

Befindlichkeitsstörungen

Gutachter:

Dr. Martin Rösli
Institut für Sozial- und Präventivmedizin
Universität Bern
Finkenhubelweg 11
3012 Bern
Schweiz

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung des Gutachtens	G-5
2	Auswahl der berücksichtigten Studien	G-9
3	Darstellung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes	G-12
4	Gesamtbewertung für das Themenfeld	G-29
5	Verdankung	G-32
6	Literaturverzeichnis	G-33

,

1 Zielsetzung des Gutachtens

Seit der Einführung der digitalen Telekommunikation Anfang der 1990-er Jahre ist die Anzahl der Nutzer stetig und in großem Umfang gestiegen. Die Technologie wird von großen Teilen der Bevölkerung akzeptiert und genutzt. Dem gegenüber stehen Befürchtungen eines Teils der Bevölkerung, daß der Einfluß der emittierten elektromagnetischen Felder (EMF) auch unterhalb der gesetzlich festgelegten Grenzwerte gesundheitliche Risiken birgt. Hinzu kommt, daß mit der fortschreitenden Nutzung und Erweiterung der Telekommunikation beispielsweise durch UMTS die Anzahl der Mobilfunkgeräte, Sendeanlagen und Basisstationen weiterhin zunehmen werden. Damit besteht die Sorge, daß es nahezu keine Räume 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 (d.h. diagnostizierbare Erkrankungen) werden eine Vielzahl an unspezifischen Beschwerden als Folge der Mobilfunkstrahlung diskutiert (Rööslı et al. 2004). Symptome wie Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Konzentrationsstörungen oder Übelkeit kommen in der Bevölkerung 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 hauptsächlich unspezifische Symptome, die sie der Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks oder niederfrequenten Feldern der häuslichen Stromversorgung zuschreiben (David et al. 2002; Hietanen et al. 2002; Raczek J. 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 im Hinblick auf den Endpunkt Befindlichkeitsstörungen beim Menschen betrachtet.

Die Gutachtenerstellung wurde von zwei Teams vorgenommen:

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

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 Befindlichkeitsstörungen durch elektromagnetische Felder des Mobilfunks: methodische Aspekte

Seit Einführung der Mobilfunktechnologie schreiben immer mehr Menschen unspezifische Symptome dem Einfluß von EMF zu. Bei der Frage nach der Kausalität des Zusammenhanges stellen sich eine Reihe methodologischer Probleme. Eine Hauptschwierigkeit besteht darin, daß es sich um viele unspezifische, nicht objektivierbare Symptome handelt, die meistens nur mittels Fragebögen erhoben werden können. Dabei handelt es sich meistens um Symptome, die in der Bevölkerung weit verbreitet sind und durch eine Vielzahl von Faktoren (mit-)verursacht sein können. Dabei spielen insbesondere die persönlichen Charakteristika eine wichtige Rolle, wie Alter, Geschlecht, Somatisierungstendenz, Neurotizismus, spezifische Sensibilisierungen, etc. (Frick et al. 2002; David et al. 2002; Raczek et al. 2000).

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 häufig eine höhere Wahrnehmungssensitivität von EMF an, die nicht selten als unangenehm empfunden wird. Sie bringen die Exposition in Verbindung mit dem Auftreten von Befindlichkeitsstörungen, und stehen zum Teil unter hohem subjektivem Leidensdruck.

Analog zu Patienten, die an einer Multiplen Chemikaliensensitivität (MCS) oder einem Sick-Building-Syndrom (SBS) leiden, beschreiben EHS-Patienten viele verschiedene, unspezifische Symptome (David et al. 2002; Hietanen et al. 2002; Raczek et al. 2000). Die angegebenen Symptome sind in erster Linie vegetativer Art. Dazu gehören beispielsweise Rötung und Brennen von Haut und Gesicht, Kribbeln, Schmerzen oder Trockenheit von Rachen und Mund, Konzentrationsschwierigkeiten, Schlafstörungen oder Kopfschmerzen. Diese Patienten sind insbesondere wegen der fehlenden Kenntnisse über pathophysiologische Zusammenhänge schwer zu behandeln.

Die physiologische Dimension von Sinnesreizen und ihre Intensität lässt sich in erster Linie durch Befragung der subjektiven Erlebnisqualität einschätzen. Eine Objektivierung durch Messungen ist häufig nicht möglich. Teilweise werden Meß- oder Analysemethoden propagiert, die nicht unabhängig validiert sind und entsprechend wissenschaftlich nicht anerkannt sind. Damit besteht im Rahmen des Themenfeldes elektromagnetische Hypersensibilität das Problem der physikalisch nachweisbaren Empfindungsintensität individueller Wahrnehmungen.

Nach David (David et al. 2002) können innerhalb des selbst bezeichneten elektrosensiblen Personenkreises 3 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 elektromagnetischen Hypersensibilität stehen die Betroffenen oft selbst entgegen. So wünschen gerade die Personen äußerst selten eine Teilnahme an experimentellen Untersuchungen, die sie im Vorgespräch als psychisch und physisch außerordentlich belastend bezeichnen. Teilweise werden extreme, manchmal bis ins paranoide gehende Vorstellungen mit EMF assoziiert (Härmä M. 2000). Trotz dieser Problematik bezüglich der Objektivierung einer selbstbezeichneten EHS wurden zu dieser Thematik einige experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Es handelt sich in erster Linie um Provokationsstudien, bei denen die Probanden angeben müssen, ob eine Feldquelle eingeschaltet ist oder nicht.

1.1.2 Zusammenhang zwischen subjektiven Symptomen und elektromagnetischen Feldern

In der wissenschaftlichen Literatur herrscht zur Zeit große Uneinigkeit darüber, ob EMF im Allgemeinen oder die EMF des Mobilfunks im Speziellen (Handgeräte, Sendeanlagen, Basisstationen) geeignet sind, Befindlichkeitsstörungen auszulösen oder zu verstärken. Für einige Wissenschaftler erscheint ein Zusammenhang zwischen subjektiven Symptomen bereits offensichtlich (Cherry 2001; Sage 2001; Santini et al. 2003a). 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 Studien zur kognitiven Leistung wurden sowohl positive wie auch negative Effekte auf die Konzentration und Vigilanz der Testpersonen gefunden (siehe z.B. (Croft et al. 2002; Hamblin et al. 2004; Koivisto et al. 2000a; Krause et al. 2000; Krause et al. 2004; Zwamborn et al. 2003).

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. Problematisch sind insbesondere systematische Fehler bzw. Nicht-Berücksichtigung von möglichen Einflußfaktoren oder Störgrößen in Abhängigkeit der Exposition (Bias). Im folgenden sind vier Beispiele dafür angeführt:

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 herangetreten 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 nachweisbaren 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).

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 (Diagnose), 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 erschien, eine Bewertung im Zusammenhang mit dem Einfluss von Mobilfunk vornehmen zu können (David et al. 2002; Repacholi 1998; Röösli und Rapp 2003). Die betrachteten Endpunkte setzen sich vor allem aus Symptomkomplexen zusammen, die, wie beispielsweise Kopfschmerzen und 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 A.R. und Noor M. 1999; Jauchem 1998), Störungen der Haut im Sinne von Juckreiz, Rötungen

oder Brennen wurden bereits in früheren Studien angesprochen (Isa und Noor 1999; Koivisto et al. 2001; Testa und Cooper 1980).

Es sei darauf hingewiesen, daß der hier betrachtete Endpunkt Konzentrations- und Gedächtnisstörungen subjektiv erfahrene Befindensbeeinträchtigungen umfasst, die sich üblicherweise auf einen längeren Zeitraum beziehen. Daneben gibt es eine ganze Reihe von Studien, die mit Konzentrations- und Leistungstests unter kontrollierten Expositionsbedingungen mögliche Effekte der Mobilfunkstrahlung untersuchten. Obwohl thematisch verwandt, werden diese Studien nicht als Untersuchungen zu Befindensbeeinträchtigungen interpretiert, und deshalb nicht explizit in die Bewertung miteinbezogen.

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 bzw. Ohrgeräusche ist kein Endpunkt im Sinne eines Symptoms, sondern eine Diagnose. Dieser Endpunkt 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 häufig 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 elektromagnetischen Hypersensibilität oder elektrischen Hypersensibilität vereint je nach Patient einzelne oder auch sämtliche der oben genannten unspezifischen Symptome. Ähnlich wie die Multiple Chemikaliensensitivität kann die 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 und 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 um digitale Signale (GSM oder UMTS) handeln.

2. Publikationszeitraum war das Jahr 2000 oder später. Publikationen wurden berücksichtigt bis März 2004.
3. Es mußte sich um Originalarbeiten handeln. Übersichtsarbeiten wurden nicht für die Bewertung, jedoch als Quelle für das Auffinden der relevanten Literatur verwendet (siehe Kapitel 2.2).
4. Ziel der Studienauswahl 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 tiefer 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-Suchstrategie.¹
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 fielen diese Studien dann häufig durch die Maschen. Um solche Befunde so weit wie möglich zu berücksichtigen, wurden experimentelle Studien mit Mobiltelefonexpositionen systematisch gesammelt und nach Resultaten zum Befinden überprüft.

Schlußendlich wurden 21 Publikationen als relevant erachtet. Da es sich teilweise um Mehrfachpublikationen der gleichen Studien/Daten handelt, sind damit insgesamt 17 Studien berücksichtigt (vgl. Tabelle 1).

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	Expositions- erhebung
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	Handapparat- ähnlich	doppelblind
Hutter et al., 2002	Querschnitt	Basisstation	Feldmessung am Wohnort
Koivisto et al., 2001	Crossover	Handapparat	einfachblind
Navarro et al., 2003	Querschnitt	Basisstation	Distanz/Messung am Wohnort
Oftedal et al., 2000; Sandstrom 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
Röösli et al., 2004	Querschnitt	divers	Fragebogen
Santini et al., 2001a; Santini et al., 2002; Santini et al., 2003	Querschnitt	Basisstation	Selbstgeschätzte Distanz zum Wohn- ort
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 wohl 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 möglich, wenn der Einfluß anderer Faktoren weitgehend ausgeschlossen werden kann. Dies ist generell nur bei Studienanlagen möglich, bei denen 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 zum Befinden, die nur mittels Fragebogen eruiert werden können, ist das nur 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. Das kann Auswirkungen auf die Beantwortung von Fragen zum Befinden haben.

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 2002). 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 4 verschiedene Bewertungen resultieren, bzw. unendlich viele graduelle 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 für Nachweis kausaler Zusammenhänge	Studiendesign nicht zweckmäßig für Nachweis kausaler Zusammenhänge
Qualitativ gut	Evidenz	Hinweise/Hypothesen
Qualitativ ungenügend	unbrauchbar	unbrauchbar

Alle als relevant identifizierten Studien sind in Kapitel 3 vorgestellt. In Kapitel 3.3 erfolgt dann eine zusammenfassende qualitative Bewertung der Studien. Für die anschließende Diskussion der gesundheitlichen Wirkungen (Kapitel 3.4) werden nur die qualitativ genügenden Studien miteinbezogen.

3 Darstellung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes

3.1 Auswahl der Studien

In Tabelle 3 ist eine Übersicht über alle berücksichtigten Studien gegeben. Es ist ersichtlich, daß die meisten Studien mehrere Endpunkte untersuchten. Aus diesem Grund erscheint es zweckmäßig, zuerst die Resultate und die Qualität jeder Studie einzeln zu diskutieren. Dies erfolgt in Reihenfolge des Alphabetes vom Erstautor. In Kapitel 3.4 erfolgt dann eine zusammenfassende Bewertung für jeden betrachteten Gesundheitsendpunkt.

