kollektiv
Koivisto et al. 2001	Einfluss von GSM auf die Häufigkeit des Auftretens subjektiver Symptome	Cross-over Design, EB 48 gesunde Freiwillige (19-49 Jahre) Fragebogen zu subjektiven Symptomen und Leistungstests 1) 60 Min Exposition je Gruppe, Fragebogen mit 4er Skala 2) 30 Min Exposition 30 Min blind, Fragebogen mit 9er Skala	in allen Gruppen häufiger Kopfschmerzen am Ende der Tests als am Anfang unabhängig von Exposition Kein Zusammenhang zwischen Exposition und Symptomen	Dauer der Expositionen ausreichend lang Obwohl alle Personen Handybesitzer waren, ist keine Aussage über eine chronische Exposition möglich, die ggf. zu einer ES führen könnte. Relativ wenige Testpersonen Kein EMF-Bezug, eher Bevölkerungsdurchschnitt

Literatur	Ziel	Methode	Ergebnisse	Bewertung
<p>Navarro 2003</p>	<p>Gibt es statistisch nachweisbaren Zusammenhang zwischen Beschwerden und Nachbarschaft zu GSM-DCS-Basisstationen? Cellular Phone Basis Station, DCS 1800 Hz.</p>	<p>Epidemiologische Studie Spanischer Ort, 1900 Einwohner. Fragebögen, 70% zurück, n=101 (5% d. Einw.), 47% Männer, 53% Frauen. Alter ab 15 J., verschiedene Gruppen, (13% >65J.) 24% d. Prob. aktive MP-Nutzer > 20 Min./Tag. 16 Symptome erfragt, Skala von 0-3 Dazu Messungen EMF im Schlafzimmer des Prob., max. EMF oberhalb Bett. Kollektiveinteilung in: a) hohe Exposition → Erklärung des Prob.: Wohnung < 150m von Basisstation (MP-Nutzer 30%, PC-Nutzer 16%) bzw Messwert 0,11µW/cm² b) durchschnittl. Exposition (Erklär. d. Prob.: Wohnung > 250m von Basisstation (MP-Nutzer 17%, PC-Nutzer 1%) bzw Messwert 0,01µW/cm²</p>	<p>Kollektiv a) hier schwerwiegendere Symptome. Asthenische Symptome 42% höher als in b). ZNS-Symptome (z.B. Depression, Schlafstörung) 55% höher als in b). Sensorische Störungen (Haut, Auge, Ohr) 25% höher als in b).</p>	<p>Bias: MP-Nutzung (24%) → s.links Expositionsgrad zugeteilt nach Angabe des Prob. → geschätzte Entfernung von Basisstation (Missklassifikation??). Dabei keine Grenze nach oben! Kleines Kollektiv. Studiendesign erscheint nicht gut! Confounder: unterschiedliche Handy-nutzung Zuordnung der Kollektive unklar → Missklassifikation</p>

Literatur	Ziel	Methode	Ergebnisse	Bewertung
<p>Ofstedal et al. 2000</p>	<p>1. Auskunft über Symptombeschreibung 2. Auskunft über Bedingungen, unter denen Symptome auftreten 3. Vergleich der Prävalenz von Symptomen bei Benutzung von MP (NMT 900 → nichtgepulst) und MP (GSM 900 → gepulst). 4. Welche Maßnahmen werden von Betroffenen zur Symptomreduktion getroffen? Hypothese: Symptomprävalenz unter GSM-Nutzern ist höher als unter NMT-Nutzern → falsch.</p>	<p>Cross-Sectional (epidem. Studie) Zufallsverteilung, Daten aus Telefonregister (Einverständnis). Fragebogen an 12.000 berufliche Mobilfunknutzer in Schweden und 5.000 in Norwegen, etwa gleicher Anteil NMT und GSM. (Keine Referenzgruppe zu herkömmlichem Telefon wegen vermutetem Bias aufgrund Sorge über MP in der Öffentlichkeit). Antwort: 7803 Schweden; 2828 Norweger Analyse der Nichtantwortenden erfolgte (Telefoninterview) Fragebogen: Separate Fragen zu Symptomen → wenn mindestens 1x/Woche. 