

Aus dem Institut und der Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umwelt-  
medizin der Ludwigs-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. D. Nowak

Aus der Arbeitsgruppe Arbeits- und Umweltepidemiologie  
& Net Teaching

Leitung: Prof. Dr. K. Radon, MSc

**Epidemiologische Untersuchung bei Erwachsenen zu den  
möglichen akuten gesundheitlichen Effekten durch Mobilfunk  
- eine Pilotstudie -**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Jerome Olivier Klein

aus

München

2010

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Katja Radon, MSc

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Annette Peters

Dekan: Prof. Dr. Dr. h.c. M. Reiser, FACR

Tag der mündlichen Prüfung: 24.06.2010

## **Inhaltsverzeichnis**

Abbildungsverzeichnis .....	vi
Tabellenverzeichnis .....	viii
Abkürzungsverzeichnis .....	ix
1 Einleitung.....	1
1.1 Mobilfunknetzstruktur und gesetzliche Rahmenbedingungen in Deutschland .....	1
1.2 Funktionsweise des Mobilfunknetzes.....	2
1.3 Physikalische Eigenschaften von EMF .....	3
1.4 Einfluss des Mobilfunks auf die Gesellschaft und die daraus resultierenden gesundheitlichen Bedenken .....	4
1.5 Gesundheitsstörungen durch EMF .....	5
1.5.1 Tumorerkrankungen durch EMF .....	5
1.5.2 Unspezifische Symptome .....	7
1.5.3 Herz- und Kreislaufprobleme .....	7
1.5.4 Schlafstörungen/EEG-Veränderungen .....	7
1.5.5 Tinnitus/Hörschwäche .....	8
1.5.6 Neurologische Symptome.....	8
1.6 Expositionserfassung in bisherigen epidemiologischen Studien.....	8
1.6.1 Fragebogen zur Mobiltelefonnutzung .....	8
1.6.2 Stationäre Messungen und Berechnungsverfahren zur Ausbreitung von EMF .....	9
1.6.3 Selbst eingeschätzte Entfernung zur Mobilfunkbasisstation.....	10
1.6.4 Software bzw. hardware-modifizierte Mobiltelefone.....	10
1.6.5 Personendosimetrie.....	11
2 Zielsetzung.....	13
3 Methodik.....	14
3.1 Studiendesign.....	14
3.2 Untersuchungskollektiv .....	14
3.3 Studiendurchführung .....	15
3.3.1 Erstkontakt.....	15
3.3.2 Feldphase .....	16
3.3.3 Aufwandsentschädigung.....	16
3.3.4 Organisierung des Kontaktstatus der Teilnehmer im Feld .....	17
3.3.5 Qualitätssicherung im Feld.....	17

3.4	Erhebungsinstrumente .....	18
3.4.1	Expositionserfassung .....	18
3.4.2	Hauptfragebogen .....	23
3.4.3	Mögliche Confounder .....	25
3.4.4	Auswertung .....	26
4	Ergebnisse .....	27
4.1	Stichprobenbeschreibung .....	27
4.1.1	Ausschöpfung der untersuchten Stichprobe .....	27
4.1.2	Response-/Non-Response-Analyse .....	28
4.2	Exposition .....	30
4.2.1	Personenbezogene 24-Stunden-Messung .....	30
4.2.2	Subjektive Expositionsabschätzung .....	34
4.2.3	Bewertung des Dosimeters .....	37
4.3	Gesundheitliche Situation der Probanden .....	41
4.3.1	Gesundheitsbezogene Lebensqualität .....	41
4.3.2	Subjektive Beschwerden .....	42
4.3.3	Soziale Unterstützung .....	47
4.3.4	Rauchverhalten und Medikamenteneinnahme .....	48
4.3.5	Umweltbesorgnis .....	49
4.3.6	Persönlichkeitsmerkmale .....	50
4.3.7	Medienkonsum .....	52
5	Diskussion .....	54
5.1	Diskussion des methodischen Ansatzes .....	54
5.1.1	Studiendesign .....	54
5.1.2	Einsatz des Dosimeters im Feld .....	55
5.1.3	Auswertestrategie der Messwerte .....	55
5.1.4	Akzeptanz der verwendeten Fragebogeninstrumente .....	56
5.2	Diskussion der Ergebnisse .....	57
5.2.1	Teilnahmebereitschaft und Besitz eines Mobiltelefons .....	57
5.2.2	Ergebnisse der Personendosimetrie und selbst eingeschätzte Exposition gegenüber Mobilfunkfrequenzen .....	58
5.2.3	Erste Ergebnisse zur Befindlichkeit des Untersuchungskollektivs .....	60
5.2.4	Erste Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Felder und Befindlichkeit .....	60
5.2.5	Ausblick .....	62

6	Zusammenfassung .....	63
7	Literaturverzeichnis .....	64
8	Anhang.....	75
	A. Probandenanschreiben .....	75
	B. Symptomfragebogen.....	82
	C. Hauptfragebogen .....	83
	D. Danksagung .....	106
	E. Lebenslauf .....	107

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1–1: Funktionsschema Mobilfunk.....	2
Abbildung 1–2: Mobilfunkbasisstation.....	3
Abbildung 3-1: Zeitlicher Ablauf der Kontaktmaßnahmen .....	15
Abbildung 3-2: Datenbankoberfläche zur Verwaltung des Kontaktstatus .....	17
Abbildung 3-3: Dosimeter ohne Armgurt .....	21
Abbildung 3-4: Wirkungsmodell möglicher Confounder auf den Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Befindlichkeitsstörungen.....	26
Abbildung 4-1:Selbst eingeschätzte Entfernung der Wohnung zur nächsten Mobilfunkbasisstation in Abhängigkeit von der Teilnahme am Interview .....	30
Abbildung 4-2: Tagesprofil eines typischen Messprotokolls über 24 Stunden.....	31
Abbildung 4-3: Korrelation der Ergebnisse zwischen der kumulativ berechneten Exposition über 24 Stunden und dem prozentualen Anteil von Messwerten $> 0,1$ V/m .....	33
Abbildung 4-4: Subjektive Einschränkung durch das Dosimeter stratifiziert nach Geschlecht .....	37
Abbildung 4-5: Probleme beim Tragen des Dosimeters stratifiziert nach Geschlecht.....	38
Abbildung 4-6: Zeiträume, während derer das Dosimeter abgelegt wurde, stratifiziert nach Geschlecht .....	38
Abbildung 4-7: Reproduzierbarkeit der Messungen über sieben Tage an einem Probanden .....	40
Abbildung 4-8: Relative Häufigkeit von Kopfschmerzen zu drei Zeitpunkten des Untersuchungstages .....	43
Abbildung 4-9: Relative Häufigkeit von Schulter- und Nackenschmerzen zu drei Zeitpunkten des Untersuchungstages .....	43
Abbildung 4-10: Vergleich der relativen Häufigkeit von akuten Beschwerden der Intensität „mäßig“ oder „stark“ für die Probanden mit 24-Stunden-Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern unter bzw. oberhalb des Medians der Verteilung .....	44
Abbildung 4-11: Multiples logistisches Regressionsmodell für die Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern und dem Auftreten akuter Beschwerden bei den Probanden. Adjustiert nach Geschlecht .....	45

Abbildung 4-12: Vergleich der relativen Häufigkeit von Beschwerden innerhalb der letzten 6 Monate der Intensität „häufig“ für die Probanden mit 24-Stunden-Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern unter bzw. oberhalb des Medians der Verteilung .....	47
---	----

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1-1: Technische Daten der zurzeit genutzten Frequenzen zur Nutzung von Kommunikations- und Datendiensten .....	1
Tabelle 3-1: Technische Beschreibung nach Herstellerangaben des eingesetzten Personendosimeters. ....	20
Tabelle 3-2: Bestimmung der Nachweisgrenze. Bestimmungsgrenze: Mittelwert + 3-fache Standardabweichungen für die verschiedenen Dosimeter. Messstandort: Keller des Instituts .....	22
Tabelle 3-3: Themenbereiche und Erhebungsinstrumente des CAPI-Interviews .....	23
Tabelle 4-1: Teilnahmebereitschaft und Ausfallgründe .....	28
Tabelle 4-2: Vergleich der Angaben der Kurzfragebögen in Abhängigkeit von der Teilnahmebereitschaft am Interview .....	29
Tabelle 4-3: Anteil des Tages im Bereich $> 0,1$ V/m in Prozent in Abhängigkeit zur Frequenz .....	32
Tabelle 4-4: Absolute und relative Häufigkeiten der Messwerte dichotomisiert am Median in Abhängigkeit vom eingesetzten Dosimeter .....	34
Tabelle 4-5: Vergleich der subjektiven Exposition nach objektivem Expositionsstatus.....	36
Tabelle 4-6: Körperliche und emotionale Lebensqualität der Probanden .....	41
Tabelle 4-7: körperliche und psychische Lebensqualität nach Expositionsstatus .....	42
Tabelle 4-8: Zusammenfassung der subjektiven Beschwerden in den letzten sechs Monaten aus der Freiburger Beschwerde Liste (FBL) .....	46
Tabelle 4-9: Soziale Unterstützung nach Expositionsstatus.....	48
Tabelle 4-10: Rauchverhalten der Teilnehmer nach Expositionsstatus.....	48
Tabelle 4-11: Umweltbesorgnis nach Expositionsstatus .....	49
Tabelle 4-12: Subjektive Exposition differenziert nach Umweltbesorgnis.....	49
Tabelle 4-13: Persönlichkeitsmerkmale nach Expositionsstatus.....	51
Tabelle 4-14: Medienkonsum der Teilnehmer nach Expositionsstatus.....	53



## **Abkürzungsverzeichnis**

CAPI	Computer Assisted Personal Interview
CI	Konfidenzintervall
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
EMF	Elektromagnetische(s) Feld(er)
GSM	Global System of Mobil Telecommunication
KFB	Kurzfragebogen
MHz	Mega Hertz
SAR	Spezifische Absorptionsrate (W/kg)
SD	Standardabweichung
SMS	Short Message Service
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USB	Universal Serial Bus
WLAN	Wireless Local Area Network
WPAN	Wireless Personal Area Network

# 1 Einleitung

## 1.1 Mobilfunknetzstruktur und gesetzliche Rahmenbedingungen in Deutschland

Die mobile Telefonie hat in Deutschland mit dem A-Netz im Jahr 1958 begonnen und wurde sukzessiv durch das B-Netz (1972) und C-Netz (1985) erweitert bzw. ersetzt. Diese analogen Netze wurden ab 1992 durch die voll digitalen GSM(2G)-Netze D und E abgelöst und das C-Netz stellte als letztes halbanaloges Netz im Jahr 2000 seinen Betrieb ein. Mit dem Zeitalter der digitalen Netze begann die „Handy-Revolution“, da die Mobiltelefone praktikabler wurden und die Kosten für den Endkunden deutlich fielen. Die mobile Telefonie entwickelte sich zum Massenprodukt.<sup>(1,2)</sup> Weitere Frequenzen wurden für leistungsfähigere Standards wie UMTS (3G) genutzt. Die Tabelle 1-1 listet die zurzeit gültigen Übertragungsstandards, deren Frequenzbereiche und weitere technische Merkmale auf.

**Tabelle 1-1: Technische Daten der zurzeit genutzten Frequenzen zur Nutzung von Kommunikations- und Datendiensten<sup>(1,3)</sup>**

Band	Frequenz MHz	Sendeleistung W	Zulässige elektrische Feldstärke in V/m *	Zulässige SAR W/kg
D-Netz	880,0-915,0 Up****	< 2,00	41,02-42,60	< 2
GSM (2G)	925,0-960,0 Down	< 50,00		Kopf/Rumpf
E-Netz	1725,0-1780,6 Up	< 1,00	56,86-59,62	< 1
GSM (2G)	1820,0-1875,6 Down	< 10,00		Kopf/Rumpf
DECT	1880,0-1900,0	0,25	59,62-59,93	< 0,3
UMTS (3G)	1900,0-1920,0 Up TDD <sup>1</sup>	< 1,00	59,93-61,00	< 1
	1920,0-1980,0 Up FDD <sup>1</sup>			Kopf/Rumpf
	2010,0-2025,0 Down TDD	< 30,00		
	2110,0-2170,0 Down FDD			
	2500,0-2690,0***			
WLAN, Bluetooth**	2400,0-2483,0	< 0,10	61,00	
	5150,0-5350,0	< 0,20		
	5470,0-5725,0	< 0,10		

\*nach 26. BImSchV \*\* Bluetooth = WPAN \*\*\* Erweiterung geplant \*\*\*\*Up = Handy zu Basisstation  
Down = Basisstation zu Handy; <sup>1</sup>FDD/TDD = Frequency/Time Division Duplex

Das öffentliche Mobilfunknetz wird durch die Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen durch die Lizenzierung von Funkfrequenzen geregelt. Die Grenzwerte für EMF durch Basisstationen wurden durch das Bundes-Immissionsschutzgesetz in der 26. Verordnung (BImSchV) entsprechend den ICNIRP-Richtlinien<sup>1</sup> und in Zusammenarbeit mit der Strahlenschutzkommission (SSK), dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) festgelegt.<sup>(4-6)</sup> Die Angabe von Grenzwerten für Mobiltelefone ist insofern schwierig, da das Mobiltelefon je nach Empfangsqualität zur Basisstation bzw. Wechsel der Funkzelle die gepulste Sendeleistung wechselt. Deshalb wurde der SAR-Wert als Maß für die Absorption von EMF in biologischen Geweben eingeführt und durch die europäische Kommission für elektronische Normung (CENELEC) in den EU-Normen 50360 und 50361 auf einen Oberwert von 2 W/kg festgesetzt. Diese wurden neben weiteren im Gesetz über Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen (FTEG) festgelegten Normen für Deutschland angewendet.<sup>(7,8)</sup> Jedes CE (Conformité Européenne) gekennzeichnete Mobiltelefon erfüllt diese Standards.