Tabelle 3: Übersicht über alle berücksichtigten Studien. Die Spalte Quelle/Exposition gibt an, welche Quelle untersucht wurde (HA=Handapparat; BS=Basisstation) und in welcher Art die Exposition erfolgte (DB=doppelblind; EB=einfachblind; UB=ungeblindet; B=Querschnittsbefragung)

Literatur	Quelle / Exposition	Müdigkeit, Schlafstörung	Hautprobleme	Kopfschmerzen	Schwindel / Übelkeit	Konzentrations-/ Gedächtnisstörungen	Nervosität	Depressive Verstimmung / Niergergschlagenheit	Schmerzen (außer Kopfschmerz)	Wärmegefühl der Haut	Tinnitus / Ohrgeräusche	Hypersensibilität Felder Wahrnehmen
Chia et al., 2000	HA / B	X	X	X	X	X				X		
Croft et al., 2002	HA / EB											x ¹⁾
Frick et al. 2002	Keine / B	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Hietanen et al., 2002	HA / EB											X
Hillert et al., 2001	Keine /	X										X
Huber et al., 2000	HA / DB	X										
Hutter et al., 2002	BS / B	X										
Koivisto et al., 2001	HA / EB	X	X	X	X					X		
Navarro et al., 2003	BS / B	X	X	X	X	X		X			X	
Oftedal et al., 2000; Sandstrom et al., 2001; Wilen et al., 2003	HA / B	X	X	X	X	X				X		
Ozturan et al., 2002	HA / UB										X	
Raczek et al., 2000	HA / DB											X
Röösl et al., 2004	divers / B	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
Santini et al., 2001a; Santini et al., 2002; Santini et al., 2003	HA / B	X	X	X	X	X		X			X	
Santini et al., 2001b	HA / B	X		X	X	X				X		
Tahvanainen et al., 2004	HA / DB											X
Zwamborn et al., 2003	BS / DB							X				x ¹⁾

¹⁾ generelle Symptome/Befinden allgemein

Vorneweg kann festgehalten werden, daß nur Studien, die doppelblinde oder einfachblinde Expositionsbedingungen untersuchten, Evidenz liefern können, ob Mobilfunkstrahlung das Befinden beeinflußt. Alle Querschnittsstudien (Surveys) liefern im besten Fall, das heißt falls die Studienqualität genügend gut ist, Hinweise und Hypothesen für weitergehende Untersuchungen.

3.2 Resultate der Studien

Prevalence of headache among handheld cellular telephone users in Singapore: A community study (Chia et al. 2000)

In einer Querschnittsstudie bei 808 zufällig ausgewählten Männern und Frauen zwischen 12 und 70 Jahren in Singapur wurde nach spezifischen Gesundheitsbeschwerden des Zentralnervensystems und möglichen Risikofaktoren, unter anderem dem Gebrauch von Mobiltelefonen, mittels strukturiertem persönlichem Interview gefragt. Die Antwortrate lag insgesamt bei 45%. Rund 45% der Befragten benutzten ein Mobiltelefon. Bei den Benutzern war das Risiko für Kopfschmerzen statistisch signifikant um 31% höher als bei Nicht-Benutzern. Ebenfalls wurde eine statistisch signifikante Zunahme der Häufigkeit von Kopfschmerzen mit zunehmendem Gebrauch des Telefons gefunden. Benutzer von handfreien Geräten hatten rund 20% weniger häufig Kopfschmerzen als Benutzer von konventionellen Mobiltelefonen. Für die anderen untersuchten Symptome wurden keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zum Mobiltelefongebrauch gefunden. Prickeln und brennende Empfindungen im Gesicht oder am Ohr waren bei Mobiltelefonierenden häufiger, während Schwindel, visuelle Störungen, Müdigkeit, Gedächtnis- und Konzentrationsschwierigkeiten tendenziell bei Nicht-Benutzern häufiger waren.

Bewertung: Es handelt sich um eine Querschnittsstudie. Hauptziel der Studie wurde den Befragten nicht mitgeteilt, sondern sie wurde als Studie zu Häufigkeit und Risikofaktoren von Kopfschmerzen deklariert. Es wurde eine Pilotstudie durchgeführt und die InterviewerInnen waren ausgebildet für die Durchführung von Befragungen. Die Prävalenzen wurden adjustiert für mögliche Störgrößen (Alter, Geschlecht, Beruf, Bildschirmexposition). Die Resultate der Studien sind ausgewogen diskutiert.

Acute mobile phone operation affects neural function in humans (Croft et al. 2002)

Croft und Kollegen exponierten einfachblind 24 Personen (16 Männer, 8 Frauen zwischen 19 und 48 Jahren) gegenüber einem Mobiltelefon, das zwischen Hinterkopf und Hinterhauptsbein positioniert war. Die Sendeleistung wurde nicht gemessen und mit 3.4 mW geschätzt. Neben Hirnstrommessungen und kognitiven Tests wurden Probanden mittels eines psychologischen Fragebogens (AD-ACL von Rhaya R.E.) zu ihrer Stimmung während der realen Exposition und während der Scheinexpositionen befragt. Für die Stimmung wurde kein Zusammenhang zur Expositionssituation gefunden. Jedoch wurde angegeben, daß beobachtete Veränderungen der Hirnströme bei Exposition mit dem Resultat der psychologischen Erhebung korrelierte.

Bewertung: Es handelt sich um eine Studie mit einfachblinder Exposition im crossover Design. Die Exposition ist unklar beschrieben. Es wurde ein Standardtelefon verwendet und in 5 cm Distanz vom Kopf plaziert. Die geschätzte Sendeleistung ist sehr gering. Es gibt keine Angaben inwiefern die Leistungskontrolle des Telefons die Sendeleistung begrenzt hat. Die Reihenfolge der Expositionen war ausbalanciert. Die statistischen Methoden sind nicht klar beschrieben, wahrscheinlich Varianzanalyse. Daten wurden transformiert, um Normalverteilung zu erreichen.

Risk perception, somatization, and self report of complaints related to electromagnetic fields - A randomized survey study (Frick et al. 2002)

Mit einer Befragung einer Zufallsstichprobe aus Regensburg wurde der Frage nachgegangen, ob kognitive Faktoren einen Einfluß auf die Beantwortung von Fragen zu

solchen gesundheitlichen Beschwerden haben, die üblicherweise im Zusammenhang mit EMF auftauchen. Die Befragten wurden zufällig unterschiedlichen Gruppen zugeteilt, denen die Symptomfragen in unterschiedlichen Kontexten präsentiert wurden. Es zeigte sich, daß die Beantwortung der Fragen kontextabhängig war. Da eine Kontrastbildung beobachtet wurde, zogen die Autoren die Schlußfolgerung, daß EMF nicht als ein sehr großes Gesundheitsrisiko wahrgenommen wurde. Wäre dem nämlich so, würde man nicht einen Kontrast, sondern eine Assimilierung bei der Beantwortung der Fragen erwarten.

Bewertung: Es handelt sich um eine methodische Studie zu Erhebungen von Symptomen, die auch im Zusammenhang mit EMF genannt werden. Es ist festzuhalten, daß der Zusammenhang zwischen den 36 befragten Symptomen zu EMF nur von den Autoren der Studie aufgrund einer Literaturanalyse gemacht wurde, nicht aber von den Befragten selber. Kausale Rückschlüsse sind nicht möglich.

Environmental illness: fatigue and cholinesterase activity in patients reporting hypersensitivity to electricity (Hillert et al. 2001)

Eine klinische Untersuchung der Azetylcholinesterase in den Erythrozyten und im Blutplasma von Personen, welche starke Müdigkeit wegen elektromagnetischen Feldern angaben, hatte zum Ziel abzuklären, ob eine niedrige Cholinesterasekonzentration die Symptome erklären könnte. Bei den 9 untersuchten Frauen und 5 Männern ohne objektivierbare Krankheit war in keinem einzigen Fall die Cholinesterase mehr als 15% erniedrigt im müden Zustand. Die Hypothese, daß die Überempfindlichkeit auf elektromagnetische Felder durch eine Änderung der Cholinesteraseaktivität zustande kommen könnte, wurde daher nicht bestätigt.

Bewertung: Das Ziel der Untersuchung war, einen physiologischen Wirkungsmechanismus für erhöhte Müdigkeit zu finden. Die Studie macht keine Aussagen darüber, ob die beobachtete Müdigkeit tatsächlich auf die EMF-Exposition zurückzuführen ist, wie das von den Patienten vermutet wird.

Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: no causal link (Hietanen et al. 2002)

Hietanen et al. 2002 exponierten 20 Personen (13 Frauen, 7 Männer), die sich selbst als hypersensibel gegenüber EMF bezeichneten, mit einem Analogtelefon, einem 900- und einem 1800-MHz-GSM-Telefon (Abstand 1 bis 5 cm) während je 30 Minuten. Zusätzlich wurde eine Scheinexposition appliziert. Bei jeder Person wurden an einem Tag drei bis vier Expositionen durchgeführt, wobei die Scheinexposition jeweils als erste oder zweite angewendet wurde. Während den Expositionen wurden alle fünf Minuten Puls und Blutdruck gemessen und nach unspezifischen Gesundheitssymptomen gefragt. Puls und Blutdruck nahmen im Verlauf der Sitzungen tendenziell ab. 19 Personen berichteten im Verlauf der Experimente über unspezifische Beschwerden. Insgesamt traten während der Scheinexposition mehr Symptome auf als bei den realen Expositionen. Am häufigsten waren Schmerzen und Wärmegefühl im Kopf.

Bewertung: Es handelt sich um eine Studie im crossover Design mit einfach-blinder Exposition. Da die Reihenfolge von Schein- und echten Expositionen nicht zufällig war und auch im Analysemodell nicht berücksichtigt wurde, läßt sich nicht auseinandersetzen, ob es sich bei den Befunden um Expositionseffekte oder um Reihenfolge-

effekte handelt. Es ist zu erwarten, daß die ungewohnte Umgebung am Anfang des Experimentes zu häufigerem Auftreten von unspezifischen Symptomen geführt hat. Zudem wird die Hintergrundbelastung mit maximal 2 W/m^2 (27 V/m) angegeben. Da diese Feldstärke im unteren Bereich des Expositionslevels liegt, ist die Unterscheidung zwischen Scheinexposition und realer Exposition fraglich. Insgesamt werden die methodischen Mängel in dieser Studie als zu gravierend erachtet, um irgendwelche Schlüsse aus dieser Studie ziehen zu können.

Exposure to pulsed high-frequency electromagnetic field during waking affects human sleep EEG (Huber et al. 2000)

Bei 16 jungen Männern wurde der Einfluß einer Mobilfunkstrahlungsexposition vor dem Schlaf auf das EEG während des Schlafs untersucht. Die Probanden wurden vor dem Schlaf während 30 Minuten einem Feld, das dem einer Mobilfunkbasisstation ähnlich war, ausgesetzt. Die maximale SAR₁₀ im Kopf wurde mit 1 W/kg beziffert. Einflüsse der Exposition auf das EEG wurde in den ersten 30 Minuten der Nicht-REM-Schlafphasen gefunden. Danach fand eine Angleichung statt. Die subjektive Bewertung der Schlafqualität war bei Exposition und Scheinexposition nicht unterschiedlich.

Bewertung: Es handelt sich um eine doppelblinde Studie im crossover Design. Die Studie wurde konzipiert, um mögliche Effekte der Exposition auf die Hirnströme nachweisen zu können. Die subjektive Schlafbewertung war kein primärer Endpunkt der Studie und wird nur in einem Satz erwähnt. Es ist nicht klar, welche Qualitätsunterschiede mit welcher Macht (Power) mit der gegebenen Stichprobe von 16 Personen nachweisbar wären.