1. Symptome allgemein 2. Symptome, auftretend oder verstärkt bei MP-Gebrauch 3. Symptome bei Normaltelefon-Gebrauch 4. Symptome bei Bildschirmarbeit. (visual display terminal, VDT) Symptome: Schwindel, Unwohlsein, Konzentrationsschwierigkeiten, Gedächtnisstörung, Müdigkeit, Kopfschmerzen, Wärmegefühl hinter dem Ohr / um das Ohr herum, Wärmegefühl am Ohr, Brennen Gesichtshaut, Brennen / Taubheit Gesichtshaut, andere Symptome (Freitext) Bei mindestens 1 Symptom in Verbindung mit MP: Auftreten wie schnell? Wie lange anhaltend? Arztbesuch oder Krankmeldung? Wichtigkeit der Symptome? Schritte zur Symptomreduktion? Fragen nach Confoundern: Geschlecht, Alter, Beruf, Bildschirmarbeit, Psychosoziale Faktoren. 4 Beschäftigungsgruppen: Management → Leitende Position Professional → Mindestens 4 Jahre Universitätsstudium Auszubildende → Kürzeres Uni.studium Andere → kein Uni.studium (Handwerker, Sekretärin, Geschäftsmann...) Fragen nach psychosozialer Arbeitslast Statistik: Beziehung zwischen Endpunkten und Expositionsparametern Unterschiede Norwegen / Schweden (individuelle Faktoren, Arbeitsbezogene und MP-bezogene Faktoren) → t-Test Trends: tägliche Anrufzahl / Anrufzeit. Analyse ob MP-bezogene Symptome auch VDT-bezogen waren</p>	<p>13% Schweden und 31% Norwegen mindestens 1 Symptom (MP) Verglichen mit Probanden ohne MP-Symptome waren die Probanden mit Symptomen jünger, höhere tägliche Anrufzahl und längere Anrufzeit. Berufsgruppen: am häufigsten Symptome bei Auszubildenden, Schweden und Norwegen. Statistisch signif. Unterschied zwischen dieser und jeder anderen Berufsgruppe. zu Ziel 1: Häufigste Symptome: Warmes Ohr (23% Norwegen, 8,7% Schweden) Ohrumgebung (22% N., 7,7% S.), Brennen Gesichtshaut (11% N., 3,2% S.)(62% der Betroffenen ipsilateral), Kopfschmerzen (11% N., 2,5% S.)(40% der Betroffenen ipsilateral), Beginn Sympt. warmes Ohr, Ohrumgebung → haupts. während und kurz nach Telefonat, bei 97% am Ohr, mit dem telefoniert wurde (ipsilateral). Beginn der anderen Symptome: ½ Std. nach Telefonat Dauer: bis 2 Std. Beobachtung: Statistisch signifikante Verbindung zwischen Anrufdauer und –häufigkeit mit Prävalenz Warmes Ohr/Umgebung, Kopfschmerzen, Müdigkeit. zu Ziel 2. Prob. mit Symptomen gaben am häufigsten Abhängigkeit der Symptomprovokation von Gesprächsdauer an (mind. 5 Min.). Weiterhin gaben 16% Assoziation mit Stressbedingungen und 10% mit Hörschwierigkeiten beim Telefonat an. zu Ziel 3. Symptome allgemein → bei NMT häufiger als bei GSM, stat. signif. in N. und S. Symptome MP-bezogen → bei NMT häufiger als bei GSM, stat. signif. in S. zu Ziel 4. 45% N. und S. hatten Schritte unternommen → Reduktion der Telefonatzeit, Freisprechanlage, Ohrseite wechseln (abnehmende Häufigkeit) → meistens erfolgreich.</p>	<p>Großes Kollektiv, scheint aussagekräftig. Nur berufsbezogener MP-Gebrauch → confounder wie berufl. Stress etc.? Nicht unbedingt zu übertragen auf generellen MP-Gebrauch. Allerdings Problem: Symptome selbstberichtet, ohne med. Kontrolle! Angabe Dauer und Anzahl Telefonate selbstberichtet. Die Tatsache, dass bereits vor der Untersuchung fast die Hälfte der Probanden Schritte zur Symptomlinderung bei MP-bezogenen Symptomen unternommen hatten, kann möglicherweise darauf hinweisen, dass Besorgnis bestand, und dass Symptome echt waren. (Nach dieser Studie wird die Eingangshypothese bestätigt). Problem?