## 1.2 Funktionsweise des Mobilfunknetzes

Das Mobilfunknetz deckt nahezu das gesamte Bundesgebiet wabenartig durch Funkzellen ab. (Abbildung 1-1, Quelle: Informationszentrum Mobilfunk e.V.) Eine Funkzelle wird



Abbildung 1-1: Funktionsschema Mobilfunk

durch eine Mobilfunkbasisstation gebildet. Diese registriert und bucht alle empfangbaren netz-zugehörigen Handys ein und ermöglicht so den Netzzugang und die Lokalisation des Mobilfunkteilnehmers. Bei einem Ruf-/ Datenaufbau zum oder vom Handy werden die Daten über Vermittlungsstellen zum Gesprächspartner/Server gesen-

<sup>1</sup> International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Die Kommission stellt das Wissen über die Wirkung von nichtionisierenden Strahlen auf den Menschen zusammen und legt Richtlinien zum Schutz der Gesundheit fest. [www.icnirp.de](http://www.icnirp.de).

det, indem Netzrouter die Teilnehmer lokalisieren und die Daten übermitteln. Dieses Routing erfolgt je nach Entfernung kabelgebunden oder über Richtfunkstrecken im GHz-Bereich. Wenn der Teilnehmer sich während einer Datenübertragung von einer Funkzelle entfernt, wird das Gespräch abhängig von der Empfangsqualität an die benachbarte Zelle überreicht – der sogenannte „Handover“. Es existieren ca. 50.000 Basisstationen (Abbildung 1-2, Quelle: Informationszentrum Mobilfunk e.V.) in Deutschland und es werden mit dem flächendeckenden



**Abbildung 1-2:**  
**Mobilfunkbasisstation**

Aufbau des UMTS-Netzes weitere 15.000 Stationen aufgestellt. Die UMTS-Funkzellengröße ist variabel und von den eingebuchten Teilnehmergeräten und der Datenauslastung (Verkehrslast) abhängig, sodass die Zellgröße innerhalb von Hochlastgebieten (Flugplatz, Stadien, Bahnhof etc.) ca. 100 bis 150 m und in Niederlastgebieten (Land) bis mehrere Kilometer betragen. Die Sendeleistung der Basisstation ist also von der Verkehrslast abhängig. Auch die Sendeleistung von Mobiltelefonen wird je nach Empfangsqualität zur Basisstation oder während eines Gespräches durch die Handysoftware entsprechend verändert.<sup>(2)</sup>

### **1.3 Physikalische Eigenschaften von EMF**

Elektromagnetische Felder (EMF) werden im Zusammenhang mit der Wirkung auf biologisches Gewebe in ionisierende und nichtionisierende Eigenschaften eingeteilt. Erstere können aufgrund der Frequenz-Energie-Proportionalität ab einer Wellenlänge 100 nm und kleiner durch energiereiche Photonen DNS-Schäden (Desoxyribonukleinsäure) verursachen und somit karzinogen wirken. Hierunter fallen die kurzwellige UV-, Röntgen und  $\gamma$ -Strahlung. Nichtionisierende Felder haben aufgrund der größeren Wellenlänge weniger Energie und können abhängig von der Sendeleistung thermische Reaktionen in biologischen Geweben verursachen. Die Mobilfunkfrequenzen haben nichtionisierende Eigenschaften und eine messbare thermische Reaktion wird durch den SAR-Grenzwert ausgeschlossen.<sup>(9,10)</sup>

Weiter werden nieder- und hochfrequente EMF unterschieden. In den Bereich bis 30 kHz (Niederfrequenz) fallen Stromleitungen, Haushaltsgeräte, Seefunkdienste, militärische Anwendungen, Zeitzeichenfunkdienst oder auch das Stromnetz der Deutschen Bahn. Die Hochfrequenz erstreckt sich bis 300 GHz und vermittelt neben Radio- und TV-Übertragungen auch Mobilfunkdienste, Satellitenfunk (Signalübertragung, Steuerung),

militärische Anwendungen, Flugfunk, medizinische Diagnostik und andere Anwendungen.<sup>(10)</sup> EMF unterliegen einer zunehmenden Raumdämpfung, je höher die Frequenz ist. Die Ausbreitungscharakteristik ist wie die von Licht und EMF werden durch räumliche Gegebenheiten entsprechend abgeschwächt oder durch Reflexionen verstärkt. Auch Wettereinflüsse wie Luftfeuchte haben einen Effekt auf die Ausbreitung.

#### **1.4 Einfluss des Mobilfunks auf die Gesellschaft und die daraus resultierenden gesundheitlichen Bedenken**

In der heutigen Zeit ist die mobile Telekommunikation zur Alltäglichkeit geworden. Es existieren in Deutschland mehr Mobilfunkverträge und somit auch mehr mobile Telefone als Festnetzanschlüsse. Der Trend der letzten Jahre ging sogar dahin, dass mehr Mobilfunkverträge abgeschlossen und somit auch mehr Mobilfunkgeräte genutzt wurden, als Einwohner in Deutschland gemeldet waren. So gab es im vierten Quartal 2008 in Deutschland ca. 107 Millionen Vertragsverhältnisse zwischen Mobilfunkteilnehmern und Netzbetreibern. Bei ca. 82,2 Millionen Einwohnern in Deutschland ergab sich somit eine Penetration von ca. 130 Prozent.<sup>(11,12)</sup> Weltweit stieg die Anzahl der Mobiltelefone in den Jahren 2005 bis 2007 von 2 Milliarden mit einer jährlichen Wachstumsrate von 25 Prozent auf ca. 3 Milliarden an. Im Jahr 2007 war weltweit statistisch fast jeder zweite Mensch mobil erreichbar.<sup>(13)</sup> Dies spricht für die sehr hohe Akzeptanz in der Bevölkerung.

Die Antennennetze wurden flächendeckend ausgebaut, wobei diese mit der Einführung des UMTS-Standards aufgrund der genannten Gründe noch engmaschiger gezogen werden mussten.<sup>(1)</sup> Auch der Trend zu fallenden Preisen durch sogenannte Flatrate-, Homezone- oder Partnertarif-Angebote lassen die Nutzungsdauer von mobilen Endgeräten deutlich steigen. Dies wird zunehmend die Nutzung des Festnetzanschlusses im konventionellen Sinne verringern.<sup>(14)</sup>

Hochfrequente EMF ermöglichen ein umfangreiches Nutzungsspektrum und die Sprachtelefonie ist nur ein kleiner Teil der möglichen Dienstmerkmale. Moderne Smartphones sind ein Beispiel für die Nutzung weiterer Dienste wie Video-Telefonie, VoIP (Voice Over Internet Protocol), Navigation, E-Mail, Datentransfer, Chats, Internetbanking, SMS, Shopping usw.<sup>(15)</sup> Auch für Marktanalysen und Umfragen wird das Mobiltelefon als Erhebungsinstrument teilweise eingesetzt.<sup>(16)</sup>

Der Trend richtet sich dahingehend, mobil und jederzeit Zugang zu diesen Diensten zu bekommen. Dies kann nur mit entsprechend leistungsstarken Funknetzen in Hochfrequenz-

technik ermöglicht werden. Neue Datenübertragungsstandards wie HSDPA/HSUPA (High Speed Downlink/Uplink Packet Access) versprechen langfristig Datenraten von bis zu 14 Mbit/s im Down- und 1,4 Mbit/s. im Upload und stellen eine Alternative zum kabelgebundenen Internetanschluss dar.<sup>(17)</sup>

Mit der zunehmenden Allgegenwart der Mobilfunknetze stieg die Besorgnis der Bevölkerung gegenüber gesundheitlichen Auswirkungen durch hochfrequente EMF. Eine Studie durch das Institut für angewandte Sozialwissenschaften in Bonn zeigte, dass 27 Prozent der Befragten demnach im Jahr 2006 um mögliche adverse Effekte besorgt waren.<sup>(18)</sup> Ein Teil dieser Sorge wurde der konstanten Belastung durch Mobilfunkbasisstationen zugeschrieben und war im Vergleich zu anderen EMF-Quellen (Handy, DECT, WLAN, etc.) in den letzten vier Jahren als Hauptursache genannt worden.

## **1.5 Gesundheitsstörungen durch EMF**

### **1.5.1 Tumorerkrankungen durch EMF**

Nichtionisierenden EMF schreibt man keine tumorinduzierende Eigenschaft zu. Diese Ansicht wurde in den letzten Jahren umfangreich geprüft und es zeigten sich kontroverse Ergebnisse. Im Sommer 2007 konnte man Medienberichte über Untersuchungen verfolgen, die der Frage nach dem Auftreten von Tumoren, insbesondere im Bereich des Kopfes, Halses und der Genitalien im Zusammenhang mit der Exposition durch hochfrequente EMF nachgingen. Durch die leicht erhöhte Exposition während des Telefonierens, aber auch durch das ständige Tragen des Handys am Körper hat man an diesen Stellen eine mögliche Tumorentstehung durch EMF vermutet. Im Bereich des Kopfes wurden unterschiedliche Ergebnisse für das Auftreten von Glioblastomen, Meningiomen und Akustikusneurinomen diskutiert. Die größte Fall-/Kontroll-Studie in diesem Zusammenhang ist die multinationale INTERPHONE-Studie, die von der WHO initiiert, dem Institut für Krebsforschung in Lyon koordiniert und in 13 Ländern und 16 Zentren durchgeführt wurde.<sup>(19,20)</sup> In den Abschlussberichten der einzelnen Zentren zeigte sich kein allgemein erhöhtes Risiko für Gehirntumore aufgrund der Nutzung von Mobiltelefonen.<sup>(21-27)</sup> Schüz und Hours beschrieben eine leicht erhöhte Tendenz für das Auftreten von Gliomen im Zusammenhang mit der Langzeitnutzung von Handys ( $\geq 10$  Jahre). Im Gegensatz zur INTERPHONE-Studie stellte die Gruppe um Hardell et al. weitreichendere Ergebnisse vor. In Fall-/Kontroll-Untersuchungen und Metaanalysen zum Teil aus den Daten der INTERPHONE-Studie und weiteren Arbeiten zu diesem Thema sah er signifikante Hinweise für das Auftreten von Gehirntumoren und der Langzeitnutzung ( $\geq 10$  Jahre) von Mobiltelefonen.<sup>(28-35)</sup> Die Inzi-

denz gab Hardell et al. für Gliome und Akustikusneurinome mit einer Odds Ratio 1,3 (95 Prozent CI: 1,10-1,60) bzw. 1,3 (0,97-1,90) an. Die Risikoabschätzung für die ipsilaterale und kontralaterale (Seite der Handynutzung im vgl. zur Tumorlokalität) Nutzung von mindestens 10 Jahren wurde mit 1,9 (1,40-2,40) bzw. 1,2 (0,90-1,70) für Gliome und 1,6 (1,10-2,40) bzw. 1,2 (0,80-1,90) für Akustikusneurinome bewertet.<sup>(36)</sup> Weiter schlug er vor, die geltenden Grenzwerte zu überdenken.<sup>(37)</sup> Seine Schlussfolgerungen wurden aber von anderen Autoren nicht geteilt. Lönn stellte bei seiner Studie zwar ein erhöhtes Risiko für Gliome oder Meningiome bei mindestens 10-jähriger ipsilateraler Handynutzung fest, führte dies aber unter anderem auf einen Recall Bias zurück, da die Expositionsabschätzung und Handynutzung in dieser wie in den anderen genannten Studien größtenteils durch Fragebögen erhoben wurde.<sup>(24,38,39)</sup>

Untersuchungen zu Speicheldrüsentumoren (PGT) zeigten unterschiedliche Ergebnisse. Sadetzki et al. fanden einen Zusammenhang zwischen regelmäßiger ipsilateraler Handynutzung und PGT, wobei andere Autoren dies in ihren Arbeiten nicht bestätigen konnten.<sup>(40-42)</sup> Auch hier wurde die Expositionabschätzung mithilfe eines Fragenkataloges zur Mobiltelefonnutzung bewertet.

Ein vermuteter Zusammenhang zwischen Uvea melanoma oder Hodenkrebs und der Nutzung des Mobiltelefons konnte nicht gezeigt werden.<sup>(36,43,44)</sup> EMF haben einen Einfluss auf die Spermienqualität. Es wurden Motilitätseinschränkungen, gesteigerte Infertilität, eingeschränkte Viabilität, eine verringerte Anzahl und Veränderungen in der Morphologie beschrieben.<sup>(45-48)</sup>

Aussagen über den vielfach diskutierten möglichen Zusammenhang einer erhöhten Inzidenz für Krebserkrankungen durch Mobilfunkfelder können noch nicht gemacht werden, da den o. g. Studien und insbesondere der INTERPHONE-Studie hinsichtlich der Expositionsabschätzung Mängel zugeschrieben wurden. Der Vergleich der Angaben zur Handynutzung (Anzahl der Anrufe, Dauer der Gespräche) durch die Studienteilnehmer mit Daten von Telefonunternehmen zeigte Fehleinschätzungen vor allem für die langfristige Nutzungsdauer. Hierbei spielt auch die verminderte Gedächtnisleistung durch die Tumorerkrankung eine Rolle. Es gab Hinweise für einen Selektionsbias durch Nichtteilnehmer, die weniger häufig das Mobiltelefon benutzten.<sup>(21,49-51)</sup> Die relativ kurze Nutzungsdauer der unter Tabelle 1-1 genannten Frequenzbereiche lassen noch keine Effekte mit ausreichender Signifikanz erwarten und es gibt keine erklärende Wirkungsmodelle zur Entstehung von Tumoren durch EMF, da unter anderem auch eine Vielzahl der Tumorsubtypen in ihrer Entstehung nicht verstanden sind.<sup>(52)</sup>

### **1.5.2 Unspezifische Symptome**

In zahlreichen Arbeiten werden auch unspezifische Symptome wie Kopfschmerzen, Nervosität, Schlafstörungen, Konzentrations- und Gedächtnisstörungen, Appetitlosigkeit, Tinnitus und aurikuläres Wärmegefühl genannt.<sup>(53-61)</sup> Diese Symptome sind unter Laborbedingungen nicht nachvollziehbar.<sup>(62-65)</sup> Provokationsstudien mit Probanden, die sich selbst als elektrosensibel einschätzten, belegten keine Assoziation zwischen hochfrequenten EMF in der Stärke entsprechend der Sendeleistung einer Mobilfunkbasisstation und den beschriebenen Beschwerden.<sup>(66-68)</sup> Die genannten Symptome waren weniger biologisch-medizinisch begründet, sondern vielmehr durch die Öffentlichkeit vermutet.<sup>(69)</sup>

Im Einzelnen können folgende aktuelle Ergebnisse zu möglichen Zusammenhängen zwischen den folgenden Symptombereichen und hochfrequenten EMF aufgeführt werden:

### **1.5.3 Herz- und Kreislaufprobleme**

Braune et al. untersuchte mögliche Effekte von EMF auf das autonome Nervensystem. Probanden wurden in einer Fall-/Kontroll-Studie einem dem GSM-Standard entsprechenden Signal (900 MHz, Pulsrate 217 Hz, 2 W) für 50 Minuten ausgesetzt. Während dieser Zeit wurde konstant Herzfrequenz, Blutdruck, kapillare Perfusion und alle 10 Minuten die Serumwerte für Norepinephrin, Epinephrin, Cortisol und Endothelin gemessen. Über einen Kipptisch wurden die Probanden nach 20 Minuten von der horizontalen in die vertikale Position und nach 10 Minuten wieder zurück in die Horizontale gebracht. Die Daten der exponierten Gruppe zeigten keine signifikanten Veränderungen gegenüber der Kontrolle.<sup>(70)</sup> Auch Mann et al. konnten dies in einer Studie über den Schlaf bestätigen. Die Variabilität der Herzfrequenz und der Blutdruck zeigten keinen Zusammenhang zu EMF.<sup>(71)</sup> Eine neuere Provokationsstudie mit Probanden, die sich als elektrosensibel einschätzten, und einer Kontrollgruppe führte zu den gleichen Ergebnissen.<sup>(68)</sup>

### **1.5.4 Schlafstörungen/EEG-Veränderungen**

In neueren Untersuchungen zeichneten sich unter Laborbedingungen Veränderungen des Schlafrhythmus ab. Leitgeb et al. stellten eine verlängerte REM- und Schlaflatenz fest, die aber in anderen Studien nicht bestätigt werden konnte. Diese Ergebnisse waren schwach signifikant und bedürfen weiterer Überprüfung und Bestätigung.<sup>(72,73)</sup>

Auch bei wachen Probanden und Hirnleistungstests zeigten sich bei verschiedenen Untersuchungen Veränderungen im EEG. Diese äußerten sich in der Zu- und Abnahme der Alpha- und Betawellen auch in Abhängigkeit von der Exposition.<sup>(74-79)</sup> Diese Arbeiten wur-



den im Labor unter der Exposition von Mobilfunkendgeräten durchgeführt und sind deshalb nur bedingt auf Expositionen durch Basisstationen zu übertragen.