Mobile phone base stations: effects on health and wellbeing (Hutter et al. 2002)

Eine österreichische Querschnittsstudie untersuchte subjektive Symptome, Schlafqualität und kognitive Leistung bei Bewohnern in der Nähe von Basisstationen. 365 Individuen wurden zufällig aus der im Hauptstrahl lebenden Bevölkerung in der Umgebung von 10 Basisstationen gewählt. Die Personen wurden von einem Assistenten interviewt und an einem Laptop wurden kognitive Tests durchgeführt. Danach wurde ein Datum für den Besuch eines Meßtechnikers vereinbart, der die Feldstärke im Schlafzimmer messen kam. Die Feldstärke lag zwischen 0.01 und 0.75 V/m . 70 Prozent der Felder stammte von Basisstationen, der Rest aus anderen Quellen. Eine Kovarianzanalyse unter Berücksichtigung von möglichen Störgrößen (Alter, Geschlecht, Mobiltelefongebrauch, Besorgnis wegen Basisstationen und Landschaftstyp [Stadt/Land]) ergab keine signifikanten Expositionseffekte auf die kognitiven Fähigkeiten. Ebenfalls war die Schlafqualität nicht durch die Exposition beeinträchtigt. Die Befindensfragen (von Zerßen) wurden gruppiert in Erschöpfungssymptome, Verdauungssymptome und Herz-/Kreislaufsymptome. Für letztere wurde ein signifikanter Expositionseffekt gefunden; für Erschöpfung und Verdauungssymptome hingegen nicht.

Bewertung: Es handelt sich um eine Querschnittstudie, so daß a priori keine kausalen Rückschlüsse möglich sind. Die Autoren waren sich möglicher systematischer Fehler bewußt (Selektionsbias, Informationsbias) und haben diese in der Publikation diskutiert und nach Möglichkeit minimiert. Hauptproblem dürfte die relativ geringe

Exposition durch Basisstationen am Wohnort darstellen. Expositionsbeiträge von anderen Quellen dürften daher zu erheblichen Expositions-Mißklassifikation führen.

GSM phone signal does not produce subjective symptoms (Koivisto et al. 2001)

Zwei Experimente zu unspezifischen Gesundheitssymptomen wurden an jeweils 48 Probanden durchgeführt, je 24 Männer und Frauen. Das Durchschnittsalter war 26 Jahre (Experiment 1) bzw. 23.2 Jahre (Experiment 2). Die Exposition erfolgte gegenüber einem GSM Telefon, das entweder Strahlung emittierte oder nicht (einfachblind, zufällige, ausbalancierte Reihenfolge). Bei Experiment 1 war die Expositionsdauer 60 Minuten und um 24 Stunden separiert, bei Experiment 2 war die Expositionsdauer 30 Minuten und beide Situationen folgten direkt aufeinander. In Experiment 1 wurde die Stärke von Symptomen (Kopfschmerzen, Schwindel, Müdigkeit, prickelnde/juckende Haut, Hautrötungen und Wärmegefühl) auf einer 4-stufigen Skala befragt und in Experiment 2 auf einer 9-stufigen Skala. In beiden Studien wurde kein Zusammenhang zwischen der Exposition und dem Befinden beobachtet, Reihenfolgeeffekte waren jedoch evident.

Beurteilung: Es handelt sich um eine einfachblinde Studie im crossover Design. Die Datenanalyse wurde mit nicht-parametrischen Methoden durchgeführt. Angaben zum Fragebogen gibt es nur wenige, wurde wahrscheinlich selber erstellt. Da Reihenfolgeeffekte gefunden wurden, kann geschlossen werden, daß der verwendete Fragebogen sensitiv auf Befindensveränderungen reagiert. Leider fehlen aber genaue Angaben zur Macht (Power) der Untersuchung. Man weiß daher nicht, welcher kleinste Effekt gerade noch nachweisbar gewesen wäre. Die Diskussion ist ausgewogen.

The microwave syndrome: a preliminary study in Spain (Navarro et al. 2003)

In einer spanischen Studie wurden Fragebögen zu unspezifischen Symptomen von 101 Personen ausgewertet, die in der Umgebung einer GSM-Basisstation wohnten (Fragebogen wurde von Santini übernommen). Es wurden Messungen des elektrischen Feldes von Mobilfunkbasisstationen in den Schlafzimmern der Teilnehmer und im Freien durchgeführt. Die Antwortrate wird mit 70 Prozent beziffert, was 5% der Einwohner von La Nora entspricht, dem Ort, wo die Studie durchgeführt wurde. Die Teilnehmer wurden in eine weniger und eine stärker exponierte Gruppe unterteilt (Entfernung zur Basisstation < 150 bzw. > 250 m). In der stärker exponierten Gruppe war die mittlere Feldstärke im Schlafzimmer 0.65 V/m, in der tiefer exponierten Gruppe 0.2 V/m. Die Personen mit höherer Exposition gaben 9 von 16 Symptome signifikant häufiger an als die Teilnehmer in der geringer exponierten Gruppe. Es zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen der gemessenen Leistungsflußdichte und dem Schweregrad mehrerer Symptome, insbesondere von Unwohlsein, Reizbarkeit und Appetitlosigkeit.

Bewertung: Es handelt sich um eine Querschnittsbefragung. Aus der Publikation geht nicht hervor, wie die Rekrutierung der Teilnehmer erfolgte. Falls die Fragebögen nicht nach dem Zufallsprinzip verschickt wurden, ist das Vorliegen eines Selektionsbias wahrscheinlich. Das heißt, es ist zu erwarten, daß Personen, die Beschwerden haben und diese in Zusammenhang mit der Basisstation bringen, sich überproportional häufig an der Erhebung beteiligt haben. Damit ist die Repräsentativität der Ergebnisse fraglich. Zudem ist nicht klar, wieso keine Personen zwischen 150 und 250

m von der Basisstation entfernt wohnen. Weiter finden sich keine Angaben zu möglichen Störfaktoren. Es ist zum Beispiel nicht klar, ob sich die beiden Gruppen bezüglich Alter, Geschlecht, etc. unterscheiden. Die Methodik der Datenanalyse ist nicht ausreichend dokumentiert. Eine Korrektur für eventuelle Störfaktoren wurde in der Analyse offensichtlich nicht gemacht (Angaben fehlen). Insgesamt sind die methodischen Mängel in dieser Studie zu gravierend, um irgendwelche Schlüsse ziehen zu können.

a) Symptoms experienced in connection with mobile phone use (Ofstedal et al. 2000);

b) Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones (Sandström et al. 2001);

c) Subjective symptoms among mobile phone users--a consequence of absorption of radiofrequency fields? (Wilén et al. 2003)

Symptome im Zusammenhang mit der Mobiltelefonbenutzung wurden in Skandinavien an rund 17'000 Personen mittels einer Befragung untersucht. Die Befragten benutzten beruflich entweder ein analoges Telefon (NMT) oder ein digitales GSM-Telefon. In Schweden gaben 13% der Befragten Beschwerden im Zusammenhang mit Mobiltelefonen an, in Norwegen war der Anteil mit 31% deutlich höher. Die Symptome und deren Häufigkeitsreihenfolge waren in beiden Ländern ähnlich. Am häufigsten wurde über ein Wärmegefühl am Ohr geklagt, dann folgten brennende Haut, Kopfschmerzen, Schwindel, Unbehagen und Müdigkeit. Wärmegefühl und Brennen traten praktisch immer schon während des Gesprächs auf, die anderen Symptome häufig erst danach. Die Symptome verschwanden meistens innerhalb von 2 Stunden, manchmal dauerten sie aber länger als 6 Stunden an. Alle Symptome traten bei Personen, die länger bzw. häufiger telefonierte, vermehrt auf. Analysen mit Berücksichtigung von möglichen Risikofaktoren bestätigten diesen Befund. Zusätzlich ergaben sich statistisch signifikant mehr Symptome bei Analogtelefonbenutzern als bei GSM-Benutzern. Ausgehend von der Hypothese, daß das Symptom „Wärmegefühl am Ohr“ durch die Wärmeabgabe des Akkus verursacht sein könnte und nicht durch die hochfrequente Strahlung, wurde eine zusätzliche Datenanalyse ohne dieses Symptom durchgeführt, was nicht zu anderen Ergebnissen führte. Verfeinerte Analysen mit Berücksichtigung der geschätzten Absorptionsrate pro Tag bzw. pro Anruf führten zur Hypothese, daß SAR-Werte größer als 0.5 W/kg zu häufigeren Symptomen beitragen.

Bewertung: Es handelt sich um eine Querschnittsstudie. Die Resultate sind im Einklang mit der Hypothese, daß das Befinden durch die Strahlung beeinträchtigt wird. Andere Einflußfaktoren können aber aufgrund des Studiendesigns nicht ausgeschlossen werden; insbesondere auch der private Gebrauch von Mobiltelefonen. Es wird aus der Publikation nicht klar, welche Einflußfaktoren bei der Datenanalyse berücksichtigt wurden. Mögliche methodische Probleme werden von den Autoren anerkannt und diskutiert.

Effects of the electromagnetic field of mobile telephones on hearing (Ozturan et al. 2002)

Ozturan und Kollegen gingen der Frage nach, ob das Hörvermögen durch eine 10-minütige Exposition gegenüber einem Mobiltelefon beeinträchtigt wird. Dazu wurde bei 30 freiwilligen Probanden (19 Männer, 13 Frauen, 19-36 Jahre) untersucht, ob

sich evozierte otoakustische Emissionen durch die Exposition verändern. Diesbezüglich wurden keine Hinweise gefunden.

Bewertung: Die Exposition erfolgte nicht blind. Es ist unklar, ob und allenfalls inwiefern die offene Expositionssituation den untersuchten Endpunkt beeinflusst hat. Weiter ist fraglich, ob der untersuchte Parameter etwas über das Hörvermögen aussagt. Aus diesem Grund wird die Studie nicht weiter berücksichtigt.

Investigations of electrosensitivity to a GSM signal at 900 MHz for a self-reported electrosensitive target group (Raczek et al. 2000)

Eine Provokationsstudie an 16 elektromagnetisch hypersensiblen Personen wurde an der BEMS Tagung 2000 in München vorgestellt. Zusätzlich liegt ein Studienbericht vor. Es wurde ein 3-AFC-Verfahren angewendet, d.h. die Probanden mußten aus drei 3-minütigen Expositionen (mit 2 Minuten Pause dazwischen) herausfinden, welches die wahre Exposition war und welche beiden Situationen Scheinexpositionen waren. Die Distanz vom Kopf zur Antenne betrug 45 cm, die Feldstärke des GSM 900 Signals betrug 16 V/m. Die Hintergrundbelastung war kleiner als 0.6 V/m. Pro Proband wurden insgesamt 21 Tests an 6 aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt, jeweils 3 bis 4 Tests pro Tag mit großen Pausen dazwischen, um sich zu erholen. Überzufällig gute Ratewahrscheinlichkeit (auf 5% Niveau) würde 12 oder mehr richtige Antworten bedeuten. Die Anzahl richtiger Antworten lag bei den 16 Personen zwischen 3 und 10, der Mittelwert von allen lag bei 5.9 Treffern. Daher wurde das Phänomen elektromagnetische Hypersensibilität weder individuell noch auf Gruppenniveau bestätigt.

Bewertung: Es handelt sich um eine doppelblinde Studie im crossover Design. Die Studie wurde nicht in einem unabhängigen wissenschaftlichen Begutachtungsprozeß publiziert (peer review).

Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure - a questionnaire survey (Röösl et al. 2004)

Bei einer Befragung von 394 Personen, die sich selber als hypersensibel gegenüber den Expositionen von elektromagnetischen Feldern bezeichneten, waren Schlafstörungen (58%), Kopfschmerzen (41%), Nervosität/Streß (19%), Müdigkeit (18%), Konzentrationsschwierigkeiten (16%), Tinnitus (14%), Schwindel, Gliederschmerzen und Herzbeschwerden (je 11 %) am meisten genannte Symptome. 74% der antwortenden Personen begründen ihre Beschwerden auf das Vorhandensein von Mobilfunkantennen, 36% auf das Benutzen eines Mobiltelefons, 29% auf Schnurlostelephone, 27% auf bestehende Starkstromleitungen, 20% auf Zug- und Tramfahrleitungen, 19% auf Computerbildschirme und 16% auf Transformatorenstationen. Weiter wurden getroffene Maßnahmen und Informationsquellen der Betroffenen untersucht. Auffallend war die große Unzufriedenheit mit Behörden und relativ große Zufriedenheit mit der Beratung von Baubiologen und Selbsthilfegruppen. Weitergehende Analysen gaben keine Hinweise, daß es bestimmte Expositionssituationen gibt, die besonders häufig mit spezifischen Gesundheitsproblemen auftreten oder von den Betroffenen in Verbindung gebracht werden.

Bewertung: Es handelt sich um eine Querschnittsstudie an elektromagnetisch hypersensiblen Personen. Kausale Schlußfolgerungen über die Wirkung der Mobilfunkstrahlung können daraus nicht gezogen werden.

Symptoms experienced by users of digital cellular phones (Santini et al. 2001)

Bei einer Fragebogenstudie mit 161 Studenten und Arbeitern einer französischen Ingenieurschule wurde nach Kopfschmerzen, Konzentrations- und Gedächtnisschwierigkeiten, Müdigkeit, Schlafstörungen, Unbehagen und Wärmegefühl im Gesicht/am Ohr gefragt. Die Symptommhäufigkeit war zwischen Mobiltelefonbenutzern und Nicht-Benutzern nicht verschieden. Benutzer von 1800 MHz-Geräten hatten jedoch signifikant häufiger Konzentrationsschwierigkeiten als Benutzer von 900 MHz-Geräten.

Bewertung: Es handelt sich um eine Querschnittsstudie. Das Kollektiv, bestehend aus Studenten und Arbeiter einer Ingenieurschule ist relativ homogen, was möglicherweise den Einfluß von Störgrößen auf die Analysen reduziert. Jedoch ist die Stichprobe klein, so daß nur große Unterschiede in den Symptommhäufigkeiten feststellbar wären und Zufallsbefunde gut möglich sind.

Survey study of people living in the vicinity of cellular phone base stations (Santini et al. 2003)

Zu dieser Studie gibt es eine Reihe von Publikationen (Santini R. et al. 2003b; Santini R. et al. 2003a; Santini et al. 2001a; Santini et al. 2002). Es wurde die Häufigkeit von unspezifischen Gesundheitssymptomen in Abhängigkeit von der Distanz zwischen Wohnort und der nächsten Mobilfunkbasisstation untersucht. Dabei wurden 530 Fragebogen analysiert, mit denen Angaben zum Schweregrad und zur Auftrenshäufigkeit verschiedener Symptome erfragt wurden. Die Studienteilnehmer hatten zudem die Wohndistanz zur Mobilfunkbasisstation zu schätzen. Folgende Symptome traten in der Nähe von Mobilfunkantennen signifikant häufiger auf: Müdigkeit, Reizbarkeit, Kopfschmerzen, Übelkeit, Appetitlosigkeit, Schlafstörungen, Neigung zu Depressionen, Unwohlsein, Konzentrationsschwierigkeiten, Gedächtnisverlust, Hautprobleme, Sehstörungen, Hörstörungen, Schwindel, Störungen des Bewegungsapparates und Herz-Kreislaufprobleme.

Bewertung: Es handelt sich um eine Querschnittsstudie, die a priori keine kausalen Rückschlüsse erlaubt. Die Studie weist zudem gravierende methodische Schwächen auf. Die Rekrutierung der StudienteilnehmerInnen erfolgte durch Massenmedien mit der Ankündigung, daß eine Studie zu gesundheitlichen Auswirkungen von Basisstationen gemacht werde. Selektionsbias ist daher anzunehmen. Darauf wird jedoch in der Studie nicht eingegangen. Die selbstgeschätzte Distanz als Expositionsmaß ist in zweierlei Hinsicht problematisch. Erstens ist bekannt, daß Distanz und Feldstärke praktisch unkorreliert sind (Rööfli et al. 2002), zweitens kann davon ausgegangen werden, daß die persönliche Betroffenheit einen Einfluß auf die Schätzung ausübt und daher zu einem systematischen Fehler führt. Insgesamt werden die methodischen Mängel als zu gravierend eingeschätzt, um Schlußfolgerungen aus dieser Studie abzuleiten.

Cellular phone use does not acutely affect blood pressure or heart rate of humans (Tahvanainen et al. 2004)

Es wurden je 16 Probanden doppelblind gegenüber einem Mobiltelefon auf der Kopfseite der dominanten Körperhälfte mit der Frequenz von 900 oder 1800 MHz exponiert. Das Studiendesign war crossover, d.h. es wurden nur Vergleiche innerhalb einer Personengruppe (von 16 Personen) zwischen der realen und der Scheinexpositi-

onssituation vorgenommen. Die Dauer der Exposition betrug 35 Minuten. Reale und Scheinexpositionen erfolgten in zufälliger Reihenfolge. Die maximale Absorptionsrate (SAR) wird mit 1.6 W/kg (900 MHz) und 0.7 (1800 MHz) beziffert. Gemessen wurden Blutdruck und Herzfrequenz während Atmungstests, bei einem Kipptischtest sowie vor und nach Valsalvamanövern. Ein Fragebogen zu subjektiven Symptomen wurde jeweils am Ende der realen und der Scheinexposition ausgefüllt. Es wurde gefragt, ob man das Feld wahrnehmen konnte, und falls ja, welche der beiden Expositionen die reale war und wie man sich gefühlt habe.

In den Resultaten wird auf die Frage der Feldwahrnehmung nicht eingegangen. Bei den subjektiven Symptomen gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Expositionsszenarien. Während der 900 MHz Exposition berichteten 4 Probanden von Wärmegefühl am Ohr (3 am exponierten Ohr, 1 am nicht-exponierten Ohr), während der 1800 MHz-Exposition waren es 3 Probanden mit Wärmegefühl (2 am exponierten Ohr und 1 am nicht-exponierten Ohr). Während der beiden Scheinexpositionen waren es jeweils 1 bzw. 2 Personen mit Wärmegefühl.

Bewertung: Es handelt sich um eine doppelblinde Studie mit crossover Design. Primäre Endpunkte waren Blutdruck und die Herzfrequenz. Für diese Endpunkte wurde die Studie ausgelegt. Die subjektiven Symptome wurden nur nebenbei erhoben. Entsprechend sind die Resultate nur lückenhaft diskutiert. Die Macht (Power) der Studie war wahrscheinlich relativ klein, um diesbezügliche Einflüsse zu untersuchen. Diesbezügliche Angaben fehlen jedoch in der Studie.

Effects of global communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints (Zwamborn et al. 2003)

Es handelt sich um eine hypothesengeleitete Provokationsstudie mit doppelblinder, randomisierter (Reihenfolge ausbalanciert), 3-fach crossover Exposition: GSM 900, GSM 1800 und UMTS (2140 MHz). Maximale Feldstärke war jeweils 1 V/m, die mittlere Feldstärke betrug bei GSM 0.7 V/m und bei UMTS 1 V/m. Die Exposition dauerte 30 Minuten und erfolgte durch eine Basisstation in 3 m Distanz zu den Probanden (Fernfeldbedingung). Es wurden 30 kognitive Tests am Computer zu Reaktionszeit, Erinnerungsvermögen, visuelle Aufmerksamkeit und dual-tasking durchgeführt. Weiter wurden 2 Fragebögen zum Persönlichkeitsprofil eingesetzt und 1 Fragebogen zum Wohlbefinden. Es wurden 2 Gruppen von Versuchspersonen rekrutiert: 36 Personen mit Beschwerden, die von den Betroffenen auf Exposition durch GSM-Basisstationen zurückgeführt wurden (elektromagnetisch Hypersensible) und 36 Personen ohne Beschwerden (Referenzgruppe). Vergleiche wurden nur innerhalb der jeweiligen Gruppen zwischen den verschiedenen Expositionssituationen gemacht. Es wurde eine schwache, aber statistisch signifikante Reduktion des Wohlbefindens beobachtet, sowohl in der Gruppe der elektromagnetisch Hypersensiblen als auch in der Referenzgruppe. Die mit einer Kurzversion des Fragebogens von Bulpitt & Fletcher erhobenen Symptome wurden in 5 Skalen eingeteilt: Angst-/Sorgensymptome, somatische Symptome, Unzulänglichkeitssymptome, Depressionssymptome und Symptome der Abwehr. Bei den hypersensiblen Personen wurden mit Ausnahme der Depressionssymptome bei allen Skalen statistisch signifikante Unterschiede beobachtet, bei der Referenzgruppe wurden neben der Summe aller Skalen nur für Symptome der Unzulänglichkeit Expositionseffekte beobachtet. Die Reduktion des Wohlbefindens betraf nur UMTS-Exposition, nicht GSM-Exposition. Es wurden auch

Auswirkungen auf die kognitiven Leistungen beobachtet, aber ohne klares Muster betreffend Expositionsart (GSM, UMTS), kognitive Teilfunktionen und Gruppenzugehörigkeit.

Bewertung: Es handelt sich um eine doppelblinde crossover Studie, die als Bericht publiziert ist. Eine wissenschaftlich begutachtete Publikation liegt (noch) nicht vor. Die Ergebnisse wurden jedoch vor der Publikation von einem wissenschaftlichen Ausschuss und von Experten des United States Air Force Research Laboratory in Brooks City-Base, TX, kritisch durchgesehen. Die Autoren haben ihre Ergebnisse auf Verlangen der Regierung, welche die Studie finanzierte, publiziert. Die überraschenden Ergebnisse dieser Studie haben für ziemlich großes Aufsehen gesorgt. Entsprechend wurden verschiedene Kritiken gemacht. Hauptpunkte der Kritik waren die statistischen Auswertungen (Wahl einer falschen Referenzgruppe, Anwendung von ANOVA für schief verteilte Daten). Die Autoren haben mittlerweile verbesserte Analysen präsentiert, die aber zu keinen anderen Resultaten führen. Weiter wurde die Verwendung eines gekürzten Fragebogens zum Befinden kritisiert (Standardisierung nicht mehr gegeben). Die Studienqualität wird aber insgesamt als gut erachtet.

3.3 Zusammenfassende qualitative Studienbewertung

Die Qualität der als relevant erachteten Studien wird summarisch folgendermaßen beurteilt (siehe Tabelle 4):

1. Qualitativ genügende Studien mit einem Studiendesign, das zweckmäßig ist, um kausale Zusammenhänge zu untersuchen:
Croft et al. 2002; Huber et al. 2000; Koivisto et al. 2001; Raczek J. et al. 2000; Tahvanainen et al. 2004; Zwamborn et al. 2003.
2. Qualitativ genügende Studien, die aufgrund des Studiendesigns maximal Hinweise zum Themenkomplex liefern können:
Chia et al. 2000; Frick et al. 2002; Hillert et al. 2002; Oftedal et al. 2000; Röösl et al. 2004; Sandstrom et al. 2001; Wilen et al. 2003; Santini et al. 2001b; Hutter et al. 2002; Hillert et al. 2001.
3. Qualitativ ungenügende Studien, die in der Bewertung nicht berücksichtigt werden:
Hietanen et al. 2002; Navarro E.A. et al. 2003; Ozturan et al. 2002; Santini R. et al. 2003b; Santini R. et al. 2003a; Santini et al. 2001a; Santini et al. 2002.

Tabelle 4: Übersicht über die qualitative Studienbewertung.