=> Es handelt sich um unspez. Symptome, die relativ häufig sind. So waren Symptome allgemein (ohne direkten MP-Bezug) in der NMT-Gruppe 49% und GSM 43% N. (30% bzw. 26% S.). Hier wäre interessant der Vergleich zu einem vergleichbaren beruflichen Kollektiv ohne MP-Nutzung. Die Studie ist eigentlich nur rein deskriptiv und nicht kausal zu verstehen.</p>

Literatur	Ziel	Methode	Ergebnisse	Bewertung
Ozturan et al. 2002	Untersuchung akuter Effekte der EMF auf das Hören	30 gesunde Erwachsene (13 weiblich, 19-36 Jahre) Einfachblind 10 Min Exposition ohne Geräusche, Handy in Ruhezustand messen der OAE (Schnecke, Innenohr) nach Exposition oder Kontrolle ohne Exposition	Keine Veränderung im Innenohr (Schnecke) nach dem EMF-Reiz Kein negativer oder positiver Effekt auf das Hören	Möglicherweise war die Exposition nicht lang genug Problem: Handys operieren im Ruhezustand mit geringerer Leistung, als nach Verbindung mit Sendemast
Raczek et al. 2000	Nachweis von Elektrosensibilität (ES) im D-Netz (Wahrnehmbarkeit) Nachweis von Symptomen einer ES in Zusammenhang mit einer Metallsensibilität	16 Umweltkranke, Anamnese Doppelblind-Versuch: Felder wahrnehmen und Symptome MELISA Metallsensibilisierung (Lymphozytentransformationstest)	Vielfältige Symptome in Anamnese, alle reagierten im MELISA auf Nickel, viele auf Quecksilber, Gold, Palladium. Keine erhöhte Trefferquote beim Wahrnehmen von Feldern des D-Netzes. Keine kumulierende Wirkung auf EMF Möglicher Zusammenhang zwischen Metallunverträglichkeit (Zahnfüllungen) und EMF.	Keine "Kontrolle" (Vergleich zur Normalbevölkerung) Keine Kontrollen zum MELISA-Test MELISA nicht medizinisch anerkannt → Alternativmedizinische Methode, fast alle Menschen reagieren auf Metalle! Keine Beschreibung der Symptome während der und nach den Tests, nur Anamnese.
Rööslü et al. 2004	1. Charakterisierung von Gruppen mit Befürchtungen 2. Entwicklung eines FB: Messen von Symptomen und Identifizierung von Quellen, die bei Personen Besorgnis hervorrufen 3. Zusammenhang zwischen EMF und Symptomen 4. Risikomanagement: wie wird mit besorgten Personen umgegangen	FB ausgefüllt von 429 besorgten Personen Expositionsabschätzung im FB und Angabe, von welchen Geräten die Symptome hervorgerufen werden könnten offene Symptombeschreibung (nur Personen, die Symptome aufweisen)	394 auswertbare FB mit Angabe vielfältiger Beschwerden 65% können EMF wahrnehmen 75% sind einer Handy-Exposition ausgesetzt, davon sind 87% sicher, dass Symptome von Handys oder Basisstationen kommen Vergleich mit Ergebnis des Gesundheits-surveys (Gruppenunterschiede) Mehr Schlafstörungen und Kopfschmerzen, aber kein bestimmtes Symptommuster bei EHS Personen, die Symptome der Technik zuschreiben, haben häufiger Tinnitus oder Konzentrationsstörungen. Ältere Personen haben mehr Symptome	1. Symptome mit MCS vergleichbar, aber mehr Schlafstörungen. Ohne Exposition nehmen Symptome ab. 2. Vergleich EHS zu Normalpersonen: "Gängige" Symptome sind häufiger. 