### **1.5.5 Tinnitus/Hörschwäche**

Durchgeführte Experimente mit Mobiltelefonen als Strahlungsquelle ergaben keine Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Tinnitus oder Hörschwäche und EMF.<sup>(80,81)</sup>

### **1.5.6 Neurologische Symptome**

Zu kognitiven Einschränkungen liegen vorwiegend Laborstudien vor, die entweder eine verkürzte Reaktionszeit während oder unmittelbar nach der Exposition oder keine Effekte zeigten.<sup>(82-85)</sup>

Hocking et al. beschrieben in einzelnen Fällen Dysästhesien am Kopf bedingt durch Mobilfunkexposition.<sup>(86)</sup> Ein signifikant häufigeres Auftreten von Kopfschmerzen, Müdigkeit und Wärmegefühl um das Ohr abhängig von der Dauer der täglichen Nutzung von Mobilfunktelefonen wurde in Schweden und Norwegen für den digitalen GSM-Bereich beobachtet. Bei der Telefonie mit analogen Apparaten zeigten sich diese Befindlichkeitsstörungen nicht.<sup>(87)</sup> Oftedal et al. konnte dies nicht bestätigen.<sup>(60)</sup>

Insgesamt ist nach aktueller Datenlage kein Zusammenhang zwischen hochfrequenten EMF und dem Befinden bei Menschen im Sinn von adversen Effekten festzustellen.

## **1.6 Expositionserfassung in bisherigen epidemiologischen Studien**

### **1.6.1 Fragebogen zur Mobiltelefonnutzung**

In den Arbeiten zum INTERPHONE-Projekt wurde die Exposition mittels eines Fragebogens zur Handynutzung durch Fragen nach der Dauer und Häufigkeit von Telefonaten abgeschätzt. Ein solche Expositionsabschätzung hat sich als nicht ausreichend valide für epidemiologische Studien herausgestellt. Bei der nachträglichen Erfassung der Gesprächsgewohnheiten kam es zu Erinnerungsfehlern (Recall Bias). In Validierungsstudien zum INTERPHONE-Projekt konnten Vrijheid et al. durch Vergleich der subjektiven Angaben mit gespeicherten Daten von Mobilfunkanbietern eine Überschätzung der Dauer und eine Unterschätzung der Anzahl der Telefonate feststellen. Vor allem länger zurückliegende Zeiträume waren hiervon betroffen.<sup>(50,88)</sup> Parslow et al. analysierten Fragebögen zur Handynutzung von 93 Freiwilligen und deren prospektiv gespeicherten Telefondaten zu abgehenden Gesprächen über sechs Monate hinweg.<sup>(89)</sup> Dauer und Anzahl der Gespräche hatten

hier nur eine leichte bzw. ausreichende Übereinstimmung ( $\kappa = 0,39$  bzw.  $\kappa = 0,50$ ). Bei den Freiwilligen handelte es sich wahrscheinlich auch um besonders motivierte Probanden, die verstärkt auf ihr Telefonverhalten achteten, sodass ein mögliches Selektionsbias nicht ausgeschlossen werden konnte.

Einen kritischen Fehler in Fall-/Kontroll-Studien, bei denen die Gruppe der Fälle die Exposition falsch bewerten und dadurch eine differentielle Missklassifikation verursachen, konnten Schüz et al. in einer dänischen Studie über den Zusammenhang von Gehirntumoren und Mobiltelefonnutzung andeuten, indem er eine leicht verbesserte Übereinstimmung der selbst berichteten Handynutzung mit den Providerdaten in der Kontrollgruppe fand.<sup>(49)</sup>

Jedoch kann auch die Nutzung von Verbindungsdaten der Mobilfunknetzbetreiber – in der Literatur immer wieder als Goldstandard zu finden – nicht die Komplexität der Exposition durch EMF abbilden. Oft stimmen die tatsächlichen Nutzer eines Mobiltelefons nicht mit den offiziell eingetragenen Vertragspartnern überein. Dadurch sind die Gesprächsdaten nicht eindeutig zuzuordnen. Das Gleiche gilt für alle die Kunden, die einen Prepaid-Anschluss verwenden. Deren Verkehrsdaten werden erst gar nicht gespeichert.<sup>(90)</sup> Somit kommen in Deutschland für derartige Studien also nur Vertragskunden infrage. Das Problem der Selektionsbias ist dadurch aber nicht gelöst, zumal im Jahr 2005 der Anteil an Prepaid-Anschlüssen bei 51 Prozent der Gesamtanschlüsse lag, deren Anteil sich mit der Einführung von Discountanbietern (Simyo, Tchibo, Aldi etc.) vergrößert hat.<sup>(15)</sup> Auch ist aus den Daten nicht erkenntlich, ob Freisprecheinrichtungen, Fahrzeug-Außenantennen benutzt oder wo das Handy aufbewahrt wurde.

### **1.6.2 Stationäre Messungen und Berechnungsverfahren zur Ausbreitung von EMF**

Eine andere Art der Abschätzung von EMF wurde in der Studie von Hutter et. al. (2006) durch Messung der EMF in den Schlafzimmern der Teilnehmer angewendet.<sup>(91,92)</sup> Bornkessel et al. untersuchten verschiedene Messverfahren mit dem Ergebnis, dass die Messwerte stark voneinander abweichen können – je nach Messverfahren.<sup>(93)</sup> Auch unterschiedliche Messparameter wie die Verwundung von verschiedenen Messantennen oder unterschiedliche Einstellungen des Spektrumanalysators können signifikante Fehlbewertungen verursachen. Dies macht Messungen deutlich aufwendiger, sind nicht gut reproduzierbar und somit auch weniger vergleichbar. Qualifiziertes Personal sowie standardisierte Messmethoden und -parameter können die Validität erhöhen, was aber zeitaufwendiger und kostenintensiver für groß angelegte epidemiologische Studien ist. Auch computergestützte Simulationsberechnungen zur Ausbreitung von EMF in Abhängigkeit von technischen

Werten der Basisstation und topografischen Daten des Umfelds stellten einen sehr großen Aufwand dar und sind für derartige Studien nicht geeignet.<sup>(93)</sup> Aber der größte Nachteil dieser beiden Verfahren war die fehlende Expositionserfassung, wenn sich der Proband aus dem Messbereich entfernt. Es ist generell anzunehmen, dass sich nur wenige Probanden über 24 Stunden an einem Ort aufhalten.

### **1.6.3 Selbst eingeschätzte Entfernung zur Mobilfunkbasisstation**

In der Arbeit von Santini et al. (2002) wurde das Expositionsmaß durch subjektive Entfernungsschätzungen der Teilnehmer bestimmt und mit subjektiven Beschwerdeangaben korreliert.<sup>(94)</sup> Dabei ist zu bedenken, dass symptomatische Teilnehmer, die ihre Beschwerden ursächlich auf EMF durch Mobilfunk zurückführen, verstärkt auf Basisstationen achten und diese Angaben subjektiv einschätzen. Auch wurden Basisstationen in der Umwelt nicht sichtbar installiert, sodass Anwohner nicht immer Kenntnis über eine örtliche Station haben. Eine solche Auswertung kann eine differenzielle Missklassifikation aufweisen. Technische und örtliche Charakteristika der EMF müssen bei der Klassifizierung der Exposition berücksichtigt werden, da Abstrahlcharakteristik und Höhe der Antenne, Auslastungszustand der Basisstation, topografische Besonderheiten, Reflexionen oder abschirmende Effekte das Maß entsprechend erhöhen, aber auch verringern kann.<sup>(95-97)</sup> Das bayrische Landesamt für Umwelt konnte dies durch zahlreiche Messungen von EMF, die von Basisstation ausgingen, veranschaulichen. Die Messdaten wurden in der FEE-Immissions-Datenbank (Förderung der Erfassung Elektromagnetischer Felder) zusammengefasst und ausgewertet.

Dass die örtlichen Gegebenheiten eine entscheidende Rolle im Expositionsmaß spielen, konnten auch Hillert et al. und Lönn et al. in ihren Arbeiten zeigen. Sie untersuchten die Abhängigkeit der Sendeleistung des Mobiltelefons von ländlichen und urbanen Strukturen. In ländlichen Gebieten sendete das Handy über 50 Prozent des untersuchten Zeitraumes mit maximaler Leistung von 2 W und nur 3 Prozent in der niedrigsten Leistungsstufe. Dagegen war die Sendeleistung in der Stadt mit 25 Prozent (maximal) und 22 Prozent (minimal) eher ausgeglichen.<sup>(98,99)</sup>

### **1.6.4 Software bzw. Hardware-modifizierte Mobiltelefone**

In der Studie von Berg et al. wurden software-modifizierte Mobiltelefone zur Erfassung der Gesprächsdaten und der kumulierten Sendeleistung des Mobiltelefons eingesetzt.<sup>(100)</sup> Die Software des Telefons protokollierte die Gesprächsdaten und die kumulative Sendelei-

stung des Telefons. Inyang et al. gingen noch einen Schritt weiter und stellten ein hardware-modifiziertes Mobiltelefon vor, das neben den Gesprächsdaten und der Sendeleistung auch die Lage im Raum erfasst. Dadurch kann die Zeit während eines Gespräches erfasst werden, in der die Teilnehmer das Telefon am Ohr positionierten. In Verbindung mit der Sendeleistung ist dies ein Vorteil für die SAR-Abschätzung, die auf den Kopf- und Halsbereich einwirkt.<sup>(101)</sup> Eine Beurteilung der Exposition durch Basisstationen ist nicht möglich.

### **1.6.5 Personendosimetrie**

Da jedes Expositionsprofil so individuell wie sein Teilnehmer ist, sollte hier ein Messverfahren zur Anwendung kommen, welches den alltäglichen Intensitätswechsel aus hochfrequenten EMF des Mobilfunks erfasst, um das Expositionsmaß durch Basisstation und Handy möglichst genau zu klassifizieren. Die personengebundene Dosimetrie kann diese Expositionsprofile messtechnisch abbilden und in Relation zu anderen Messwerten setzen. Somit kann eine möglichst genaue Aussage über das Maß der Exposition gemacht werden.

Schüz und Man folgerten, dass nur bei vorhandener Personendosimetrie epidemiologische Studien zur Überprüfung möglicher Zusammenhänge zwischen akuter Exposition gegenüber hochfrequenten EMF und dem Befinden sinnvoll seien.<sup>(102)</sup>

Auch die European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research (COST) hat in der Action 281 aus dem Jahr 2002 gefolgert, dass epidemiologische Untersuchungen zum Thema Mobilfunkbasisstationen und Gesundheit aufgrund der unzureichenden Expositionsabschätzung nicht sinnvoll seien, solange keine valide Expositionsabschätzung möglich ist.<sup>(69)</sup>

Die Besorgnis der Bürger über mögliche akute gesundheitliche Effekte gegenüber hochfrequenten EMF durch Mobilfunk begründete hingegen die Durchführung von epidemiologischen Untersuchungen zu diesem Thema.

Es zeigte sich, dass die Qualität zur Erfassung möglicher adverser Effekte durch hochfrequente EMF stark von der Bestimmung des Expositionsmaßes abhängig war. Da dies bei epidemiologischen Studien ein zentraler Parameter ist, ist eine hohe Validität entscheidend für das Ergebnis. Dass hieraus unterschiedliche Zusammenhänge postuliert wurden, konnten Inyang et al. Hinsichtlich der Langzeitnutzung von Mobiltelefonen und Akustikusneurinomen zeigen.<sup>(101)</sup> Weiterhin zeigte diese Studie, dass die Personendosimetrie zur Erfassung der Emissionen durch Mobilfunkbasisstationen valide ist.

Das tragbare Personendosimeter ESM-140 der Firma Maschek in der Größe eines Mobilfunkgerätes wurde von den Probanden am Oberarm über 24 Stunden getragen. Dadurch war es möglich, ein individuelles Expositionsprofil zu erstellen, das die Mobilität des Probanden durch die EMF widerspiegelte. Jeder Teilnehmer konnte so zu seiner Exposition und seinen Gesundheitsbeschwerden beurteilt werden. Dies sollte zur Verbesserung der Risikokommunikation mit den Bürgern, Kommunen und Netzbetreibern beitragen und letztlich auch dem Schutz der Bürger dienen.<sup>(103,69)</sup>

## **2 Zielsetzung**

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine Machbarkeitsstudie zur Erkennung von akuten gesundheitlichen Effekten durch Mobilfunk. Die Besonderheit dieser Studie war, dass die Exposition der Probanden mithilfe eines Dosimeters über 24 Stunden gemessen wurde.

Des Weiteren sollte auch die Verlässlichkeit des Studiendesigns überprüft werden, um wichtige Informationen zur Durchführung einer Hauptstudie zu geben und langfristig einen Beitrag zur Erforschung der Zusammenhänge von EMF auf die Gesundheit zu leisten.