	Studiendesign zweckmäßig für Nachweis kausaler Zusammenhänge	Studiendesign <u>nicht</u> zweckmäßig für Nachweis kausaler Zusammenhänge
Qualitativ gut	Croft et al. 2002 Huber et al. 2000 Koivisto et al. 2001 Raczek et al. 2000 Tahvanainen et al. 2004 Zwamborn et al. 2003	Chia et al. 2000 Frick et al. 2002 Hillert et al. 2002 Ofstedal et al. 2000 Röösli et al. 2004 Sandstrom et al. 2001 Wilén et al. 2003 Santini et al. 2001b Hutter et al. 2002 Hillert et al. 2001
Qualitativ ungenügend	Hietanen et al. 2002 Ozturan et al. 2002	Navarro et al. 2003 Santini R. et al. 2003b Santini R. et al. 2003a Santini et al. 2001a Santini et al. 2002

3.4 Wirkung auf die Gesundheit

Müdigkeit und Schlafstörungen

Müdigkeit und Schlafstörungen gehören, zumindest im deutschsprachigen Raum, zu den am häufigsten mit EMF Expositionen in Verbindung gebrachten Beschwerden (Röösli et al. 2004). Es gibt einige Studien, die Einflüsse der Mobilfunkstrahlung auf Hirnströme (EEG) während des Schlafs untersucht haben (z.B. Borbely et al. 1999; Huber et al. 2000; Huber et al. 2002; Lebedeva et al. 2001; Mann und Röschke 1996; Mann et al. 1998; Mann und Röschke 2004; Wagner et al. 1998; Wagner et al. 2000). Diese werden in diesem Rahmen nicht weiter diskutiert, sondern es wird auf Studien fokussiert, die explizit die subjektiv bewertete Schlafqualität oder Müdigkeit im Sinne einer Befindensbeeinträchtigung untersuchten. Als primärer Endpunkt wurde dies bisher noch nicht unter kontrollierten Expositionsbedingungen untersucht, sondern bestenfalls als Nebenast der Analyse am Rande erwähnt. So wurde in einer experimentellen Studie kein Zusammenhang zwischen der subjektiven Schlafqualitätsbewertung und der Exposition gefunden (Huber et al. 2000). Weiter hatte eine 60-minütige GSM-Exposition keinen Einfluß auf die Einschätzung der Müdigkeit am Tag bei zwei anderen Experimenten (Koivisto et al. 2001). In einer österreichischen Querschnittsstudie wurde in einer bivariaten Analyse bei Bewohnern um Mobilfunkbasisstationen ein Zusammenhang zwischen der Feldstärke und der Schlafqualität beobachtet (Hutter et al. 2002). Die Berücksichtigung von möglichen Störgrößen in der Analyse, insbesondere ob man sich gesundheitliche Sorgen wegen der Basisstation macht oder nicht, führte dazu, daß kein Zusammenhang mehr zur Feldstärke bestand. Ebenfalls kein Expositionseffekt wurde in dieser Studie für Erschöpfungssymptome gefunden. Aufgrund des Studiendesigns sind kausale Schlußfolgerungen nicht möglich (Querschnittsuntersuchung). In der französischen Querschnittsbefragung berichteten Mobiltelefonierende nicht häufiger über Müdigkeit und Schlafstörungen als Nicht-Mobiltelefonierende (Santini et al. 2001b). Bei einer Gruppe von elektromagnetisch hypersensiblen Personen konnte die Hypothese, daß Müdigkeit und Überempfindlichkeit auf elektromagnetische Felder durch eine Änderung der Cholinesteraseaktivität zustande kommen könnten, nicht bestätigt werden (Hillert et al. 2001).

Wirkungen der Mobilfunkstrahlung auf die Schlafqualität und die Müdigkeit am Tag wurden bisher kaum unter kontrollierten Expositionsbedingungen untersucht. Das Ableiten von Schlußfolgerungen aus den vorliegenden Studien ist daher mit erheblichen Unsicherheiten verbunden.

Hautprobleme: Juckreiz, Kribbeln, Rötungen

Mit dem Aufkommen von Bildschirmarbeitsplätzen ab Mitte der 80er Jahre nahmen hauptsächlich in Skandinavien Klagen zu, daß Hautprobleme mit EMF Exposition assoziiert seien (z.B. Berg und Liden 1987; Berg 1988; Berg und Axelson 1990; Liden und Berg 1991; Swanbeck und Bleeker 1989). Mittlerweile werden Hautprobleme auch mit der Mobilfunkstrahlung in Verbindung gebracht, insbesondere mit dem Gebrauch von Mobiltelefonen.

Unter kontrollierten Expositionsbedingungen wurde dieser Effekt bisher erst einmal untersucht (Koivisto et al. 2001). Dabei wurde für einen GSM 900 Handapparat, der in üblicher Gesprächshaltung 4 cm vom Kopf entfernt angebracht war, nach 60 Minuten keine Zunahme von Hautproblemen beobachtet im Vergleich zu einer Scheinexpositionssituation. Hingegen wurden in Querschnittsbefragungen, die u.a. das Symptom ‚Kribbeln‘ in Abhängigkeit vom Telefongebrauch untersuchten, Zusammenhänge gefunden. In Skandinavien war der Zusammenhang statistisch signifikant (Ofstedal et al. 2000; Sandstrom et al. 2001), in Singapur war er nur in der Tendenz ersichtlich (Chia et al. 2000), in der französischen Befragung gar nicht (Santini et al. 2001b). Aus Querschnittsbefragungen können jedoch keine kausalen Zusammenhänge abgeleitet werden, da die beobachteten statistischen Zusammenhänge auch anderweitig zustande gekommen sein könnten.

Durch welchen Wirkungsmechanismus Hautprobleme durch die Mobilfunkstrahlung verursacht sein könnten, ist weitgehend unbekannt. Eine Möglichkeit wäre eine Veränderung der Durchblutung der Oberhaut wie sie in einer experimentellen Studie beobachtet wurde (Monfrecola G. et al. 2003). Jedoch erscheinen aufgrund der Ergebnisse der einzigen Studie mit kontrollierten Expositionsbedingungen Hautprobleme in der allgemeinen Bevölkerung durch die Strahlungsexposition eines Mobiltelefons eher unwahrscheinlich. Offen bleibt die Frage, ob es eine speziell sensible Gruppe gibt, deren Haut auf die Strahlung reagiert. Möglich erscheint auch das Auftreten von Hautproblemen durch physischen Kontakt mit dem Telefon bei entsprechender Prädisposition. Das würde die entsprechenden Ergebnisse von den Querschnittsbefragungen erklären. Wenige wissenschaftliche Informationen gibt es auf die Frage, ob und wie stark Handapparate statische elektrische Felder emittieren. Solche Felder könnten allenfalls als Kribbeln wahrgenommen werden.

Kopfschmerzen

Ähnlich wie zu Hautproblemen präsentiert sich die Datenlage zu Kopfschmerzen im Zusammenhang mit Mobilfunkstrahlung. Eine Studie unter kontrollierten Expositionsbedingungen fand keinen diesbezüglichen Zusammenhang (Koivisto et al. 2001), während die beiden Querschnittsbefragungen statistisch signifikante Assoziationen fanden (Chia et al. 2000; Ofstedal et al. 2000; Sandstrom et al. 2001). Die Befragung von rund 17'000 skandinavischen Mobiltelefonbenutzern ergab eine statistisch signifikante Zunahme von Kopfschmerzen, sowohl bezogen auf die tägliche Benutzungsdauer als auch auf die Anzahl Telefonate. Diese Assoziation wurde bei den Benutzern von digitalen (GSM) und von analogen (NMT) Telefonen beobachtet, wobei bei

Ersteren die Symptome (statistisch nicht signifikant) weniger häufig waren. Bei rund einem Drittel der Benutzer begannen die Kopfschmerzen während des Telefonates, bei einem weiteren Drittel innerhalb einer halben Stunde nach dem Telefonat und beim Rest später. Bei rund der Hälfte der Personen verschwanden die Schmerzen innerhalb von 2 Stunden nach dem Telefonat. Bei der Befragung von 808 zufällig ausgewählten Männern und Frauen zwischen 12 und 70 Jahren in Singapur zeigte sich, daß rund 45% der Befragten Mobiltelefone benutzten. Bei den Benutzern war das Risiko für Kopfschmerzen statistisch signifikant um 31% höher als bei Nicht-Benutzern. Ebenfalls wurde eine statistisch signifikante Zunahme der Häufigkeit von Kopfschmerzen mit zunehmendem Gebrauch des Telefons gefunden. Benutzer von handfreien Geräten hatten rund 20% weniger häufig Kopfschmerzen als Benutzer von konventionellen Mobiltelefonen. In der französischen Querschnittsbefragung berichteten Mobiltelefonierende nicht häufiger über Kopfschmerzen als Nicht-Mobiltelefonierende (Santini et al. 2001b).

Im Hinblick auf die biologische Plausibilität eines solchen Zusammenhanges werden verschiedene Wirkungsmechanismen diskutiert. Eine Wirkung via Blut-Hirnschranke oder über das Dopamin-Opiat-System wurde zur Diskussion gestellt (Frey 1998). Weiter wird eine Stimulierung des vestibulären Apparates propagiert, entweder durch die direkte Wirkung der Radiowellen auf die Endolymphflüssigkeit und die Haarzellen oder durch Konvektionsströme infolge der Wärmeabgabe des Telefons (Cox und Luxon 2000). Letzteres werde begünstigt, da Mobiltelefone enger ans Ohr gedrückt würden als normale Telefone, wenn sie in lärmiger Umgebung benützt würden.

Wie schon erwähnt, können aus den Querschnittsbefragungen nicht direkt kausale Wirkungen abgeleitet werden. Es ist schwierig abzuschätzen, ob und inwiefern andere Einflüsse als die Strahlung zu diesen Befunden beigetragen haben. Möglich wäre, daß mobiles Telefonieren infolge schlechter Verbindungsqualität häufig als anstrengend erlebt wird und unspezifische Symptome nach sich zieht. Oder daß Mobiltelefonbenutzer nach dem Gebrauch eines Mobiltelefons ihrem Kopf größere Aufmerksamkeit widmen als Personen, die keine Mobiltelefone benützen (Erwartungshaltung). Allenfalls sind die Symptome streßbedingt, und der häufige Mobiltelefongebrauch ist lediglich ein Indikator für das erhöhte Streßniveau einer Person.

Auffällig an den Ergebnissen der beiden Querschnittsbefragungen, die eine Reihe von unspezifischen Symptomen abgefragt hatten, ist jedoch die Tatsache, daß die Zusammenhänge bezüglich Kopfschmerzen in beiden Studien zu den konsistentesten gehörten.

Schwindel/Übelkeit

Schwindel und Übelkeit gehören zu den unspezifischen Gesundheitsproblemen, die ebenfalls oft im Zusammenhang mit möglichen Beeinträchtigungen durch die Mobilfunkstrahlung genannt werden. Wiederum liegt eine Studie mit kontrollierter Expositionsbedingung vor, die für ein GSM 900 Telefon keinen entsprechenden Effekt fand (Koivisto et al. 2001). Die skandinavische Querschnittsbefragung fand in Norwegen eine Zunahme von Schwindel mit steigendem Telefongebrauch (bezogen auf die Dauer sowie die Anzahl Telefonate). In Schweden wurde dieser Zusammenhang nicht beobachtet (Sandstrom et al. 2001). Auch in der Befragung aus Singapur gab es keine Hinweise für einen diesbezüglichen Effekt (Chia et al. 2000). In der französischen Querschnittsbefragung berichteten Mobiltelefonierende nicht häufiger über

Unbehagen als Nicht-Mobiltelefonierende (Santini et al. 2001b). Bisher wurde nicht wissenschaftlich publiziert, durch welchen Wirkungsmechanismus Schwindel und Übelkeit durch Mobilfunkstrahlung ausgelöst werden könnte. Am ehesten denkbar wäre eine Beeinflussung der Gleichgewichtsorgane im Ohr durch die Exposition gegenüber einem Handapparat.

Insgesamt liefern die Studien jedoch wenig Evidenz für eine Wirkung der Mobilfunkstrahlung auf Schwindel und Übelkeit.