3. kein Kausalzusammenhang – Symptome spiegeln die wiss. und öff. Diskussion wider. Bias durch Gruppenunterschiede Kopfschmerzen und Schlafstörungen gerade bei Älteren häufig, möglicherweise Hintergrund Kontext der Befragung als Bias – Personen haben aufgrund der "Belastung" bereits Initiative ergriffen (siehe Frick et al., 2002)

Literatur	Ziel	Methode	Ergebnisse	Bewertung
<p>Sandström 2001</p>	<p>s.o. Oftedal; Wilen Hauptthese: GSM-Nutzer (Global system of mobile communication, gepulstes EMF) haben mehr Symptome als NMT-Nutzer (Nordic Mobile Telephone, gleichförmiges EMF)</p>	<p>cross-sectional, epidem. Studie, GSM 900 versus NMT 900. Zufallsverteilung, Daten aus Telefonregister (Einverständnis), in dem Firma sich einträgt, aber Individuum für Telefon unterschreibt (s.o.). Fragebogen an 6379 GSM und 5613 NMT-Nutzer in Schweden an jeweils 2500 GSM- und NMT-Nutzer in Norwegen Rücklauf: 7803 Schweden, 2828 Norwegen. GSM und NMT etwa gleich verteilt. 86% männl. und 14%weibl. in Schweden und 90%männl. und 10%weibl. in Norwegen. Frage nach selbstberichteten Symptomen (ohne ärztl. Untersuchung); Symptomen → wie oft im letzten Jahr (als Symptom gewertet, wenn mind. 1x/Woche) Pilotstudie an 160 Probanden Frühjahr 1996 zur Fragebogenerprobung. Psychosozialer Index erstellt nach berufl. Bildung und Arbeitsplatzfaktoren. 3 Expositionsparameter: Transmittersystem, tägliche Anrufzeit, tägl. Anrufzahl.</p>	<p>geringer Unterschied zwischen selbstberichtetem Gesundheitszustand der GSM- und der NMT-Nutzer in beiden Ländern. Niedriges Alter und weibliches Geschlecht ging einher mit höherer Prävalenz der meisten Symptome. Auch psychosoziale Arbeitsbelastung schien zumindest bei Frauen die Symptomenprävalenz zu fördern. Generell in Norwegen höhere Prävalenz als in Schweden. Die Eingangshypothese, dass GSM-Nutzer eine höhere Symptomenprävalenz haben als NMT-Nutzer, wurde widerlegt → keine Unterschiede. Nur bei einzelnen Symptomen: 1. GSM-Nutzer → niedrigeres Risiko warmes Ohr, statistisch signifikant. 2. Gleicher Trend in Norwegen für Wärme um das Ohr herum / hinter Ohr und in Schweden für Kopfschmerzen und Müdigkeit.</p>	<p>Einige Nutzer wussten nicht, ob GSM oder NMT genutzt wurde (misclassification, random error) Mögliche bias: mehr Frauen und Ältere in Schweden als in Norwegen.</p>
<p>Santini et al. 2001b</p>		<p>Survey an französischer Ingenieurschule. Fragebogen. Alter: 83% der Teilnehmer mindestens 40 Jahre. 78 Personen Mobilfunknutzer (48,5 %), davon 70 % GSM und 30 % DCS 95 % Anzahl der Anrufe mindestens 5 pro Tag und 85 % tägl. Gesprächsdauer mind. 15 Min. 83 Personen Nichtmobilfunknutzer (51,5 %)(Kontrolle)</p>	<p>1. Keine stat. sign. Unterschiede zwischen Nutzern und Nichtnutzern. 2. Bei Nutzern: Frauen im Vergl. zu Männern stat. sign. häufiger Schlafstörungen (p<0,05) 3. DCS (1800 MHz) im Vergl. zu GSM (900 MHz) → Konzentrationsstörungen stat. sign. häufiger (p<0,05). 