Um dies zu erreichen, wurden folgende Ziele definiert:

- Prüfung der Organisationsstruktur der Studie
- Prüfung möglicher Confounder
- Testung des zusammengestellten Fragenkataloges aus validierten Umwelt-, Sozial- und Persönlichkeitskatalogen und des Symptomfragebogens auf praktische Durchführbarkeit (Akzeptanz, Verständnis, zeitlicher Ablauf)
- Prüfung des entwickelten Dosimeters auf Akzeptanz, Praktikabilität und technische Zuverlässigkeit im Feld
- Statistische Auswertung der gewonnenen Messdaten
- Erste Ergebnisse zur Befindlichkeit des Kollektivs
- Erste Ergebnisse zu einem Zusammenhang zwischen der Exposition durch EMF und Befindlichkeit des Kollektivs

## **3 Methodik**

### **3.1 Studiendesign**

Die Studie war eine bevölkerungsbezogene Querschnittsstudie. Sie ermöglichte ein objektives Expositionsprofil mittels Personendosimetrie über 24 Stunden hinweg und ein subjektives Beschwerdeprofil in Form eines Symptomfragebogens über denselben Zeitraum. Des Weiteren wurde ein allgemeines Beschwerdeprofil für jeden Probanden erhoben.

### **3.2 Untersuchungskollektiv**

In der Studie wurden zwei Kollektive untersucht. Das erste Kollektiv beinhaltete Kinder ( $n = 42$ ) und Jugendliche ( $n = 57$ ) im Alter zwischen 8 und 17 Jahren und das zweite Kollektiv Erwachsene ( $n = 64$ ) im Alter zwischen 18 und 65 Jahren aus allen sozialen Schichten und beiderlei Geschlechts. Die Kontaktdaten von 100 Kindern und Jugendlichen sowie 150 Erwachsenen wurden von dem zuständigen Einwohnermeldeamt der Stadt München aus den Stadtteilen Forstenried und Sendling durch Zufallsstichproben zur Verfügung gestellt. Insgesamt konnten 61 vollständige Datensätze (Interview- und Expositionsdaten) statistisch ausgewertet werden.

Die Beschränkung auf die zwei oben genannte Stadtteile von München wurde aufgrund diverser Gründe vorgenommen. Zum einen war es wichtig, die Nähe zur technischen Leitung der Untersuchung zu gewährleisten, um eventuelle Probleme bezüglich der Dosimetrie mit der Abteilung von Herrn Dr. Eder vom Landesamt für Arbeitsschutz, Arbeitsmedizin und Sicherheitstechnik (LfAS) zu lösen. Herr Dr. Eder war zusammen mit dem Ingenieurbüro Maschek an der Entwicklung der Messgeräte beteiligt und sehr hilfreich bei der Betreuung der Prototypen im Feldeinsatz. Zum anderen war davon auszugehen, dass die Exposition gegenüber hochfrequenten EMF aufgrund der erhöhten Dichte von Mobilfunkstationen in einer Großstadt größer ist als in kleineren Städten bzw. im Umland. Des Weiteren war es auch wichtig, die Distanz zwischen den Probanden und dem Institut gering zu halten, sodass der Aufwand für Fahrtkosten für die Probanden akzeptabel bleiben und der geplante Zeitraum für die Studie möglichst eingehalten werden konnte. Für eine Hauptstudie ist eine Berücksichtigung der Studienorte mit unterschiedlichen Siedlungsstrukturen geplant, sodass die Expositionsabschätzung möglichst repräsentativ für die Siedlungsstruktur angegeben werden kann. Diese Arbeit beschränkt sich auf das Kollektiv der Erwachsenen.

### 3.3 Studiendurchführung

#### 3.3.1 Erstkontakt

Die Personen wurden in zehn Gruppen von jeweils etwa 15 Adressen angeschrieben um sie über die Studie zu informieren und zur Teilnahme zu motivieren. Das Informationsschreiben enthielt Angaben u. a. über das Ziel der Studie, die Durchführung, Auftraggeber, Versicherung der Freiwilligkeit der Teilnahme, Belohnung sowie über die anonyme Verwendung der erhobenen Daten. Dem Informationsschreiben wurde ein einseitiger Kurzfragebogen mit sieben Fragen über allgemeine Personenstandsdaten, Mobilfunknutzung und den sozialen Status wie auch eine Einverständniserklärung beigelegt. Die Personen wurden unabhängig von der Teilnahme gebeten, den Kurzfragebogen ausgefüllt mit dem frankierten Rücksendekuvert zurückzusenden und bei gewünschter Teilnahme eine Telefonnummer mitanzugeben. Hieraus sollte eine Verzerrung durch Nichtteilnahme abgeschätzt werden. Nach Eingang der Einverständniserklärung und des Kurzfragebogens wurden die Personen telefonisch kontaktiert, um einen Termin zum Interview zu vereinbaren.

Die Personen, die auf das erste Anschreiben nicht geantwortet hatten, wurden nach folgendem Schema kontaktiert (Abbildung 3-1). Alle Non-Responder wurden nochmals telefonisch kontaktiert, um den Grund für die Nichtteilnahme zu erfragen.

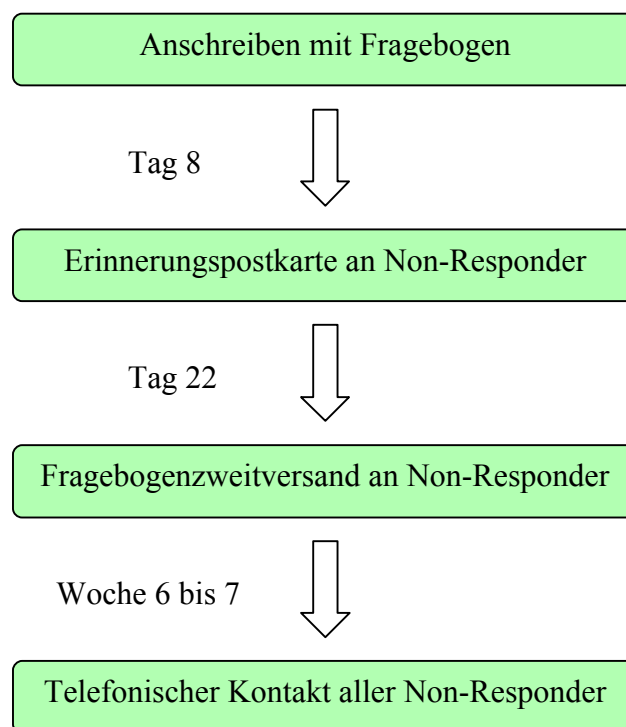


Abbildung 3-1: Zeitlicher Ablauf der Kontaktmaßnahmen



### **3.3.2 Feldphase**

Die Interviews mit den Teilnehmern wurden wahlweise im Institut oder bei den Probanden zu Hause durchgeführt.

Zu Beginn des Interviews wurden dem Teilnehmer nochmals die Ziele der Studie erklärt. Anschließend wurden die allgemeinen Symptome, die selbst eingeschätzte Exposition und mögliche Confounder im standardisierten Interview erhoben. Danach wurde der Gebrauch des Messgerätes erklärt und dieses am Oberarm befestigt. Daraufhin wurde dem Probanden das Symptomtagebuch erläutert, welches er zu drei Tageszeiten (morgens, mittags, abends) ausfüllen sollte.

Jeder Teilnehmer wurde darauf hingewiesen, seinen alltäglichen Tätigkeiten während der Untersuchung nachzugehen. Besondere Ereignisse, wie zum Beispiel geführte Telefonate mit einem Mobil- oder DECT Telefon oder die Ablage des Messgerätes, sollte er mit der Ereignistaste am Messgerät markieren und im Tagebuch notieren. Für eventuelle Probleme wurde eine Telefonnummer hinterlassen.

Nach 24 Stunden wurde die Messung automatisch beendet und der Proband noch einmal besucht. Der Untersucher kontrollierte die Tagebucheinträge. Hierbei erkundigte er sich auch über eventuelle Probleme und Vorkommnisse bezüglich der Messung. Der Abschlussfragebogen gab dem Teilnehmer die Möglichkeit, die Akzeptanz des Messgerätes zu bewerten und die Zeiten anzugeben, zu denen das Gerät abgenommen wurde. Den Probanden war es gestattet, das Gerät während der Nacht und des Duschens abzulegen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass das Gerät währenddessen möglichst in der Nähe des Teilnehmers abgelegt wurde.

Die Daten, die während des ersten Treffens erhoben wurden, wurden vom Interviewer direkt beim Probanden in eine Datenbank eingetragen (CAPI: Computer Assisted Personal Interview) und regelmäßig auf einen Institutsserver und einer CD-ROM gesichert. Die schriftlichen Daten des Tagebuchs wurden im Institut durch Doppeleingabe in einer Datenbank elektronisch erfasst. Die Dosimeterdaten wurden mittels der Anwendersoftware des Herstellers ausgelesen und gespeichert.

### **3.3.3 Aufwandsentschädigung**

Um die Probanden aufgrund des relativ hohen Zeitaufwandes zur Teilnahme zu motivieren, wurden sie bei abgeschlossener Teilnahme mit einem Einkaufsgutschein über 40 Euro entschädigt.

### 3.3.4 Organisierung des Kontaktstatus der Teilnehmer im Feld

Zur Verwaltung des Status des Probanden nach oben genanntem Kontaktschema (Abbildung 3-1) wurde eine Microsoft-Office-Access-Datenbank erstellt. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit der Dosimeter (10 Stück) wurden die Probanden in kleinen Gruppen von je 15 Probanden angeschrieben. Die Datenbank gruppierte sie in alphabetischer Reihenfolge. Des Weiteren wurden alle Non-Responder der jeweiligen Gruppe von der Datenbank für die nächste Kontaktstufe gemäß dem genannten Schema vorgeschlagen. Diese Datenbank bildete die Grundlage für die Response- und Non-Response-Analyse.

The screenshot shows a Microsoft Access database interface for managing contact status. The interface is titled "MOBILE" and features a "Probierendaten" section with fields for address, name, and gender. Below this are sections for "Kontaktaten", "Briefdaten", and "Untersuchungsdaten", each containing various checkboxes and date fields for recording contact attempts and survey results. A "Telefonkontakt Daten" section is also present at the bottom left. The interface includes navigation buttons and a status bar at the bottom.

Abbildung 3-2: Datenbankoberfläche zur Verwaltung des Kontaktstatus

### 3.3.5 Qualitätssicherung im Feld

Die Probanden wurden vor der Messung ausführlich in die Verwendung und Arbeitsweise des Dosimeters eingeführt. Darüber hinaus wurden sie angewiesen, das Dosimeter während der 24 Stunden, die die Messung dauerte, am Arm zu tragen, und bei Ablage des Gerätes dieses möglichst nah am Körper aufzubewahren. Die Dosimeter wurden so konzipiert, dass die Messung von den Probanden nicht unterbrochen werden konnte.

Die Untersucher wurden im Vorfeld der Messungen in die Handhabung und den Gebrauch der Messgeräte eingewiesen. Insbesondere die Platzierung (lateral am Oberarm auf Höhe des Herzens über der Kleidung) wurde erläutert, um möglichst gleiche Messbedingungen

zu erhalten. Auch die Interviewtechnik wurde erläutert und trainiert. Die Interviewer wurden im Institut angelernt und Probeinterviews an freiwilligen Probanden (Studenten, Institutsmitarbeiter, Freunde etc.) durchgeführt. Hierbei wurden die Untersucher darauf hingewiesen, dass die Fragen ohne weitere Kommentierung vom Laptop abgelesen werden. Lediglich bei Verständnisproblemen sollte eine weitere Erläuterung durch den Interviewer erfolgen. Auch wurde darauf Wert gelegt, dass Familienangehörige oder Partner des Probanden das Interview nicht mitkommentieren oder gegebenenfalls den Raum für die Zeit des Interviews verlassen. Die Untersucher wurden gelegentlich von der Studienleitung bei den externen Besuchen begleitet. Zur Qualitätskontrolle wurde eine Stichprobe der Teilnehmer während der Messung telefonisch kontaktiert, um die tatsächliche Durchführung der Messung zu überprüfen.

Die Interviewer trafen sich mit der Studienleitung, um neu aufgetretene Probleme, wie etwa beim Tragekomfort des Dosimeters oder bei der Durchführung des Interviews, zu besprechen und darauf entsprechend zu reagieren.

Die Messgeräte wurden in ihrer Qualität laufend durch die zeitnahe Begutachtung der Messung und den engen Kontakt zwischen Technik und Epidemiologie kontrolliert.

### **3.4 Erhebungsinstrumente**

#### **3.4.1 Expositionserfassung**

##### **3.4.1.1 Personenbezogene Dosimetrie**

Die Erfassung der Exposition erfolgt mittels eines Messgerätes (Abbildung 3-3), welches am Oberarm befestigt wurde. Bei der Entwicklung wurde darauf Wert gelegt, dass es trotz der handlichen und komfortablen Größe (115 x 45 x 29 mm) und Gewicht (87 g) nicht die Güte der Messungen ohne entscheidenden Verlust beeinträchtigt. Das Dosimeter misst über einen Zeitraum von 24 Stunden die Frequenzbänder D-Netz / E-Netz / UMTS / WLAN und DECT (siehe Tabelle 3-1) und speichert den gemessenen Absolutwert der Feldstärke in der Einheit Volt pro Meter (V/m) in einem 1-Sekunden-Takt ab (= 86.400 Messwerte pro Tag).

Das Dosimeter wurde von dem Ingenieurbüro Maschek entwickelt und produziert. Die Überprüfung des Dosimeters fand im EMF-Labor der Firma Serco am 11. Mai 2004 statt.

Im Folgenden werden die technischen Daten und die Messcharakteristik des Dosimeters beschrieben. Diese technische Angaben wurden vom Hersteller vorgelegt.<sup>(104)</sup>

- **Frequenzselektivität**

Die Trennschärfe insbesondere zwischen den Kanälen

- GSM 900 UP und GSM 900 DOWN
- GSM 1800 UP und GSM 1800 DOWN
- UMTS UP und DOWN
- DECT und WLAN

betrug ca. 20 bis 50 Dezibel (dB) bezogen auf die jeweilige Mittenfrequenz (4 V/m). Eine eindeutige Zuordnung der Sendequelle für die jeweilige Frequenz konnte nicht in jedem Fall durchgeführt werden. Hiervon waren vor allem der Bereich 1880 MHz (oberes Bandende von GSM 1800 DOWN) betroffen, wo im DECT Bereich ein stärkeres Signal angezeigt wurde als der GSM 1800 DOWN-Kanal. Demnach wurden die Frequenzbänder in drei größere Bereiche: 1.) GSM 900, 2.) GSM 1800, DECT, UMTS und 3.) WLAN zusammengefasst und ausgewertet. Es wurde das jeweils stärkste Signal aus jedem dieser Bereiche zum gleichen Zeitintervall verrechnet. Die Gesamtexposition wurde aus dem jeweils höchsten Signal unabhängig von der Frequenz abgeschätzt. Zu dieser Methode muss gesagt werden, dass schwächere, aber gleichzeitig auftretende Felder anderer Frequenzbereiche nicht berücksichtigt werden konnten und dadurch eine geringere Gesamtfeldstärke ermittelt wurde.