Konzentrationsschwierigkeiten/Gedächtnisstörungen

Auf der einen Seite werden Konzentrationsschwierigkeiten und Gedächtnisstörungen mit Mobilfunkstrahlung in Verbindung gebracht. Auf der anderen Seite gibt es eine Reihe von Studien, die kognitive Leistungen objektiv mittels Testverfahren unter kontrollierten Expositionsbedingungen untersuchten. Kognitive Testleistungen sind nicht gleichzusetzen mit dem subjektiven Empfinden von Konzentrations- und Gedächtnisschwierigkeiten. Dennoch seien die Ergebnisse aus diesen Studien kurz zusammengefaßt:

In Studien bis 2002 wurden - zwar nicht immer statistisch signifikant - aber in der Tendenz doch relativ häufig verkürzte Reaktionszeiten unter GSM-Exposition beobachtet (Croft et al. 2002; Edelstyn und Oldershaw 2002; Jech et al. 2001; Koivisto et al. 2000a; Koivisto et al. 2000b; Preece et al. 1999). Auch lieferten diese Studien wenig Hinweise, daß die Fehlerrate durch die Exposition beeinflusst sein könnte. Neuere, systematische Replikationsstudien konnten diese Resultate hingegen nicht bestätigen (Haarala et al. 2003; Krause et al. 2004). Eine andere Studie fand sogar eine Verlängerung der Reaktionszeit unter Exposition (Hamblin et al. 2004). Erstmals wurde eine signifikant erhöhte Fehlerrate unter Exposition nachgewiesen (Krause et al. 2004). Eine erste Studie zum Einfluß der UMTS Strahlung auf kognitive Fähigkeiten ergab inkonsistente Resultate (Zwamborn et al. 2003). Die Inkonsistenz dieser Studienresultate könnte zusammen mit ersten Hinweisen auf einen spezifischen Zeitverlauf der Expositionseffekte (Curcio G. et al. 2004) darauf hindeuten, daß die Hochfrequenzexposition, wenn sie einen Effekt auf die Reizwahrnehmung und -verarbeitung im Zentralnervensystem hat, die verschiedenen Funktionen je nach ihrer Komplexität in unterschiedlichem Ausmaß und mit unterschiedlicher Verzögerung beeinflusst. Denkbar ist aber auch, daß die Effekte so diskret sind, daß sie sich auf Verhaltensniveau nur gelegentlich nachweisen lassen.

Studien zu Konzentrationsschwierigkeiten und Gedächtnisstörungen, wie sie sich im Alltag als Befindensbeeinträchtigung manifestieren, gibt es keine unter kontrollierten Expositionsbedingungen. In der Querschnittsbefragung in Singapur wurden keine statistisch signifikante Unterschiede im Auftreten von Konzentrationsstörungen zwischen Mobiltelefonierenden und Nicht-Mobiltelefonierenden beobachtet. Letztere gaben in 21% der Fälle Konzentrationsstörungen an, Mobiltelefonierende in 15% der Fälle. In der skandinavischen Befragung gab es vereinzelte Hinweise für einen Zusammenhang (Konzentrationsstörungen von GSM Benutzern in Schweden mit mehr als 4 Anrufen pro Tag). Mehrheitlich (bezogen auf Mobiltelefonierende in Norwegen, Benutzer von Analogtelefonen in beiden Ländern und Telefonierdauer pro Tag mehr als 60 Minuten) wurde kein vermehrtes Auftreten von Konzentrations- und Gedächtnisschwierigkeiten gefunden. In der französischen Querschnittsbefragung berichteten Mobiltelefonierende nicht häufiger über Konzentrations- und Gedächtnisschwierigkeiten.

ten als Nicht-Mobiltelefonierende. Hingegen gaben innerhalb der Gruppe der Mobiltelefonierenden Benutzer von 1800MHz Geräten mehr Konzentrationsstörungen an als GSM900 Benutzer. Ebenfalls mehr Symptome hatten Personen, die sowohl Festnetz als auch Mobiltelefone benützten im Vergleich zu Personen, die nur Mobiltelefone benützten (Santini et al. 2001b).

Kognitive Leistungen können methodisch relativ einfach unter kontrollierten Expositionsbedingungen untersucht werden. Die meisten der relativ vielen vorhandenen Studien zu dieser Thematik finden signifikante Befunde. Diese sind aber inkonsistent. Ein Muster in welche Richtung ein gezeigter Effekt geht, ist nicht ersichtlich. Im Gegensatz dazu stellt sich die Frage, wie Konzentrations- und Gedächtnisschwierigkeiten als Befindensbeeinträchtigung untersucht werden können. Diese beruhen in erster Linie auf dem subjektiven Empfinden über einen längeren Zeitraum und sind deshalb kaum objektiv meßbar. Entsprechend gibt es auch keine Studie dazu unter kontrollierten Bedingungen. Die Querschnittsbefragungen liefern nur schwache Hinweise für einen Einfluß der Mobilfunkstrahlung.

Nervosität

Nervosität und Unruhe werden von Betroffenen häufig mit Exposition gegen elektromagnetischen Feldern in Verbindung gebracht (Frick et al. 2002; Rööfli et al. 2004). In Studien wurde es bisher hingegen nicht thematisiert, weder unter kontrollierten Expositionsbedingungen noch bei Querschnittsbefragungen. Eine Beurteilung dieses Endpunktes wird als nicht möglich erachtet.

Depressive Verstimmung / Niedergeschlagenheit

Einflüsse von elektromagnetischen Feldern auf die Stimmung, bis hin zu Depressionen stehen ebenfalls in der öffentlichen Diskussion. Im niederfrequenten Bereich gibt es einige Studien zu dieser Thematik (z.B. Ahlbom 2001; Paneth 1993), im hochfrequenten Bereich sind entsprechende Daten spärlich. In der holländischen Studie (Zwamborn et al. 2003) wurden die Fragen zum Befinden in 4 Skalen unterteilt, unter anderem die Skala depressive Symptome. Diese Symptome waren weder durch die GSM noch durch die UMTS Exposition beeinflusst. Insgesamt wird aber die Datenlage als zu gering erachtet, um eine Beurteilung dieses Endpunktes vorzunehmen.

Schmerzen (außer Kopfschmerz)

Elektromagnetische Felder, insbesondere statische Magnetfelder, stehen schon seit längerem zur Diskussion, wirksam gegen Schmerzen zu sein (z.B. Weintraub et al. 2003; Wolsko et al. 2004). Die Effektivität ist aber umstritten (Ratterman et al. 2002) und es gibt auch Studien, die eine Herabsetzung der Toleranzschwelle für Schmerz nachweisen (Ghione et al. 2004). In Bezug auf die Mobilfunkstrahlung gibt es dazu (außer Kopfschmerzen) keine Publikationen. Eine Beurteilung dieses Endpunktes wird als nicht möglich erachtet.

Wärmegefühl der Haut (Brennen, "warmes Ohr")

Wärmegefühl auf der Haut im Zusammenhang mit dem Gebrauch von Mobiltelefonen kann prinzipiell auf drei Mechanismen zurückgeführt werden. Einerseits kann der Kontakt des Telefons mit der Haut und die damit verbundene Isolation und Reduktion des Wärmeaustausches zu einem Wärmegefühl beitragen, wie man das auch von Festnetztelefonen kennt. Weiter kann die Abwärme der Batterie zu einer Erwärmung

führen und drittens entsteht bei der Absorption von hochfrequenter Strahlung in wasserhaltigem Gewebe Wärme.

Unter kontrollierten Expositionsbedingungen mit einem GSM 900 Mobiltelefon, das berührungsfrei 4 cm vom Ohr montiert war, traten bei freiwilligen Probanden unter Exposition nicht häufiger Wärmegefühle auf der Haut auf (Koivisto et al. 2001). In der französischen Querschnittsbefragung berichteten Mobiltelefonierende nicht häufiger über Wärmegefühle als Nicht-Mobiltelefonierende. Hingegen war innerhalb der Mobiltelefonierenden das Symptom bei Personen, die mehr als 2 Minuten pro Tag telefonierten, signifikant häufiger (Santini et al. 2001b). In Skandinavien wurde relativ konsistent eine Zunahme der Symptome mit zunehmender Exposition beobachtet (Sandstrom et al. 2001). In Singapur war kein Unterschied zwischen Benutzern und Nicht-Benutzern von Mobiltelefonen evident (Chia et al. 2000). Daß im Gegensatz zu den Querschnittsstudien, unter kontrollierten, berührungsfreien Expositionsbedingungen kein erhöhtes Wärmegefühl nachweisbar war, deutet eher darauf hin, daß wahrgenommene Wärmegefühle nicht auf die Mikrowellenstrahlung, sondern auf Isolationseffekte und allenfalls Abwärme des Telefons zurückzuführen sind.

Tinnitus / Ohrgeräusche

Obwohl Wirkungen der Mobilfunkstrahlung auf Tinnitus und Ohrgeräusche in der öffentlichen Diskussion stehen, gibt es keine Daten dazu. Es gibt auch keinen Verdacht für einen möglichen Wirkungsmechanismus. Allenfalls wird der Verdacht eines Zusammenhanges geäußert wegen der Nähe des Mobiltelefons zum Ohr bei dessen Benützung. Eine Beurteilung dieses Endpunktes wird als nicht möglich erachtet.

Hypersensibilität / Feldwahrnehmung

Die gefundenen Studien zum Themenbereich Hypersensibilität und Feldwahrnehmung können in zwei Gruppen eingeteilt werden. Bei der ersten Gruppe handelt es sich um Provokationsstudien. Bei diesen Studien werden freiwillige Probanden unter einfach- oder doppelblinden Bedingungen exponiert und sie sollen feststellen, ob eine Strahlungsquelle tatsächlich emittiert oder nicht. Solche Studien wurden sowohl an Personen gemacht, die sich selber als elektromagnetisch hypersensibel deklarierten als auch an Personen ohne Beschwerden im Zusammenhang mit EMF. Die zweite Gruppe von Studien untersuchte Expositionseffekte auf das Befinden allgemein, ohne näher auf die Art der Symptome einzugehen. Diese Studien, die ebenfalls an Personen mit und ohne EMF-assoziierte Beschwerden durchgeführt wurden, testeten dabei die Hypothese, ob sich Hypersensibilität mit individuell unterschiedlichen Symptomen äußert.

Bei einer Provokationsstudie an 16 sich selber deklarisierenden hypersensiblen Personen konnte der Feldstatus weder im Gruppenmittel noch von einer Einzelperson signifikant häufiger herausgefunden werden als es einer reinen Ratewahrscheinlichkeit entsprechen würde (Raczek J. et al. 2000). In einer weiteren doppelblinden crossover Studie wurde gemäß Methodenbeschreibung ebenfalls nach dem Expositionstatus gefragt (Tahvanainen et al. 2004). In den Resultaten wird dann jedoch nicht darauf eingegangen und nur erwähnt, daß bezüglich subjektiver Symptome kein Unterschied bestand. Es ist zu erwarten, daß noch in weiteren doppelblinden crossover Studien untersucht wurde, ob die Probanden ein Feld wahrnehmen konnten oder nicht. Daß solche Resultate nicht publiziert sind, spricht eher dafür, daß keine diesbezüglich positiven Resultate gefunden wurden.

Die zweite Gruppe von Studien untersuchte subjektive Symptome der Befindensbeeinträchtigung. Eine australische Studie fand bei Exposition gegenüber einem GSM 900 Mobiltelefon Veränderungen der Hirnströme, die mit dem Befinden korreliert waren (AD-ACL von Thaya: Einschätzung des eigenen Befindens anhand von 20 polaren Wortpaaren auf einer 4-Punkte Skala). Welcher Art die Zusammenhänge sind, ist aus der Publikation nicht ableitbar. Bemerkenswert sind die Resultate der holländischen TNO Studie, die für eine schwache UMTS Exposition sowohl bei einer elektromagnetisch hypersensiblen Gruppe als auch bei einer Referenzgruppe eine statistisch signifikante Befindensbeeinträchtigung fand (Zwamborn et al. 2003).