4. Symptome während des Telefonates: Unwohlsein, Kribbeln und Wärme am Ohr: Stat. sign. häufiger (p<0,05) bei Telefonatdauer mind. 2 Min. / Tag im Vergl. zu max. 2 Min./Tag Ebenso bei mind. 2 Anrufen / Tag im Vergl. zu max. 2 Anrufen / Tag.</p>	<p>Kollektiv GSM und DCS sehr unterschiedliche Größe Folgerung der Autoren: Das Symptom Wärme des Ohres könnte den Faktor darstellen, der zur Beendigung des Telefonats führt. Im Verhältnis zur Untersuchung relativ kleines Kollektiv, starke und zum Teil zahlenmäßig ungleiche Gruppenunterteilung</p>

Literatur	Ziel	Methode	Ergebnisse	Bewertung
Santini et al. 2003a		<p>Epidem. Studie, 18 un spez. Symptome. Fragebogen von 530 Personen (270 Männer, 260 Frauen), in Nähe einer Basisstation MP oder nicht.</p> <p>Angabe der Teilnehmer nach Alter, Geschlecht, geschätzte Entfernung zur Basisstation (<10m, 10-50m, 50-100m, 100-200m, 200-300m, >300m).</p> <p>Nach Expositionsdauer: Zeit des Aufenthaltes in Basisstationsnähe → mindestens 1 Jahr bis >5Jahre; Anzahl der Tage pro Woche; Anzahl der Stunden pro Tag (mind. 1h bis 16/24h/Tag).</p> <p>Angabe nach Elektrotransformator (< 10m), elektr. Leitung mit hoher und sehr hoher Spannung (<100m).</p> <p>Angabe nach Radio-Fernsehumsetzer (< 4km),</p> <p>Frage nach PC-Nutzung (>2h/die), nach MP-Nutzung (>20 min./die)</p> <p>Angabe Grad der Symptome (Teilnehmer): 0=nie; 1=manchmal; 2=oft; 3=sehr oft.</p> <p>Kontrollkollektiv: Teilnehmer mit Entfernung von Basisstation >300m oder nicht exponiert (20,7% aller Teilnehmer).</p>	<p>Kontrollgruppe (>300m) Häufigkeit höhergradiger Beschwerden (2 u. 3) stat. sign. geringer als Gruppe <10m bis 300m.</p> <p>Symptome (Vergleich mit Kontrollkollektiv) stat sign. (P<0,05) häufiger bei 1.) < 10m Distanz → Übelkeit, Appetitverlust, Sehstörung, Bewegungsschwierigkeiten.</p> <p>2.) bis 100m Distanz → Irritabilität, depressive Tendenz, Konzentrationsstörungen, Gedächtnisverlust, Schwindel, Libidoverlust.</p> <p>3.) 100-200m Distanz → Kopfschmerzen, Schlafstörung, Unwohlsein, Hautprobleme</p> <p>Symptom Müdigkeit <200m stat. sign. häufiger als > 300m.</p> <p>Geschlecht: Innerhalb der einzelnen Entfernungsgruppen waren 2 Symptome bei Frauen häufiger als bei Männern → Übelkeit u. Müdigkeit (stat. sign., p<0,05).</p> <p>Gesamtvergleich Gruppe <300m: 7 Symptome bei Frauen häufiger als bei Männern (p<0,05).</p> <p>>300m → kein Geschlechterunterschied.</p>	<p>Nach dieser Studie sind Frauen sensibler gegenüber EMF als Männer.</p> <p>Probleme: Teilnehmer schätzen Entfernung zu EMF selbst ein → Gefahr der Missklassifikation wahrscheinlich hoch!!</p> <p>Exposition nur in Wohnung. Berufl. Exposition, die evtl. völlig konträr ist, ist unberücksichtigt.</p> <p>Keine Angabe über Alter.</p>
Santini et al. 2003b,		<p>siehe a)</p> <p>Altersgruppen: bis 20J., 21-40 J., 41-60 J., >60J.</p>	<p>Nur in Gruppe bis 20J. kein Unterschied in Häufigkeit der Beschwerden zwischen Exponierten und Nichtexponierten. Sonst in allen Gruppen häufiger bei Exponierten (p<0,05).</p> <p>Kein Effekt Expositionsdauer (1-5J.) auf Beschwerdehäufigkeit.</p>	s.o.