- **Messgenauigkeit**

Im Freifeld lag die Messgenauigkeit bei  $\pm 2$  dB (Mittenfrequenz des jeweiligen Bandes). Im angelegten Zustand des Dosimeters am Oberarm liegen die Werte bei  $\pm 4$  dB (Mittenfrequenz des jeweiligen Bandes). Dabei muss beachtet werden, dass das Dosimeter nicht alle drei Raumachsen des Feldes gleichmäßig stark misst.

- **Einfluss durch Tragen eines Kleidungsstücks über dem Dosimeter**

Es zeigte sich, dass der Einfluss von Kleidungen (Jacken etc.) über dem Dosimeter einen geringen Einfluss auf die Messqualität hatte. (945 MHz + 0,7 dB, 1850 MHz – 0,3 dB, 2450 MHz – 0,7 dB)

Die technischen Daten des Dosimeters nach Herstellerangaben werden in der Tabelle 3-1 angegeben.

**Tabelle 3-1: Technische Beschreibung nach Herstellerangaben des eingesetzten Personendosimeters**

Technische Eigenschaften des Dosimeters der Firma Maschek GmbH			
Antenne	Gefaltet	Messbereich	0,010 – 70,000 V/m
Richtungsempfindlichkeit	Vertikale und horizontale Polarisation	Größe	ca. 115 x 45 x 29 mm
<b>Kanäle:</b> GSM 900 Uplink GSM 900 Downlink GSM 1800 Uplink GSM 1800 Downlink DECT UMTS Uplink UMTS Downlink WLAN 2,4 GHz	880,0 – 915,0 MHz 925,0 – 960,0 MHz 1725 – 1780,6 MHz 1820,0 – 1875,6 MHz 1880,0 – 1900,0 MHz 1900,0 – 1980,0 MHz 2010,0 – 2170,0 MHz 2400,0 – 2483,0 MHz	Gewicht	87 g mit Akku
		Speicherzyklus	0,5 s – 10 s
		Anzahl der Messungen	Ca. 260.000 * 8 Frequenzbänder
		Start und Ende der Messung	automatisch, über Software programmierbar
		Akkubetriebsdauer	ca. 370 Std./Ladung über USB Anschluss
		Akkuladezeit	ca. 90 Minuten (Akku komplett entladen)
		Standby-Zeit	6 Monate
		Softwarefunktionalität	Excel + txt-Export
		Ereignistaste	Ja
		Trageort	Oberarm
		PC-Verbindung	USB



**Abbildung 3-3: Dosimeter ohne Armgurt**

Das gemessene Profil beschreibt die Exposition, der der Proband mehr oder weniger unwillkürlich ausgesetzt war. Hierbei handelte es sich in erster Linie um Expositionen im Frequenzbereich von Mobilfunktelefonen und DECT-Telefonen sowie deren Basisstationen.

#### 3.4.1.2 Festlegung der Nachweisgrenze und Bestimmungsgrenze

Die Nachweisgrenze ist die Feldstärke, ab der das Dosimeter eine Exposition misst. Die Bestimmungsgrenze gibt die Korrektheit des Messwertes an.

Zur Bestimmung der Nachweisgrenze wurden die Messungen am Oberarm herangezogen, da die Hochfrequenzfelder tagsüber eher wechseln als nachts und das Dosimeter während dieser Zeit am Oberarm getragen wird. Alle Messwerte unterhalb dieser Grenze sind als gerätespezifisches Grundrauschen zu bewerten.

Als Ort der Messung wurde der Keller des Institutes gewählt, da dort von einer entsprechenden geringen hochfrequenten elektromagnetischen Belastung ausgegangen werden konnte. Unter standardisierten Bedingungen wurden Messungen bei getragendem und abgelegtem Gerät durchgeführt.

Jedes der einsatzbereiten Geräte (Seriennummer 2-11) wurde für 10 Minuten am Oberarm von jeweils derselben Person getragen (Simulation der Messung tagsüber) und dann anschließend für weitere 10 Minuten am Boden abgelegt (Simulation nachts). Aus den Messungen (Tabelle 3-2) konnte zunächst eine Nachweisgrenze von maximal 0,07 V/m ermittelt werden. Die Bestimmungsgrenze wurde als Mittelwert der Feldstärke (in V/m) + 3-fache Standardabweichung definiert.

**Tabelle 3-2: Bestimmung der Nachweisgrenze. Bestimmungsgrenze: Mittelwert + 3-fache Standardabweichungen für die verschiedenen Dosimeter. Messstandort: Keller des Instituts**

in V/m		2	3	4	5	7	8	9	10	11
Arm	GSM 900 up	0.05	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.07	0.00	0.01
	GSM 900 down	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.06	0.00	0.00
	GSM 1800 up	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
	GSM 1800 down	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
	UMTS up	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
	UMTS down	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	DECT	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
	WLAN	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02
Boden	GSM 900 up	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.00	0.00
	GSM 900 down	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00
	GSM 1800 up	0.05	0.06	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00
	GSM 1800 down	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
	UMTS up	0.05	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	UMTS down	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DECT	0.05	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	WLAN	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02

Diese Messwerte wurden mit der Leermessung von Herrn Dipl. Phys. Wiedenhofer vom LfAS in einem für Hochfrequenzfelder isolierten Raum im LfAS verglichen. Hierbei standen nur 28 Werte je Frequenzband zur Verfügung. Die Ergebnisse waren mit denen im Keller vergleichbar. Die für GSM 1800 up und UMTS down gemessenen Werte lagen über 0,07 V/m und somit über der Nachweisgrenze. Auffallend war, dass der jeweils erste Messwert deutlich über den anderen Werten lag und deshalb als Ausreißer definiert wurde. Auch nach den Ergebnissen dieser Messungen lag die Nachweisgrenze bei 0,07 V/m.

Während der Feldphase zeigte sich aber, dass Gerät 2 in den Nachtmessungen, also im abgelegten Zustand, regelmäßig höhere Messwerte als die restlichen Geräte aufwies. Die Schwankungsbreite lag bei 0,08 bis 0,1 V/m. Deshalb wurde die Nachweisgrenze auf 0,1 V/m verändert.

Auf eine geräte- und frequenzspezifische Festlegung der Nachweisgrenze wurde aus praktischen Gründen verzichtet. Dabei wurde berücksichtigt, dass dadurch eventuelle Quellen anderer Frequenzen die Messungen beeinflussen können.

### 3.4.1.3 Individuelle Mobilfunkabschätzung

Jeder Proband wurde innerhalb des Hauptfragebogens auch nach seiner selbst eingeschätzten Exposition befragt. Dies beinhaltete Fragen zur persönlichen Nutzung von Mobiltelefonen sowie der Abschätzung der Entfernung zur nächsten Mobilfunkbasisstation im beruflichen und privaten Umfeld.

### 3.4.2 Hauptfragebogen

Es wurde ein computergestütztes Interview (CAPI) mit 161 Fragen für die Gruppe der Erwachsenen eingesetzt. Die ausgewählten Variablen lassen sich den in Tabelle 3-3 dargestellten Erhebungsinstrumenten zuordnen. Dieser Fragebogen erfasste das Befinden der Probanden, die Nutzung von hochfrequenten Telekommunikationsmitteln (Mobiltelefon, DECT), den psychischen Status, die Umwelteinstellung, den Medienkonsum und das soziale Umfeld. Somit war dieser Fragenkatalog neben der Personendosimetrie ein zentrales Element dieser Arbeit und ist in vollem Umfang im Anhang angefügt.

**Tabelle 3-3: Themenbereiche und Erhebungsinstrumente des CAPI-Interviews**

<b>Variable</b>	<b>Erhebungsinstrument</b>
Exposition gegenüber hochfrequenten EMF	Individuelle Expositionsabschätzung angeglichen an die Studie Health Behaviour in School-aged Children (HSBC) <sup>(105,106)</sup>
Handy-Nutzung	Telefoninterview zu Mobilfunkängsten in der Bevölkerung durch I+G Gesundheitsforschung 2001 <sup>(107)</sup>
Allgemeine Befindlichkeit	Auszüge aus der „Freiburger Beschwerdeliste“ (FBL) (Zeitachse: 6 Monate) <sup>(108,109)</sup>
Aktuelle Befindlichkeit	Symptome aus Literatur, Antwortkategorien analog der „Zerssen-Beschwerdeliste“ <sup>(110)</sup> & Symptomcheckliste von Derogatis (SCL-90) <sup>(111-115)</sup>
Psychische Gesundheit	Freiburger Persönlichkeitsinventar <sup>(116)</sup> , Hypochondriesskala <sup>(117,118)</sup>
Schlaf	in FBL enthalten
Lebensqualität	Short Form (SF) 12 <sup>(119,120)</sup>
Soziale Unterstützung	Berlin Social Support Scale (BSSS) <sup>(121-123)</sup>
Gesundheitsrelevantes Verhalten	Tabakkonsum, Medikamenteneinnahme
Soziodemografie	Analog des Bundesgesundheitssurvey des Robert-Koch-Instituts <sup>(124)</sup>
Einstellung zum Mobilfunk	Telefoninterview zu Mobilfunkängsten in der Bevölkerung durch I+G Gesundheitsforschung 2001 <sup>(107)</sup>
Umweltbesorgnis	Einstellung zur Umwelt FBG <sup>(125,126)</sup>
Medienkonsum (TV, Computer, Musik, Spielkonsolen)	Kinder- und Jugendgesundheitssurvey des Robert-Koch-Instituts <sup>(127)</sup>



#### 3.4.2.1 Allgemeine Befindlichkeit und Symptomtagebuch

Mittels des gewählten Fragenkataloges konnte eine Korrelation zwischen der aktuellen Exposition gegenüber hochfrequenten EMF und dem Auftreten von Symptomen unter realen Bedingungen abgeschätzt werden. Unter der Annahme, dass der gewählte Tag der Messung repräsentativ für die Exposition gegenüber hochfrequenten EMF war, konnte eine Assoziation der allgemeinen Befindlichkeit des Probanden mit der bei ihm im Median ermittelten Exposition verglichen werden. Hierbei wurden typische Symptome, die mit hochfrequenten EMF in Beziehung gebracht werden, mittels der standardisierten Erhebungsinstrumente abgefragt. Zusätzlich wurde das aktuelle Befinden des Probanden mittels eines Symptomtagebuches im Verlauf der Expositionserfassung protokolliert. Dabei sollten die Teilnehmer zu drei verschiedenen Tageszeiten (morgens, mittags, abends) eine Beschwerdeliste mit 21 Items ausfüllen. Die Werte zur Beurteilung wurden durch die vierstufige Likert-Skala mit der Ausprägung „gar nicht“ bis „stark“ vorgegeben. Es wurden folgende Symptombereiche abgefragt:

- Konzentration
- Schlafstörungen
- Empfindungsstörungen
- Schmerzen
- Wahrnehmung
- Hauterscheinungen
- allgemeine Befindlichkeit mit der Symptomcheckliste von Derogatis (SCL-90)
- Lebensqualität mittels SF-12

#### 3.4.2.2 Umweltbesorgnis

Um abzuschätzen, ob die individuelle Umweltbesorgnis mit den subjektiven Symptomen und der selbst eingeschätzten Mobilfunkexposition assoziiert ist, wurde ein Fragebogen mit 16 Items zur Umweltbesorgnis und einem Item zur Elektrosensibilität eingesetzt.

Der Fragebogen zur Umweltbesorgnis (FBG), der auch in der multizentrischen Studie zur Multiplen Chemischen Sensitivität (MCS) des Robert-Koch-Instituts eingesetzt und von Hodapp et al. auf Grundlage der „Environmental Worry Scale“ von Schwarzer und Bowler entwickelt wurde,<sup>(126,125)</sup> beinhaltet typische Aussagen, wie zum Beispiel:

- Es macht mir Angst, wenn ich daran denke, wie Giftmüll gelagert wird.
- Wenn ich daran denke, wie belastet unsere Nahrung ist, verliere ich den Appetit.

Die Teilnehmer konnten zwischen „trifft nicht zu“ (= 0) bis „trifft genau zu“ (= 3) wählen.

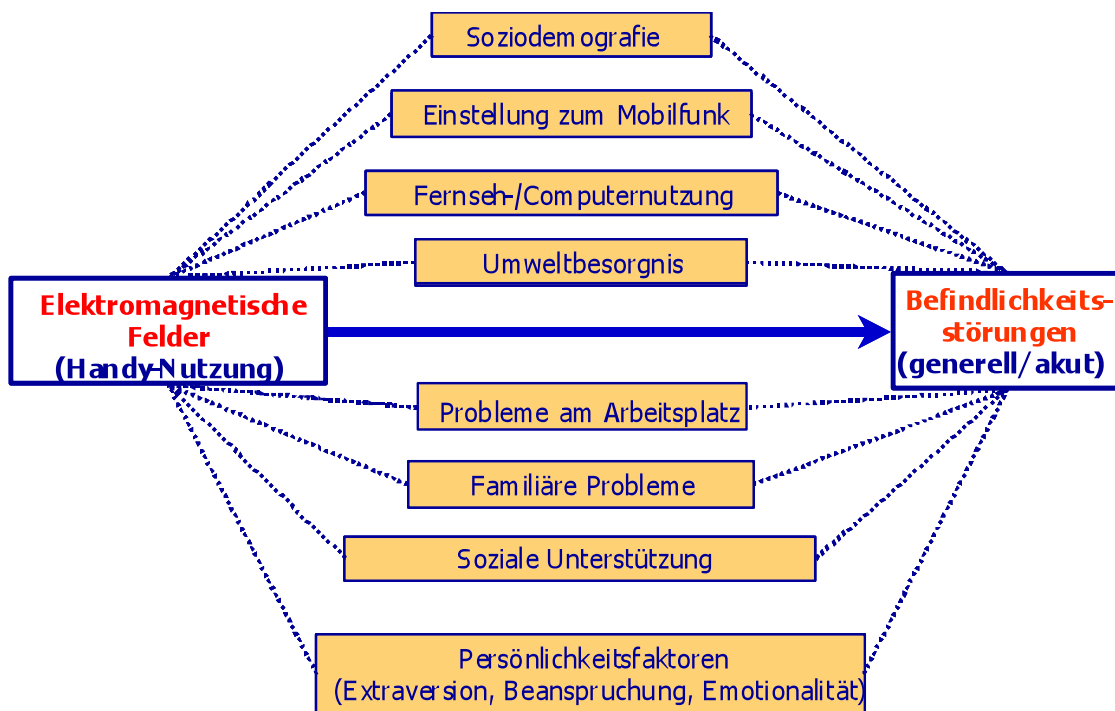
#### 3.4.2.3 Kurzfragebogen

Der Kurzfragebogen (KFB) wurde mit dem Informations- und Einladungsschreiben versendet. Die Probanden wurden gebeten, den KFB unabhängig von der Teilnahme an der Studie auszufüllen und zurückzusenden. Dieser beinhaltet unter anderem soziodemografische Fragen wie auch Fragen zur Mobiltelefonnutzung bzw. zum Mobilfunknetz. Hiermit sollte ein möglicher Selektionsbias der Teilnehmer gegenüber den Nichtteilnehmern überprüft werden.