Zusammenfassend kann man aus diesen Studien schließen, daß es ziemlich unwahrscheinlich ist, daß Expositionen in der Größenordnung wie sie beim Gebrauch eines Mobiltelefons entstehen, in einer Testsituation in einem Labor bewußt wahrnehmbar sind, obwohl die Patienten mit EHS generell für sich selbst eine intensivere Wahrnehmungsfähigkeit für elektromagnetische Felder angeben. Offen bleibt jedoch die Frage, wie es sich im Alltag in gewohnter Umgebung bei gewohnter Tätigkeit verhält. Es ist denkbar, daß es eine besonders sensible Bevölkerungsgruppe gibt, die unter diesen Umständen ohne Entscheidungsdruck unterschiedliche Expositionssituationen wahrnehmen kann. Leider gibt es dazu keine Studien, da eine solche Untersuchung methodisch deutlich komplexer ist. Die Wahrnehmbarkeit der Felder betrifft jedoch nur einen Aspekt des Syndroms der Hypersensibilität. Entsprechend wird in der Literatur teilweise unterschieden zwischen der Hypersensitivität, d.h. der Fähigkeit Felder wahrzunehmen und der Hypersensibilität (Leitgeb und Schröttner 2003). Unter letzterem wird die Ausprägung von Symptomen im Zusammenhang mit der Exposition verstanden. Damit muß nicht notwendigerweise eine bessere Feldwahrnehmung einhergehen. Bezüglich dem vermehrten Auftreten von Symptomen bei elektromagnetisch hypersensiblen Personen lassen sich aus Studien unter kontrollierten Expositionsbedingungen sowohl Hinweise für einen Effekt ableiten (Croft et al. 2002; Zwamborn et al. 2003) als auch Hinweise für dessen Abwesenheit (Koivisto et al. 2001). Offensichtlich ist, daß ein Teil der Bevölkerung unspezifische Symptome der Wirkung elektromagnetischer Felder zuschreibt und sich selber als hypersensibel einstuft (Rööfli et al. 2004). Eine Diskussion der vorhandenen Widersprüche für die Gesamtheit aller unspezifischen Symptome findet sich im nächsten Kapitel: Gesamtbewertung für das Themenfeld.

4 Gesamtbewertung für das Themenfeld

4.1 Zusammenfassung der Studienresultate

Eine systematische Literatursuche zur Thematik Befindlichkeitsstörungen beim Menschen durch Mobilfunkstrahlung ergab 17 relevante Studien (21 Publikationen). Eine qualitative Bewertung ergab, daß nur 8 Studien ein Design verwendet haben, das Rückschlüsse auf den kausalen Zusammenhang zwischen dem Befinden und der physikalischen Exposition gegenüber Mobilfunkstrahlung zuläßt. Bei den anderen Studien waren kausale Rückschlüsse entweder nicht das Ziel der Studie oder das Design wurde diesbezüglich als ungeeignet eingeschätzt. Von den 8 Studien mit zweckmäßigem Design wurden 2 als qualitativ ungenügend bewertet und nicht für die Beurteilung berücksichtigt. Bei den verbleibenden 6 Studien waren in 3 Untersuchungen Befindensbeeinträchtigungen nur am Rande angesprochen. Somit verblieben 3 qualitativ genügende Studien die prioritär Befindensbeeinträchtigungen unter kontrollierten Expositionsbedingungen untersuchten (Koivisto et al. 2001; Raczek et

al. 2000; Zwamborn et al. 2003). Die vorliegende Bewertung beruht schlußendlich zu einem großen Teil auf diesen drei Studien.

Diese drei crossover Studien untersuchten mittels einfach- oder doppelblinden Versuchsanordnungen den Einfluß einer Mobiltelefon- oder einer Basisstationsexposition auf das Befinden. Die Befunde waren widersprüchlich. Einmal führte die Exposition gegenüber einem GSM 900 Telefon nicht zu einem vermehrten Auftreten von unspezifischen Symptomen (Koivisto et al. 2001). Einmal konnte ein GSM 900 Nahfeld der Stärke 16 V/m von Personen, die sich als elektromagnetisch hypersensibel einstufen, nicht überzufällig gut wahrgenommen werden (Raczek et al. 2000). In der dritten Studie wurde eine signifikante Befindensbeeinträchtigung durch eine UMTS – Fernfeldexposition von 1 V/m nachgewiesen. Die GSM 900- und GSM 1800-Exposition hatte dagegen keinen Einfluß (Zwamborn et al. 2003).

Es ist damit offensichtlich, daß die Datenlage für eine Beurteilung der Evidenz von möglichen Befindensbeeinträchtigungen durch die Mobilfunkstrahlung sehr gering ist. Es gibt einige wenige Studien unter kontrollierten Expositionsbedingungen zu Kurzzeiteffekten mit widersprüchlichen Resultaten. Es gibt keine Studie zur Wirkung längerer Expositionen auf das Befinden. Und es gibt eine Reihe von Querschnittsbefragungen, die einen Zusammenhang zwischen unspezifischen Symptomen und Exposition gegenüber der Mobilfunkstrahlung herstellen. Nachweis der Kausalität ist in diesem Fall nicht möglich; so wie es auch bei Einzelfallbeschreibungen von Betroffenen nicht möglich ist.

4.2 Mögliche Gründe für Widersprüche

Warum sind die Befunde so unterschiedlich? Gibt es Erklärungen für die Widersprüche?

Mit großer Sicherheit kann ausgesagt werden, daß eine mögliche Beeinträchtigung des Befindens durch die Mobilfunkstrahlung komplex ist. Eine direkte Wirkung der Strahlung auf ein spezifisches Symptom (z.B. Kopfschmerzen nach 10 Minuten Gebrauch von Mobiltelefonen), das sich sofort und reproduzierbar entweder bei einem großen Teil der Allgemeinbevölkerung oder bei Personen, die sich als hypersensibel gegenüber EMF deklarieren, einstellt, ist unwahrscheinlich. Wäre dem nämlich so, hätte man dies mit den bereits durchgeführten Studien nachweisen können. Damit kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß es entweder keinen Effekt gibt, oder daß der Effekt von einer Reihe von Faktoren beeinflusst wird. Eine Rolle spielen könnten beispielsweise die genauen Expositionsparameter (Frequenz, Zeitpunkt, Länge, Modulation, etc.), die Art des Symptoms, das Erhebungsinstrument, die individuelle Prädisposition, etc. Es ist offensichtlich, daß der Mangel an qualitativ guten Studien und die Vielzahl von möglichen Parametern, die eine Rolle spielen könnten, fast unbeschränkt viele Hypothesen zur Erklärung widersprüchlicher Studienresultate erlaubt.

Die bisher durchgeführten Studien unterscheiden sich sowohl in Bezug auf die angewendeten Expositionsparameter, wie auch in Bezug auf die Untersuchungsinstrumente, Analysemethoden, etc. Auffallend ist, daß die beiden Studien, die Fragebögen einsetzen, die eine Reihe unterschiedlichster Symptome abfragten und daraus einen Summenwert bildeten (ohne nähere Angaben zu der Art der Symptome zu machen), entweder Zusammenhänge zwischen dem Befinden und der Exposition

fanden (Zwamborn et al. 2003) oder zumindest Hinweise, daß beobachtete physiologische Veränderungen bei Exposition mit dem Befinden korrelierten (Croft et al. 2002). Im Gegensatz dazu wurde bei einer anderen Studie unter kontrollierten Expositionsbedingungen kein Expositionseffekt gefunden, wenn symptom-spezifisch untersucht wurde (Koivisto et al. 2001). Das heißt, es wurde für jedes mögliche Symptom (z.B. Kopfschmerzen, etc.) eine Frage gestellt und analysiert. Es ist sehr wahrscheinlich, daß ein Summenwert von einem Fragebogen zu einer Vielzahl von Befindensparameter ein deutlich sensitiveres Untersuchungsinstrument darstellt als eine einzige Frage zu einem Symptom. Damit könnte man die unterschiedlichen Resultate erklären und die Schlußfolgerung ziehen, daß nur sehr kleine Befindensänderungen mit sehr sensitiven Instrumenten nachweisbar wären.

Damit stellt sich auch die Frage, ob Mobilfunkstrahlung allenfalls nur bestimmte Symptome auslöst oder unspezifisch das Befinden beeinträchtigt, was sich individuell mit verschiedenen Symptomen äußern könnte. Bei dieser Literaturübersicht wurden die Studienresultate nach Symptomen separat analysiert. Einerseits gibt es auf der mageren Basis von Studien mit kontrollierten Expositionsbedingungen keine Hinweise, daß es bestimmte Symptome gibt, die eher durch Mobilfunkstrahlungsexposition verursacht werden als andere Symptome. Andererseits waren in Querschnittsbefragungen an Mobiltelefonierenden Kopfschmerzen, Hautirritationen sowie Wahrnehmung von Wärme oder Brennen auf der Haut stärker als andere Symptome mit der erhobenen Exposition assoziiert. Zu einigen Symptomen, die in der Öffentlichkeit mit der EMF Exposition in Verbindung gebracht werden, lagen keine Studienergebnisse vor, so daß keine Aussagen gemacht werden konnten.

Offen bleibt auch die Frage nach den Auswirkungen von längerfristigen Expositionen. Findet eine Adaptation des Organismus' statt, oder bedeuten kleine Befindensbeeinträchtigungen, wie sie teilweise beobachtet wurden, längerfristig ein ernsthaftes Gesundheitsrisiko? Die Wirkung von länger andauernden Expositionen auf das Befinden wurde bisher noch nicht unter kontrollierten Bedingungen untersucht.

4.3 Phänomen elektromagnetische Hypersensibilität

Im Zusammenhang mit der Frage nach der Existenz einer besonders sensiblen Bevölkerungsgruppe (elektromagnetisch hypersensibel) kann festgehalten werden, daß die Fähigkeit der Feldwahrnehmung im Labor unter experimentellen Bedingungen bisher nicht bestätigt werden konnte. Dies schließt aber nicht aus, daß die Sensibilität für Befindensbeeinträchtigungen individuell sehr verschieden sein kann. Die zur Zeit verfügbaren Studien geben aber keine konsistente Antwort auf die Frage, ob es unterhalb der Grenzwerte tatsächlich zu vermehrtem Auftreten von unspezifischen Symptomen kommen kann. Es ist unbestritten, daß im Zusammenhang mit der elektromagnetischen Hypersensibilität neben der physikalischen Exposition auch andere Faktoren eine Rolle spielen. Aus diesem Grund ist es im Einzelfall nicht möglich, die genauen Ursachen der Beschwerden zu eruieren.

4.4 Schlußfolgerung

Zusammenfassend kann man festhalten, daß es Hinweise für Befindlichkeitsbeeinträchtigungen unterhalb der Grenzwerte gibt, die Resultate der relativ wenigen vorliegenden Studien aber widersprüchlich sind, so daß insgesamt die Evidenz für einen Zusammenhang dürftig ist. Aufgrund der wenigen verfügbaren qualitativ guten Unter-

suchungen mit kontrollierten Expositionsbedingungen ist jedoch von Bedeutung, daß
Absenz von Evidenz nicht gleichbedeutend mit Evidenz für Absenz eines Effektes ist:
,Absence of evidence is not evidence of absence of risk.'

5 Verdankung

Ganz herzlich danke ich Dr. med. Kerstin Hug für ihre Mithilfe an diesem Bericht.
Ihre fortlaufende Zusammenstellung und Diskussion der wissenschaftlich
publizierten Literatur in der Datenbank ELMAR (**E**lectromagnetic **R**adiation:
<http://www.elmar.unibas.ch/index.html>) sowie die kritische Durchsicht eines ersten
Entwurfes dieses Berichtes waren sehr hilfreich.