Tahvanainen et al. 2004	Änderung des Blutdrucks unter EMF Exposition	<p>Cross-over Design, einfachblind</p> <p>34 gesunde Freiwillige (16 weiblich, Durchschnitt 38,3 Jahre), 16 Personen je Expositionsgruppe</p> <p>Fragebogen zu subjektiven Symptomen am Ende des Tests, Frage ob Felder wahrgenommen werden können</p>	<p>kein signifikanter Unterschied in Blutdruck und Herzfrequenz</p> <p>keine weiteren Angaben zur Symptombefragung</p>	Studie liefert keine verwertbaren Ergebnisse für die MUT-Studie

Literatur	Ziel	Methode	Ergebnisse	Bewertung
<p>Wilén et al. 2003 (Subgruppe des Studienkollektivs Oftedal (s.o.))</p>	<p>Kombination der bereits vorhandenen Daten Symptomprävalenz, Anrufzeit am Tag und Anzahl der Anrufe pro Tag Spezifische Absorptionsrate (SAR) der benutzten MP-Art jeder Person. Frage: Nimmt die subjektive Symptomenprävalenz mit zunehmender Absorptionsrate zu? Ziel: Alternative Expositions / Dosisparameter zur Entwicklung neuer Hypothesen</p>	<p>n=2197 (nur Prob. mit Rufdauer >2min./d 1637 Schweden, 560 Norweger 4 häufigste Formen GSM-MP. Kombination vorhandener Daten mit SAR. 3 Volumina definiert, 1. oberhalb Ohr, 2. um Ohr herum, 3. unterhalb Ohr, Tiefe 4cm. SAR des Durchschnitts von 1g Gewebe jedes der 3 Volumina. 2 neue Expos.-Parameter geschaffen: Spez. Absorption per day (SAD), Spez. Absorption per call (SAC). Frage nach Symptomen → wie oft im letzten Jahr (als Symptom gewertet, wenn mind. 1x/Woche. Symptome: Schwindel, allgem. Unwohlsein, Konzentrationsschwierigkeiten, Gedächtnisstörung, Müdigkeit, Kopfschmerzen, Wärmegefühl hinter/um Ohr, warmes Ohr, Brennen Haut Gesicht, Kribbeln/Sensibilitätsstörung Gesicht)</p>	<p>SAR >0,5W/kg könnte wichtiger Faktor für Prävalenz einiger Symptome sein, insbes. bei Komb. mit langen tägl. Gesprächszeiten. Für die meisten Symptome Prävalenzanstieg mit höheren SAR-1g-Werten. Für Unwohlsein, Schwindel, Wärme am Ohr war der Anteil von Symptomen zwischen den SAR-Werten >0,5W/kg und < 0,5W/kg höher für lange als für kurze tägliche Rufzeit.</p>	<p>Selbst Probleme eingeräumt: Es wurde nur 1 Telefon jeden Modells bzgl. SAR gemessen u. übertragen auf alle Teilnehmer. Nicht nach Confoundern, die Sandström fand, adjustiert (psychosoziale Faktoren, Beruf, Geschlecht) wegen rel. kleiner Fallzahl. → SAR könnte bedeutender Faktor für subjektive Symptomprävalenz sein, insbes. bei längeren tägl. Rufzeiten. → Hypothese: die totale absorbierte Energie muss einen best. Wert überschreiten, bevor Symptome wahrgenommen werden.</p>

Literatur	Ziel	Methode	Ergebnisse	Bewertung
<p>Zwamborn et al. 2003 (TNO)</p>	<p>Besteht eine Beziehung zwischen EMF und subjektiven Beschwerden und Gedächtnisfunktion verbunden mit elektromagnetischem Stimulus (nur Effekte während und kurz nach Exposition)?</p> <ol style="list-style-type: none"> Beschwerden häufiger bei Exposition mit GSM und UMTS als ohne deren Exposition? Welchen Einfluss hat GSM-Exp. auf Gedächtnisfunktion? Welchen Einfluss hat UMTS-Exp. auf Gedächtnisfunktion? <p>Hypothese: Es besteht kein Zusammenhang zwischen EMF-Exposition (MP-Antenne) und Beschwerden bzw. Testergebnissen.</p>	<p>Doppelblind cross-over design Powerberechnung 2 Gruppen, je 36 Personen (18-75 Jahre):</p> <p>A) Pat., die kürzlich Beschwerden äußerten, GSM-bezogen. 