#### **3.4.3 Mögliche Confounder**

Um neben den üblichen Confoundern weitere eventuelle Störgrößen zu erkennen, wurde unten stehendes Wirkungsmodell (Abbildung 3-4) ausgearbeitet. In diesem sind die möglichen Faktoren aufgeführt, die in den Zusammenhang zwischen Exposition und Beschwerden einfließen können. Dabei war festzustellen, dass vermutlich weniger Größen gleichzeitig wirkten. Um die Erhebungsinstrumente in einem angemessenen zeitlichen Rahmen zu halten, wurde auf weitere Größen verzichtet, wenn ein verzerrender Einfluss unwahrscheinlich war.

Zu den üblichen Störgrößen gehörten soziodemografische Daten wie Alter, Geschlecht oder sozioökonomischer Status. Zahlreiche weitere potenzielle Confounder wie der Raucherstatus, Medikamenteneinnahme (Schlaf- und Schmerzmittel), Persönlichkeitsfaktoren, persönliche Einstellung zu Mobilfunk, Umweltbesorgnis, Medienkonsum, Probleme am Arbeitsplatz/in der Familie sowie soziale Unterstützung wurden definiert und im standardisierten Interview erfasst.



**Abbildung 3-4: Wirkungsmodell möglicher Confounder auf den Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Befindlichkeitsstörungen.**

### 3.4.4 Auswertung

In der Pilotphase wurde der gewählte Untersuchungsansatz überprüft und die Exposition gegenüber hochfrequenten EMF bestimmt. Es sollten Hinweise auf Zusammenhänge zwischen der Höhe der Exposition und allgemeine gesundheitliche Beschwerden überprüft werden. Aufgrund der geringen Effektstärke waren angesichts der geringen Fallzahl noch keine statistischen bedeutungsvollen Zusammenhänge zu erwarten. Die Auswertung sollte auch das Studiendesign bezüglich der Erhebungsinstrumente, der Auswertungsstrategie und der Praktikabilität unter Feldbedingung prüfen.

Die individuelle Exposition wurde mit dem Median der 24-Stunden-Messung beschrieben. Des Weiteren wurde auch 25er-, 75er- und 95er-Perzentile zur Beschreibung der Exposition ermittelt. Alle weiteren Merkmale wurden für die Kategorien „< Median“ und „≥ Median“ der Gesamtexposition analysiert und dargestellt.

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Stichprobenbeschreibung**

#### **4.1.1 Ausschöpfung der untersuchten Stichprobe**

Am 9 Juli 2004 wurde die Feldphase beendet und das Kollektiv ausgewertet.

Insgesamt wurden 150 Personen zur Teilnahme an der Studie eingeladen. Davon konnten 8 (5 Prozent) Probanden nicht an der Studie teilnehmen, da sie entweder zwischen der Ziehung der Stichprobe und der Einladung verstorben ( $n = 2$ ) oder verzogen ( $n = 4$ ) waren, aufgrund sprachlicher Probleme den Fragebogen nicht beantworten konnten ( $n = 1$ ) oder während der Studienzeit nicht am Studienort anwesend waren ( $n = 1$ ). (Tabelle 4-1)

Von den verbleibenden 142 Probanden verweigerten 27 (19 Prozent) die Teilnahme aufgrund grundsätzlicher Ablehnung von Studien ( $n = 22$ ).

Ingesamt beantworteten 79 der verbleibenden 142 Probanden (56 Prozent) den schriftlichen Kurzfragebogen. Zum ausführlichen Interview und anschließender 24-stündiger Personendosimetrie erklärten sich 61 Teilnehmer (43 Prozent) bereit.

**Tabelle 4-1: Teilnahmebereitschaft und Ausfallgründe**

	Erwachsene	
	absolut	%
Bruttostichprobe	150	100
Ausfälle:	8	5
Teilnehmer < 50 % anwesend		
verstorben	2	
Verständigung	1	
für die Zeit der Studie nicht anwesend	1	
verzogen	4	
Nettostichprobe (NP)	142	95
		% von NP
Verweigerungen	27	19
Desinteresse	2	
Zeitmangel	2	
allgemeine Ablehnung	22	
generelles Misstrauen	1	
Non-Response der KFB zum Stichtag	63	
Response der KFB zum Stichtag	79	56
zum Stichtag vollständige Daten	61	43

#### 4.1.2 Response-/Non-Response-Analyse

Im Folgenden wurden die Kurzfragebögen der Interviewteilnehmer mit denen der Nichtteilnehmer verglichen. Hiermit sollte überprüft werden, inwieweit die Studienteilnehmer für das Gesamtkollektiv repräsentativ waren, um einen eventuellen Selektionsbias abzuschätzen. Zum Zeitpunkt des Stichtages lagen insgesamt 59 Kurzfragebögen zu der Gruppe der Teilnehmer vor und 20 Kurzfragebögen aus der Gruppe, die nicht an der Studie teilnehmen wollten.

Zunächst wurde das Alter der nicht teilnehmenden Probanden mit dem der Teilnehmer verglichen (siehe Tabelle 4-2). Die interviewten Probanden waren mit 42 Jahren etwas älter, der Anteil der Frauen tendenziell niedriger (48 Prozent vs. 75 Prozent,  $p = 0,828$ ) und waren signifikant häufiger im Besitz eines Mobiltelefons (93 Prozent vs. 75 Prozent,  $p = 0,027$ ).

Die Teilnehmer schätzen den Abstand von Mobilfunkbasisstationen zur Wohnstätte tendenziell geringer ein. (Abbildung 4–1)

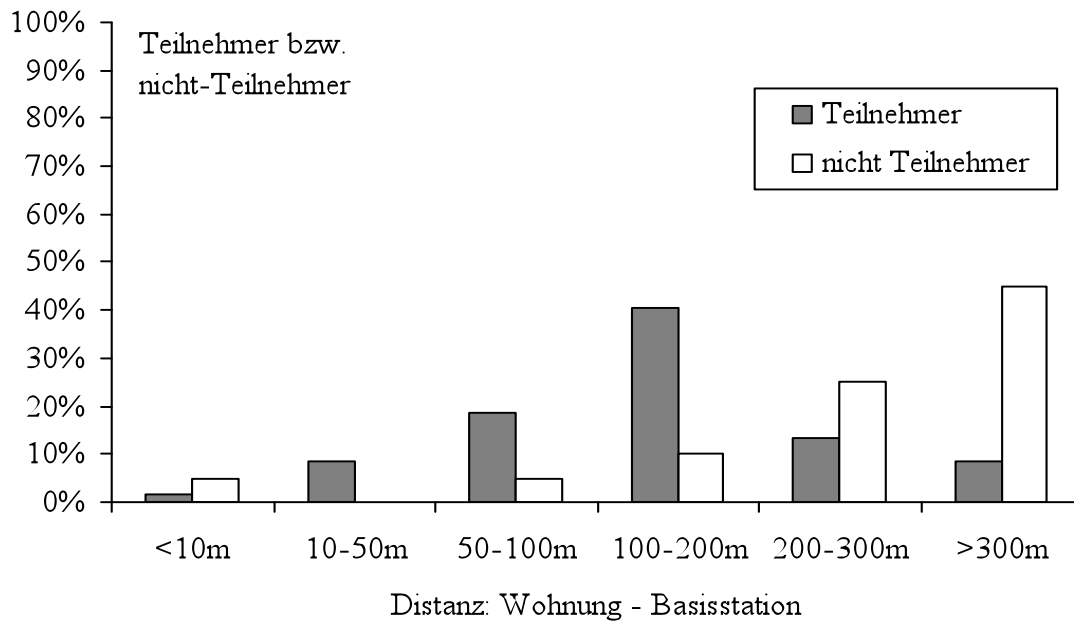
**Tabelle 4-2: Vergleich der Angaben der Kurzfragebögen in Abhängigkeit von der Teilnahmebereitschaft am Interview**

		Teilnahmebereitschaft zum Interview				p
		Nein 20		Ja 59		
N (Kurzfragebögen)						
Alter (Jahre)	Mittelwert (SD)	41,7 (12,2)		42,5 (14,1)		0,816 <sup>a</sup>
		n	%	n	%	
Geschlecht: Weiblich		15	75,0	28	47,5	0,828 <sup>b</sup>
Höherer Bildungsstand <sup>c</sup>		11	55,0	33	55,9	
Besitz eines Mobiltelefons		15	75,0	55	93,2	0,027 <sup>b</sup>
Davon:	Nutzung:					
	Geschäftlich	2	10,0	9	15,3	0,035 <sup>b</sup>
	Privat	12	60,0	38	64,4	
	Beides	0	0,0	8	13,6	
	kein Handy	5	25,0	4	6,8	
Tägliche Dauer der Nutzung des Mobiltelefons						0,191 <sup>b</sup>
	< 15 Minuten	11	55,0	40	67,8	
	15 – 30 Minuten	2	10,0	7	11,9	
	> 30 Minuten	1	5,0	7	11,9	
	kein Handy	5	25,0	4	6,8	

<sup>a</sup> t-Test

<sup>b</sup>Chi<sup>2</sup> Test

<sup>c</sup>„Höherer Bildungsstand“ bedeutet Abitur und/oder höherer Bildungsabschluss (beispielsweise Studium)

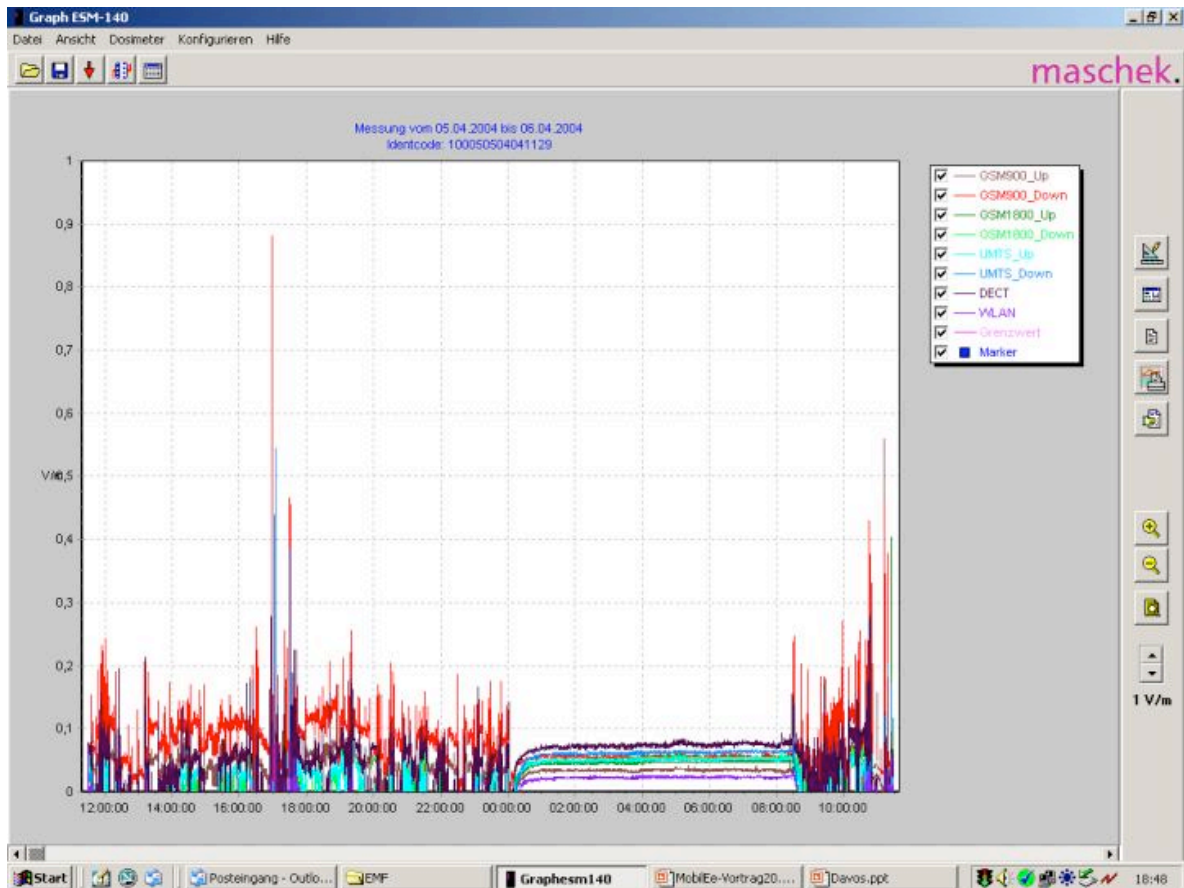


**Abbildung 4-1: Selbst eingeschätzte Entfernung der Wohnung zur nächsten Mobilfunkbasisstation in Abhängigkeit von der Teilnahme am Interview**  $n_{\text{Teilnehmer}} = 59$ ,  $n_{\text{nicht Teilnehmer}} = 20$

## 4.2 Exposition

### 4.2.1 Personenbezogene 24-Stunden-Messung

Die Abbildung 4-2 zeigt einen typischen Verlauf eines Messprotokolls über 24 Stunden. In der Graphik konnte man deutlich den Wechsel zwischen Trage- und Ablagephase während der Nacht erkennen. Dabei zeichnete sich die Ablagephase durch eine konstante Belastung unterhalb der Bestimmungsgrenze aus. Die Tragephase schwankte entsprechend der Aktivität des Probanden aufgrund der wechselnden Feldstärken. Auffällig war, dass das Band GSM 900 down während der Tragphase sich von den anderen Frequenzbereichen abhob und im Bereich der Bestimmungsgrenze von 0,1 V/m pendelte. Dieser Effekt zeigte sich während der Ablage des Dosimeters nicht. Des Weiteren war ein Telefonat mit einem Mobiltelefon um ca. 19.00 Uhr durch die hohe Spitze zu erkennen.



**Abbildung 4-2: Tagesprofil eines typischen Messprotokolls über 24 Stunden**

Aus diesen Messwerten wurde der prozentuale Anteil des Tages für jeden Probanden berechnet, an dem die Messwerte über der festgelegten Bestimmungsgrenze von 0,1 V/m lagen.