6 Literaturverzeichnis

Ahlbom A. 2001. Neurodegenerative diseases, suicide and depressive symptoms in relation to EMF. *Bioelectromagnetics* Suppl 5: S132-S143.

Berg M. 1988. Skin problems in workers using visual display terminals. A study of 201 patients. *Contact Dermatitis* 19: 335-341.

Berg M. und Axelson O. 1990. Evaluation of a questionnaire for facial skin complaints related to work at visual display units. *Contact Dermatitis* 22: 71-77.

Berg M. und Liden S. 1987. Skin problems in video display terminal users. *J.Am.Acad.Dermatol.* 17: 682-684.

Borbely A.A., Huber R., Graf T., Fuchs B., Gallmann E., und Achermann P. 1999. Pulsed high-frequency electromagnetic field affects human sleep and sleep electroencephalogram. *Neuroscience Letters* 275: 207-210.

Bulpitt, C.J. & Fletcher, A.E. (1990): The measurement of quality of life in hypertensive patients: a practical approach. *Br J Clin Pharmacol*, 30, 353-364.

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

Chia S.E., Chia H.P., und Tan J.S. 2000. Prevalence of headache among handheld cellular telephone users in Singapore: A community study. *Environmental Health Perspectives* 108: 1059-1062.

Cox R.A.F. und Luxon L.M. 2000. Cerebral symptoms from mobile telephones. *Occupational and Environmental Medicine* 57: 431.

Croft R.J., Chandler J.S., Burgess A.P., Barry R.J., Williams J.D., und Clarke A.R. 2002. Acute mobile phone operation affects neural function in humans. *Clin.Neurophysiol.* 113: 1623-1632.

Curcio G., Ferrara M., De Gennaro L., Cristiani R., D'Inzeo G., und Bertini M. 2004. Time-course of electromagnetic field effects on human performance and tympanic temperature. *Neuroreport* 15: 161-164.

David E., Reissenweber J., Wotjysiak A., und Pfothner M. 2002. On the phenomenon of electromagnetic hypersensitivity. *Umweltmed Forsch Prax* 7: 7-16.

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

Frey A.H. 1998. Headaches from cellular telephones: Are they real and what are the implications? *Environmental Health Perspectives* 106: 101-103.

Frick U., Rehm J., und Eichhammer P. 2002. Risk perception, somatization, and self report of complaints related to electromagnetic fields - A randomized survey study. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 205: 353-360.

Ghione S., Del Seppia C., Mezzasalma L., Emdin M., und Luschi P. 2004. Human head exposure to a 37 Hz electromagnetic field: effects on blood pressure, somatosensory perception, and related parameters. *Bioelectromagnetics* 25: 167-175.

Haarala C., Bjornberg L., Ek M., Laine M., Revonsuo A., Koivisto M., und Hamalainen H. 2003. Effect of a 902 MHz electromagnetic field emitted by mobile phones on human cognitive function: A replication study. *Bioelectromagnetics* 24: 283-288.

Hamblin D.L., Wood A.W., Croft R.J., und Stough C. 2004. Examining the effects of electromagnetic fields emitted by GSM mobile phones on human event-related potentials and performance during an auditory task. *Clin.Neurophysiol.* 115: 171-178.

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

Hietanen M., Hamalainen A.M., und Husman T. 2002. Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: no causal link. *Bioelectromagnetics* 23: 264-270.

Hillert L., Berglind N., Arnetz B.B., und Bellander T. 2002. Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in a population-based questionnaire survey. *Scand.J.Work Environ.Health* 28: 33-41.

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

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

Huber R., Treyer V., Borbely A.A., Schuderer J., Gottselig J.M., Landolt H.P., Werth E., Berthold T., Kuster N., Buck A., und Achermann P. 2002. Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG. *J.Sleep Res.* 11: 289-295.

Hutter H.P., Moshhammer H., und Kundi M. 2002. Mobile phone base stations: effects on health and wellbeing. In *Biological Effects of EMFs, Vol. 2* (Ed: Kostarakis P.) Workshop, Rhodes, pp. 344-352.

Isa A.R. und Noor M. 1999. Non-ionizing radiation exposure causing ill-health and alopecia areata. *Med J Malaysia* 46: 235-238.

Jauchem J.R. 1998. Health effects of microwave exposures: a review of the recent (1995-1998) literature. *J Microw.Power Electromagn.Energy* 33: 263-274.

Jech R., Sonka K., Ruzicka E., Nebuzelsky A., Bohm J., Juklickova M., und Nevsimailova S. 2001. Electromagnetic field of mobile phones affects visual event related potential in patients with narcolepsy. *Bioelectromagnetics* 22: 519-528.

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

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

Koivisto M., Revonsuo A., Krause C., Haarala C., Sillanmaki L., Laine M., und Hamalainen H. 2000b. Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans. *Neuroreport* 11: 413-415.

- Krause C.M., Haarala C., Sillanmaki L., Koivisto M., Alanko K., Revonsuo A., Laine M., und Hamalainen H. 2004. Effects of electromagnetic field emitted by cellular phones on the EEG during an auditory memory task: a double blind replication study. *Bioelectromagnetics* 25: 33-40.
- Krause C.M., Sillanmaki L., Koivisto M., Haggqvist A., Saarela C., Revonsuo A., Laine M., und Hamalainen H. 2000. Effects of electromagnetic field emitted by cellular phones on the EEG during a memory task. *Neuroreport* 11: 761-764.
- Lebedeva N.N., Sulimov A.V., Sulimova O.P., Korotkovskaya T.I., und Gailus T. 2001. Investigation of brain potentials in sleeping humans exposed to the electromagnetic field of mobile phones. *Critical Reviews in Biomedical Engineering* 29: 125-133.
- Leitgeb N. und Schröttner J. 2003. Electrosensitivity and electromagnetic hypersensitivity. *Bioelectromagnetics* 24: 387-394.
- Liden S. und Berg M. 1991. Skin problems in users of video display terminals. Discrepancy between subjective symptoms and objective signs. *Acta Derm.Venereol.Suppl (Stockh)* 156: 18-22.
- Mann K. und Röschke J. 1996. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep. *Neuropsychobiology* 33: 41-47.
- Mann K. und Röschke J. 2004. Sleep under exposure to high-frequency electromagnetic fields. *Sleep Med.Rev.* 8: 95-107.
- Mann K., Wagner P., Brunn G., Hassan F., Hiemke C., und Röschke J. 1998. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on the neuroendocrine system. *Neuroendocrinology* 67: 139-144.
- Monfrecola G., Moffa G., und Procaccini E.M. 2003. Non-ionizing electromagnetic radiations, emitted by a cellular phone, modify cutaneous blood flow. *Dermatology* 207: 10-14.
- Navarro E.A., Segura J., Portoles M., und Gomez-Perretta de Mateo C. 2003. The microwave syndrome: a preliminary study in Spain. *Electromagnetic Biology and Medicine* 22: 161-169.
- Ofstedal G., Wilen J., Sandstrom M., und Hansson Mild K. 2000. Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occup Med Lond* 50: 237-45.
- Ozturan O., Erdem T., Miman M.C., Kalcioglu M.T., und Oncel S. 2002. Effects of the electromagnetic field of mobile telephones on hearing. *Acta Otolaryngol.* 122: 289-293.
- Paneth N. 1993. Neurobehavioral effects of power-frequency electromagnetic fields. *Environ.Health Perspect.* 101 Suppl 4: 101-106.
- Preece A.W., Iwi G., Davies-Smith A., Wesnes K., Butler S., Lim E., und Varey A. 1999. Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. *International Journal of Radiation Biology* 75: 447-456.
- Raczek J., Runow K., Oetzel H., Gailus T., und Herget I. 2000. Investigations of electrosensitivity to a GSM signal at 900 MHz for a self-reported electrosensitive target group. BEMS-Tagung München, Abstract Book, pp. 269-270.
- Ratterman R., Secrest J., Norwood B., und Ch'ien A.P. 2002. Magnet therapy: what's the attraction? *J.Am.Acad.Nurse Pract.* 14: 347-353.

Repacholi M.H. 1998. Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: Health effects and research needs. *Bioelectromagnetics* 19: 1-19.

Roland N.J., Hughes J.B., Daley M.B., Cook J.A., Jones A.S., und McCormick M.S. 1993. Electromagnetic stimulation as a treatment of tinnitus: a pilot study. *Clin.Otolaryngol.* 18: 278-281.

Röösli M., Moser M., Baldinini Y., Meier M., und Braun-Fahrländer C. 2004. Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure - a questionnaire survey. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 207: 141-150.

Röösli M. und Rapp R. 2003. Hochfrequente Strahlung und Gesundheit. Umwelt-Materialien Nr. 162, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. <http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/luft/nis/gesundheit/UM-162-D.pdf>

Röösli M., Wanner M., und Braun-Fahrländer C. 2002. Comparison of measurements and calculations of electromagnetic radiation from GSM mobile phone base stations. *Epidemiology* 13: S196.

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

Sandstrom M., Wilen J., Oftedal G., und Hansson Mild K. 2001. Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. *Occupational Medicine-Oxford* 51: 25-35.

Santini R., Santini P., Santini P., Danze J.M., Le Ruz P., und Seigne M. 2003a. Survey study of people living in the vicinity of cellular phone base stations. *Electromagnetic Biology and Medicine* 22: 41-49.

Santini R., Santini P., Santini P., Danze J.M., Le Ruz P., und Seigne M. 2003b. [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* 51: 412-415.

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

Santini R., Santini P., Danze J.M., Le Ruz P., und Seigne M. 2002. [Investigation on the health of people living near mobile telephone relay stations: I/Incidence according to distance and sex]. *Pathol.Biol.(Paris)* 50: 369-373.

Santini R., Seigne M., Bonhomme-Faivre L., Bouffet S., Defrasne E., und Sage M. 2001b. Symptoms experienced by users of digital cellular phones. *Pathologie Biologie* 49: 222-226.

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

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

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

Swanbeck G. und Bleeker, T. 1989. Skin problems from visual display units. Provocation of skin symptoms under experimental conditions. *Acta Derm.Venereol.* 69: 46-51.

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

Testa E.R. und Cooper J.S. 1980. Adverse cutaneous effects of ionizing and non-ionizing electromagnetic radiation. *J Dermatol Surg Oncol* 6: 210-213.

Wagner P., Röschke J., Mann K., Fell J., Hiller W., Frank C., und Grozinger M. 2000. Human sleep EEG under the influence of pulsed radio frequency electromagnetic fields. Results from polysomnographies using submaximal high power flux densities. *Neuropsychobiology* 42: 207-212.

Wagner P., Röschke J., Mann K., Hiller W., und Frank C. 1998. Human sleep under the influence of pulsed radiofrequency electromagnetic fields: A polysomnographic study using standardized conditions. *Bioelectromagnetics* 19: 199-202.

Weintraub M.I., Wolfe G.I., Barohn R.A., Cole S.P., Parry G.J., Hayat G., Cohen J.A., Page J.C., Bromberg M.B., und Schwartz S.L. 2003. Static magnetic field therapy for symptomatic diabetic neuropathy: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Arch.Phys.Med.Rehabil.* 84: 736-746.

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

Wolsko P.M., Eisenberg D.M., Simon L.S., Davis R.B., Walleczek J., Mayo-Smith M., Kaptchuk T.J., und Phillips R.S. 2004. Double-blind placebo-controlled trial of static magnets for the treatment of osteoarthritis of the knee: results of a pilot study. *Altern. Ther. Health Med.* 10: 36-43.

Zwamborn A.P.M., Vossen S. H. J. A., van Leersum B. J. A. M., Ouwens M. A., und Mäkel W. N. Effects of global communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. FEL-03-C148. 2003. Niederlande, TNO Physics and Electronics Laboratory.