11 Männer, 25 Frauen. Alter 55,7(+/-12)J. B) Referenzgruppe → Pat. ohne Beschwerden und ohne GSM-Exp. rekrutiert aus Zeitungsanzeigen, Internet, Mund-zu-Mund-Propaganda. 22 Männer, 14 Frauen. Alter 46,6 (+/- 16,4)J. Alle Prob.: Exposition, einfachblind</p> <ol style="list-style-type: none"> Placebo GSM 900 GSM 1800 UMTS-like signals (2100) <p>→ jeder Proband ist seine eigene Kontrolle!!!</p> <p>A) Trainings-session alle Teilnehmer B) Placebo, alle Teilnehmer, blind, Zufallsverteilt zu 2.-4. (2x36) Tests bei 50% vormittags, 50% nachmittags. Testraum keine EMF Durchdringung. Testung: 2 Fragebögen (Computerprogramm, LCD-touch screen → Minimierung EMF)</p> <ol style="list-style-type: none"> Psycho.-Fragen (Neurotizismen, Extroversion, Offenheit, Angenehmes Wesen, Gewissenhaftigkeit), Einsatz unmittelbar vor Trainings-Session. Well-Being Questions (Ängstlichkeits-symptome, somatische Symptome, Unpässlichkeits-Symptome, Depression-symptome, Feindseligkeitssymptome) <p>Taskomat-Test: → balanced nested cross-over model Reaktionszeit: Zunahme um 5% der verzögerten Bilderinnerung u. Reaktionszeit wird als signifikante Änderung gewertet.</p> <ol style="list-style-type: none"> Reaktionszeittest Vergleichender Gedächtnistest Selektiver visueller Aufmerksamkeits-test dual tasking test (gleichzeitig Linienverfolgungstest und Zähltaufgabe. 	<p>Well-being-Questionnaire: Gruppe A Training statistisch sign. höher als B (p<0,05). Unterschied zwischen Placebo und 2100MHz war in beiden Gruppen stat. sign. (p< 0,05) Ängstlichkeit: Gruppe A Training statistisch sign. höher als B (p<0,05). Unterschied zwischen Placebo und 2100MHz war in Gruppe A stat. sign. (p< 0,05) Somatische Symptome: Gruppe A Training statistisch sign. höher als B (p<0,05). Unterschied zwischen Placebo und 2100MHz war in Gruppe A stat. sign. (p< 0,05) Unpässlichkeits-symptome: Gruppe A Training statistisch sign. höher als B (p<0,05). Unterschied zwischen Placebo und 2100MHz war in Gruppe A stat. sign. (p< 0,05) Feindseligkeitssymptome: Gruppe A Training statistisch sign. höher als B (p<0,05). Unterschied zwischen Placebo und 2100MHz war in Gruppe A stat. sign. (p< 0,05) Depressionssymptome: keine stat. bedeutenden Unterschiede. Reaktionszeit: Training A u. B keine Unterschiede Stat. sign. Zunahme der Reaktionszeit Gr. A bei 900MHz und B bei 2100MHz (p<0,05). Gedächtnistest: Signifikante Abnahme der benötigten Zeit bei 1800 und 2100MHz in Gr. B (p<0,05). Visueller Aufmerksamkeits-test: Placebo: B weniger Zeit als A (p<0,05), 2100 MHz Gr. A u. B weniger Zeit als Placebo (p<0,05). Dual tasking test: Reaktionszeit B bei 1800 MHz besser als Placebo (p< 0,05).</p>	<p>Ungleiche Verteilung nach Geschlecht und Alter auf beide Gruppen, mehr Frauen und höheres Alter in Gr. A als in B. Ansonsten gutes, aussagekräftiges Design. Objektive EMF-Exposition!! Sind in Gr. A Elektrosensiblere? Das Wohlbefinden ist in Trainingsphase (ohne EMF) in Gr. A (Beschwerden) schlechter als in B, weiterhin bis auf Parameter Depression in allen Bereichen. Verschlechterung in Gr. A bei Exposition (bis auf Depression), in Gr. B keine Veränderung.</p> <p>Leistungsparameter werden in beiden Gruppen durch EMF verbessert.</p>