Dies wurde für folgende Bereiche getrennt durchgeführt:

- Gesamter Frequenzbereich höchster Wert und Exposition > 0,1 V/m (= Gesamtexposition > 0,1 V/m)
- D-Netz-Bereich höchster Wert und Exposition > 0,1 V/m
- E-Netz- oder UMTS-Bereich höchster Wert und Exposition > 0,1 V/m
- WLAN-Bereich höchster Wert und Exposition > 0,1 V/m
- DECT-Bereich höchster Wert und Exposition > 0,1 V/m

Zur Vereinfachung wurde jeweils das zu jedem Zeitpunkt stärkste Signal (D-Netz, 1900 MHz oder WLAN) in die Berechnung einbezogen.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-3 aufgeführt. Die Dauer der täglichen Exposition über der festgelegten Nachweisgrenze von 0,1 V/m variierte von 1 bis 94 Prozent des Tages. Der dominierende Frequenzbereich war das D-Netz. E-Netz und WLAN spielten eine unterge-



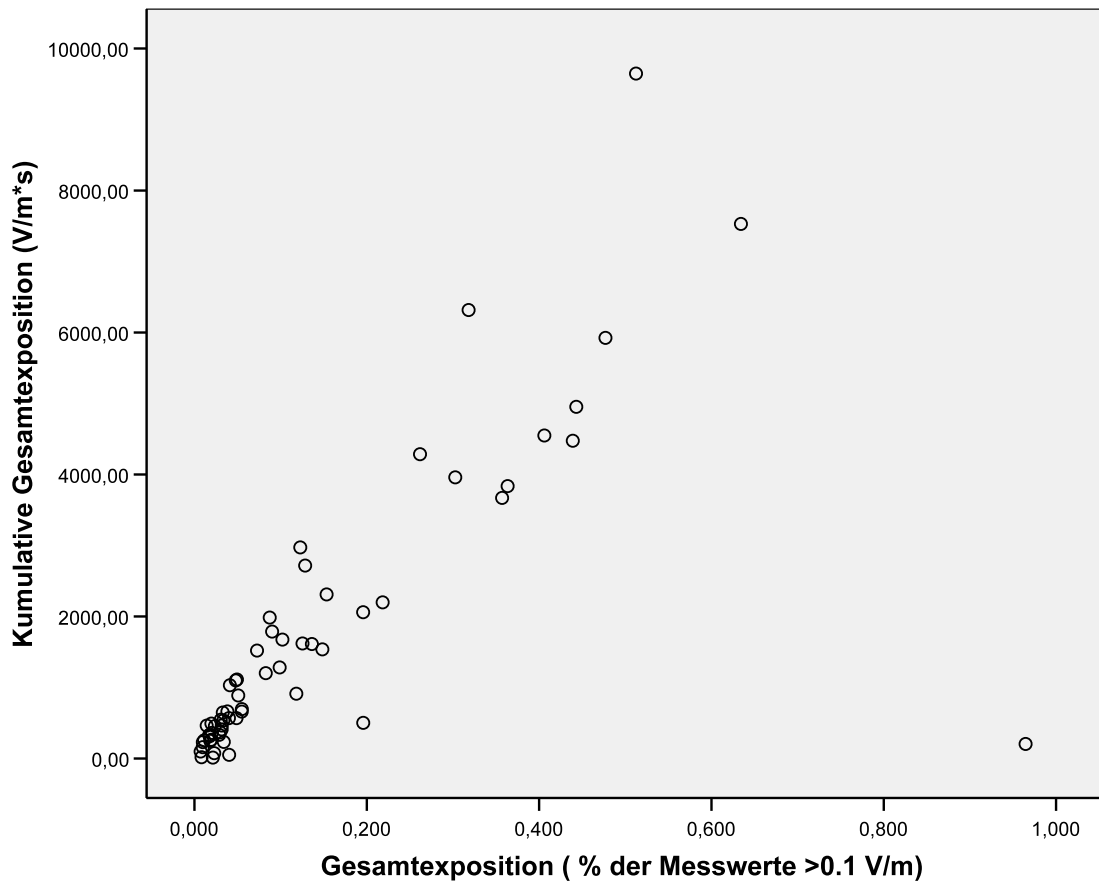
ordnete Rolle. Dabei wurden schwächere Messwerte anderer Frequenzbereiche nicht berücksichtigt. Hierdurch wurden diese in der Auswertung unterbewertet. Bei der Auswertung wurde davon ausgegangen, dass sich verschiedene Signalstärken in ihrer Wirkung auf die Umwelt nicht summieren und der alleinige Wert des stärksten Signals als umweltwirksam zu betrachten ist.

Zusätzlich wurden die Messwerte auch kumulativ ausgewertet. Hierbei wurde die Fläche unter dem Expositionsverlauf berechnet. Die Nachweisgrenze wurde wie bei der prozentualen Auswertung auf  $> 0,1$  V/m festgelegt. Wie aus

Abbildung 4-3 ersichtlich, korrelierte die kumulative Dosis eng mit dem prozentualen Anteil der Messwerte oberhalb von  $0,1$  V/m ( $r_{\text{Spearman}} = 0,847$ ) pro Tag. Deshalb wurde für die Auswertung die prozentuale Dauer  $> 0,1$  V/m berücksichtigt, indem die Anzahl der Messwerte (1/s) über der Nachweisgrenze ins Verhältnis der Gesamtanzahl der Messwerte (86.400/24 Stunden) gesetzt wurde.

**Tabelle 4-3: Anteil des Tages im Bereich  $> 0,1$  V/m in Prozent in Abhängigkeit zur Frequenz**

Probanden (n = 61)			
Gesamtexposition pro Tag		1900-MHz-Frequenz	
Minimum	0,7	0,0	Minimum
25 % Perzentile	2,8	0,3	25 % Perzentile
Median	5,1	0,8	Median
75 % Perzentile	15,3	2,6	75% Perzentile
95 % Perzentile	47,7	30,4	95 % Perzentile
Maximum	96,5	52,0	Maximum
Mittelwert/Standardabweichung	14,0 ± 18,4	4,4 ± 10,1	Mittelwert/Standardabweichung
900-MHz-Frequenz		2400-MHz-Frequenz	
Minimum	0,0	0,0	Minimum
25 % Perzentile	1,4	0,0	25 % Perzentile
Median	2,9	0,0	Median
75 % Perzentile	11,3	0,0	75 % Perzentile
95 % Perzentile	35,7	0,4	95 % Perzentile
Maximum	95,5	0,6	Maximum
Mittelwert/Standardabweichung	9,5 ± 15,8	0,1 ± 0,1	Mittelwert/Standardabweichung



**Abbildung 4-3: Korrelation der Ergebnisse zwischen der kumulativ berechneten Exposition über 24 Stunden und dem prozentualen Anteil von Messwerten > 0,1 V/m (n = 61,  $r_{\text{Spearman}} = 0,847$ ,  $p < 0,01$ )**

#### 4.2.1.1 Vergleich der Ergebnisse der Messungen mit unterschiedlichen Dosimetern

Um einen möglichen Einfluss der einzelnen Messgeräte auf die Messergebnisse zu untersuchen, wurden die Häufigkeiten der Messwerte unterhalb bzw. oberhalb des Medians der Verteilung in Abhängigkeit vom eingesetzten Dosimeter miteinander verglichen (Tabelle 4-4). Hierbei ergaben sich keine systematischen Unterschiede.

**Tabelle 4-4: Absolute und relative Häufigkeiten der Messwerte dichotomisiert am Median in Abhängigkeit vom eingesetzten Dosimeter ( $p = 0,28$ )**

Dosimeter Nr.	< Median		≥ Median	
	n	%	n	%
2	10	37,0	17	63,0
3	11	68,8	5	31,3
4	14	63,6	8	36,4
5	10	45,5	12	54,6
6	7	77,8	2	22,2
7	3	50,0	3	50,0
8	6	46,2	7	53,9
9	4	28,6	10	71,4
10	11	50,0	11	50,0
11	6	50,0	6	50,0

#### 4.2.2 Subjektive Expositionsabschätzung

Im Nachfolgenden wurden die Angaben des Fragenkataloges zur subjektiven Expositionsabschätzung ausgewertet und mit der gemessenen Exposition verglichen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-5 zusammengefasst.

Hierbei zeigte sich bei der Frage nach der Handy-Nutzung differenziert zum Expositionsstatus kein statistischer signifikanter Unterschied. Das heißt, dass die eigene Mobilfunknutzung im Hinblick auf das festgelegte Expositionsmaß eine untergeordnete Rolle spielte. Der Grund hierfür war, dass mehr als 70 Prozent der Teilnehmer weniger als 10 Minuten pro Tag mit dem Mobiltelefon telefonierte und somit Eigentelefonate einen geringen Einfluss auf die Gesamtexposition hatten. Mit dem Alter stiegen jedoch die Häufigkeit der Handy-Nutzung und die Dauer der Telefonate an.

Probanden, die angaben, in der Nähe der Wohnumgebung eine Mobilfunkbasisstation zu haben, waren häufiger in der Gruppe der höher Exponierten (85 Prozent vs. 77 Prozent). Die Gruppe, die keine Mobilfunkbasisstation in der näheren Umgebung vermutete, war geringer exponiert (28 Prozent vs. 15 Prozent). Diese Unterschiede waren jedoch nicht statistisch signifikant.

Bei der Abschätzung der Entfernung der Mobilfunkbasisstation zum Wohnort zeigte sich für Probanden mit einer gemessenen prozentualen Dauer der Exposition unterhalb des Me-

dians eine mittlere Entfernung von 300 Meter. Die Gruppe mit der Exposition gleich oder überhalb des Medians schätzte, im Mittel 250 Meter von der nächsten Mobilfunkbasisstation entfernt zu wohnen. Auch die Entfernung einer Mobilfunkbasisstation zum Arbeitsplatz wurde bei der Gruppe der höher Exponierten als geringer angegeben.

**Tabelle 4-5: Vergleich der subjektiven Exposition nach objektivem Expositionsstatus ( in Prozent der Werte im nachweisbaren Bereich).**

Probanden  
(n = 61)

		Handy							DECT Telefon			EMF - Felder							
		Handy-Nutzung		Verzicht bei gesundheitlicher Beeinträchtigung			Häufigkeit der Nutzung		Länge der Telefonate	Besitz		Ge-sprächs-dauer	Sich-darüber-Sorgen-Machen			Sorgen machen wegen:			
		ja	nein	ja	nein	abhängig vom Grad der Beeinträchtigung	selten / nie	jeden Tag	Median, Range (Minuten)	ja	nein	Median, Range (Minuten)	Sorgen	sich-beeinträchtigt-Fühlen	Sorgen und Sich-beeinträchtigt-Fühlen	keine Sorgen	BS	HN	DECT Telefon
< Median	% n	93,3 28	6,7 2	32,1 9	10,7 3	57,1 16	39,3 11	60,7 17	10,2-360 17	80,0 24	20,0 6	10,1-100 24	58,6 17	3,4 1	6,9 2	31,0 9	0,0 0	0,0 0	10,0 2
≥ Median	% n	90,3 28	9,7 3	35,7 10	7,1 2	57,1 16	32,1 9	67,9 19	15,1-180 19	74,2 23	25,8 8	15,1-120 23	45,2 14	0,0 0	12,9 4	41,9 13	16,7 3	5,6 1	0,0 0
< Median	% n	30,0 6	5,0 1	0,0 0	55,0 11	77,3 17	22,7 5	300,1-1500 15	43,8* 7	25,0* 4	31,2* 5	62,5* 10	37,5* 6	75,8-500 8	44,4 4	33,3 3	22,3 2	12,0 3	88,0 22
≥ Median	% n	22,1 4	0,0 0	0,0 0	55,6 10	85,0 17	15,0 3	250,15-300 16	6,3* 1	75,0* 12	18,8* 3	27,8* 5	72,2* 13	48,10-2000 4	20,0 1	40,0 2	40,0 2	7,1 2	92,9 26
		BS/DECT Nutzung	BS / HN	DECT/HN	allen drei	ja	nein	Median, Range (m)	Dach des Hauses	in Sichtweite	außerhalb Sichtweite	ja	nein	Median, Range (m)	Dach des Hauses	in Sichtweite	außerhalb Sichtweite	ja	nein
		Sorgen machen wegen			BS in der Wohnumgebung		Entfernung: BS-Wohnung	Lokalisation der BS/Wohnung		BS am Arbeitsplatz		Entfernung: BS-Arbeitsplatz		Lokalisation der BS/Arbeit		Elektrosensibilität			

EMF - Felder  
BS = Basisstation, HN = Handy-Nutzung, \* p < 0,05 (Mann Whitney U-Test bzw. Chi<sup>2</sup>-Test)

## 4.2.3 Bewertung des Dosimeters

### 4.2.3.1 Akzeptanz des Dosimeters durch die Probanden

61 Probanden beurteilten die Akzeptanz des Messgerätes. Die Angaben zur Intensität einer möglichen Einschränkung durch das Dosimeter sind in Abbildung 4-4 und Abbildung 4-5 dargestellt. 37 Prozent der männlichen bzw. 40 Prozent der weiblichen Probanden fühlten sich durch das Dosimeter nicht und 37 Prozent bzw. 23 Prozent nur selten eingeschränkt. Keiner der Probanden gab an, immer eingeschränkt zu sein. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Geschlechts ( $p = 0,68$ ).

Die Probanden konnten auch im Freitext die Einschränkung durch das Dosimeter spezifizieren. Dabei wurden sechs Kategorien gebildet: „Tragekomfort nicht ausreichend“, „peinliches, unangenehmes Auffallen mit dem Dosimeter“, „allergische Hautreaktion an der Kontaktstelle“, „Problem mit dem Verschluss/der Befestigungsmöglichkeit“, „Fremdkörpergefühl“ und „sonstige Gründe“. Am häufigsten wurde der Tragekomfort als unzureichend genannt (38 Prozent). Die anderen Kategorien wurden deutlich seltener genannt. 9 Prozent der Teilnehmer war das Tragen des Dosimeters „peinlich“, ebenfalls 9 Prozent berichteten über ein „Fremdkörpergefühl“, wobei dies häufiger von Frauen berichtet wurde (15 Prozent Frauen vs. 4 Prozent Männer;  $p = 0,15$ ). 4 Prozent beklagten das Verschlusssystem. 7 Prozent der Teilnehmer erlitten eine allergische Hautreaktion aufgrund des Nickelanteils im Verschluss (vgl. Abbildung 4-5).

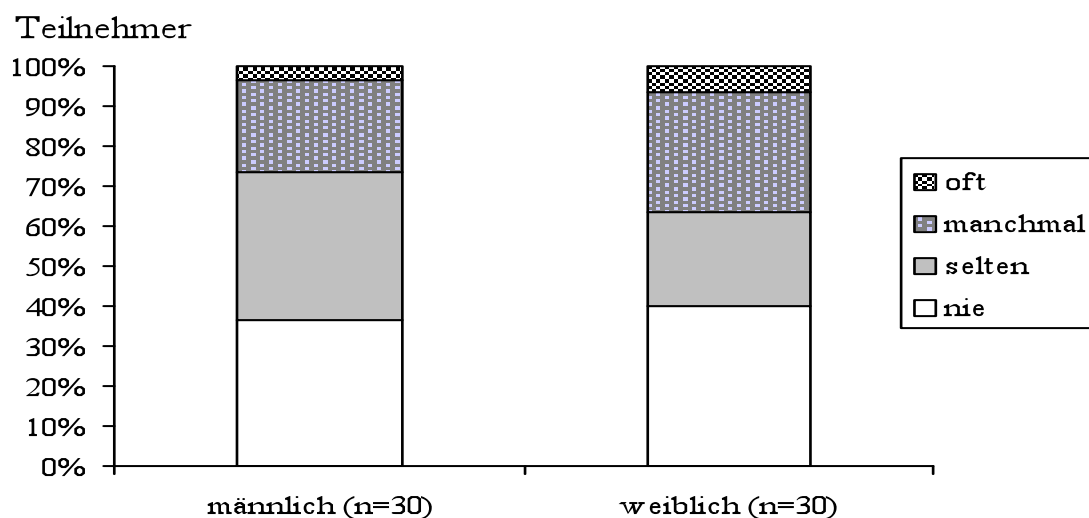
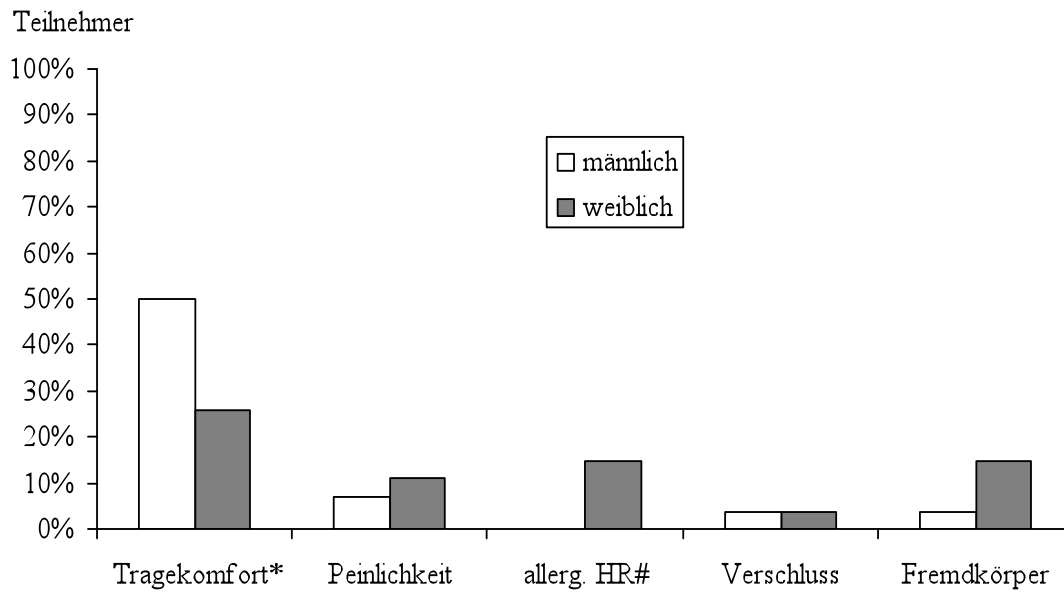
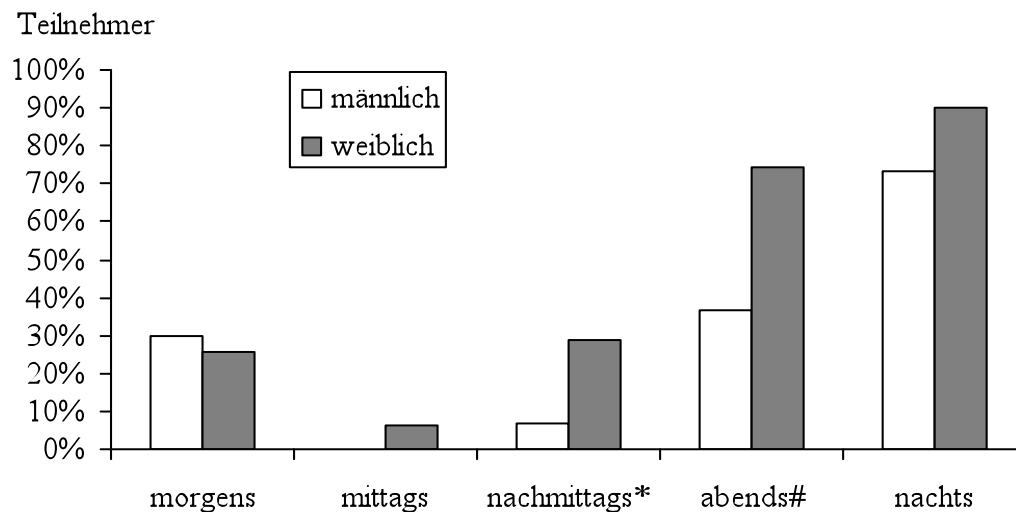


Abbildung 4-4: Subjektive Einschränkung durch das Dosimeter stratifiziert nach Geschlecht (missing = 1)



**Abbildung 4-5: Probleme beim Tragen des Dosimeters stratifiziert nach Geschlecht, n = 61**  
 \*(p = 0,66), #(p = 0,34), allerg. HR = allergische Hautreaktion

82 Prozent der Teilnehmer legten das Dosimeter nachts zum Schlafen ab, wie es auch von uns empfohlen wurde. Während den Abendstunden verzichteten 56 Prozent der Probanden auf das Tragen des Dosimeters. Dies war besonders bei Frauen häufiger (74 Prozent vs. 37 Prozent).



**Abbildung 4-6: Zeiträume, während derer das Dosimeter abgelegt wurde, stratifiziert nach Geschlecht, n = 61, \*(p = 0,023), #(p = 0,003)**

#### 4.2.3.2 Störanfälligkeit/Defekte im Feldeinsatz

Neben der Akzeptanz des Messgerätes berichteten die Probanden über Probleme im Feld. Als Hauptproblem zeigten sich die Kontakte zum Auslesen und Aufladen der Dosimeter. Die Oberfläche der Kontakte korrodierte nach kürzester Zeit, sodass diese aufwendig von den Institutsmitarbeitern mit diversen Methoden (Radiergummi, Tüchern, Reinigungsmitteln) gepflegt werden musste. Dadurch konnten die Daten nur bedingt vom Institut ausgelesen werden, die Geräte mussten neu für Messungen programmiert und aufgeladen werden. In manchen Fällen musste das Gerät zur Herstellerfirma eingeschickt werden, um Daten auszulesen und die Kontakte wieder gebrauchsfähig zu machen.

Der fehlende Spritzwasserschutz der Messgeräte zeigte sich im Feld als problematisch, da sich die Probanden nicht zwingend an die Gebrauchsanweisungen (z. B. nicht duschen etc.) hielten. Aufgrund der nicht wasserdichten Ereignistaste konnte Wasser in das Gerät gelangen.

Darüber hinaus zeigten sich die Lötstellen immer wieder als anfällig. Durch die Alltagsaktivitäten der Probanden und der Platzierung am rechten Oberarm lösten sich insgesamt elf Mal die Lötverbindungen. Dabei kam es zu Funktionseinschränkungen.

Der Verschluss des Dosimeters zeigte sich als nicht befriedigend. Die Probanden klagten immer wieder über ein störendes Verrutschen des Messgerätes am rechten Oberarm zum Ellbogen hin, welches dann den Bewegungsumfang einschränkte. Die Befestigung bestand aus einem Gummiband und einer Schnalle. Dieser Verschluss stellte sich auch bei einhändiger Bedienung als ungünstig heraus. Die Teilnehmer benötigten teilweise Helfer, um das Dosimeter am rechten Oberarm zu befestigen. Auch die Erweiterung mit Plastikverschlüssen konnte dies nicht zufriedenstellend lösen. Durch die nickelhaltige Befestigungsschnalle auf der Innenseite der Messgeräte kam es zu allergischen Reaktionen, obwohl die Probanden darauf hingewiesen wurden, das Gerät nicht direkt auf der Haut zu tragen. Die Reaktionen blieben aber lokal auf die Haut beschränkt und waren nach Ablage wieder rückläufig.

#### 4.2.3.3 Software

Die Software zum Auslesen und Darstellen der Daten war sehr komfortabel. Der Auslesevorgang benötigte für eine 24-Stunden Messung bei einem 0,5-Sekunden-Messintervall ca. 5 bis 7 Minuten. Die grafische Darstellung konnte individuell gestaltet werden. An der Zeitachse konnte die jeweilige Uhrzeit der Messzyklen abgelesen und das Raster der Zeit-



achse beliebig geändert werden. Der Ladezustand der Akkus konnte bei Anschluss an die Dockingstation anhand eines visuellen Signals überprüft werden.

#### 4.2.3.4 Service

Aufgrund der Anfälligkeit der Messgeräte waren die langen Wartezeiten zur Durchführung von Reparaturen problematisch. Die Geräte konnten hierdurch über mehrere Wochen nicht eingesetzt werden. Dieser Nachteil konnte durch die örtliche Nähe der Firma Maschek eingegrenzt werden. Auch war die Unterstützung durch Experten der LfAS bei der Beurteilung der Messungen förderlich.

#### 4.2.3.5 Wiederholungsmessungen über sieben Tage mit einem Probanden

Es wurden sieben 24-Stunden-Messungen (Montag bis Sonntag) an einem Probanden durchgeführt, um die Reproduzierbarkeit der Messungen zu beurteilen (Abbildung 4-7). Hierbei zeigten sich Hinweise auf eine gute Reproduzierbarkeit während der Werktage (Montag bis Samstag). Am Sonntag war der Anteil der Werte oberhalb der Nachweisgrenze für die Gesamtexposition sowie das D-Netz deutlich niedriger. Wurden die Sonntagsmessungen ausgeschlossen, verbesserte sich der Variationskoeffizient für die Gesamtexposition von 46,5 Prozent auf 20,3 Prozent bzw. für das D-Netz von 48,5 Prozent auf 19,0 Prozent. Für das E-Netz/UMTS-Band veränderte er sich hingegen kaum (66,5 Prozent vs. 57,7 Prozent). Demnach war es sinnvoll, die Messungen an Werktagen durchzuführen. Es sollte jedoch eine weitere Überprüfung der Reproduzierbarkeit an einer größeren Anzahl von Probanden mit unterschiedlicher Exposition durchgeführt werden.

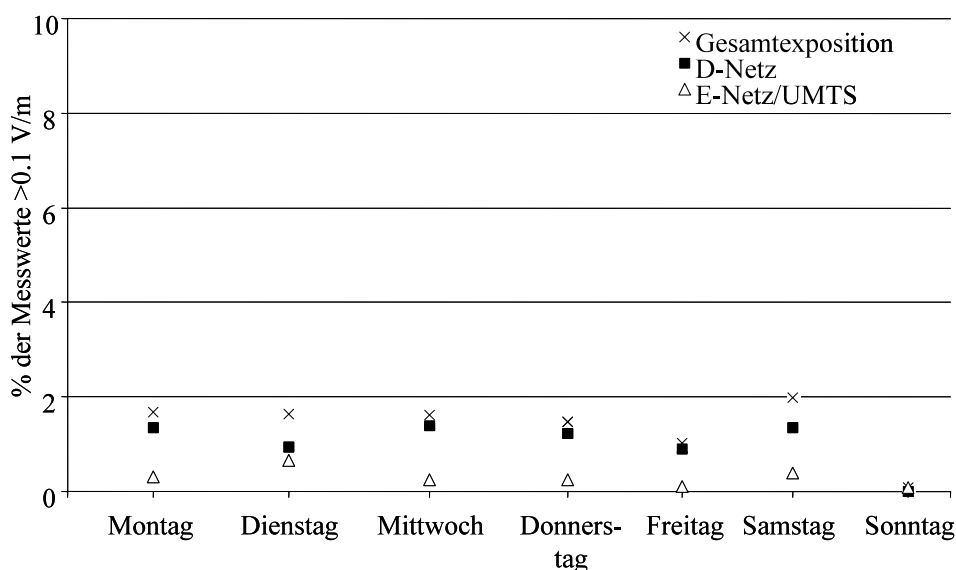


Abbildung 4-7: Reproduzierbarkeit der Messungen über sieben Tage an einem Probanden

### 4.3 Gesundheitliche Situation der Probanden

Zur Beurteilung der gesundheitlichen Situation der Probanden wurden Fragen zur allgemeinen und aktuellen Befindlichkeit, zur subjektiven Beurteilung des Gesundheitsstatus, zur psychischen Gesundheit bzw. zu psychischen Auffälligkeiten sowie zum Schlaf- und Rauchverhalten und der Medikamenteneinnahme gestellt.

#### 4.3.1 Gesundheitsbezogene Lebensqualität

Der allgemeine Gesundheitsstatus wurde durch den „Short Form 12 Health Survey“ (kurz SF-12) erfasst. Dieser aus zwölf Fragen bestehende Katalog wurde aus zwei Subskalen des weitverbreiteten „SF-36 Health Survey“ (mit acht Subskalen) in einer Kurzform zusammengefasst.<sup>(128,119)</sup> Durch die zwölf Fragen konnte ein Summenscore für die körperliche und psychische Größe der Gesundheit ermittelt werden. Dieser Summenscore konnte für die psychische Beurteilung Werte von 6 bis 72 und für die Einschätzung der den körperlichen Zustand betreffenden Werte zwischen 9 und 70 annehmen. Je höher der Scorewert war, desto gesünder war der Proband innerhalb des definierten Bereichs zubeurteilen. Die Mittelwerte, die Standardabweichung sowie die Quartile sind in Tabelle 4-6 abgebildet. Für alle Teilnehmer konnte ein Mittelwert bei der körperlichen Funktionsfähigkeit von 51 errechnet werden, der Median lag bei 53. Bei der Beurteilung der psychischen Gesundheit wurde ein Mittelwert von 53 und der Median bei 56 ermittelt. Somit lagen die Werte der psychischen Gesundheit leicht über den Werten der körperlichen Funktionsfähigkeit. Beide Werte befinden sich im oberen Bereich und lassen somit auf ein Kollektiv schließen, dessen gesundheitliche Situation in körperlicher und psychischer Hinsicht im Allgemeinen als gut bezeichnet werden kann.

**Tabelle 4-6: Körperliche und emotionale Lebensqualität der Probanden (n = 61)**

Subskala SF-12	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	1. Quartil	Median	2. Quartil	Maximum
Körperliche Funktionsfähigkeit	51,4	5,9	25,3	48,2	53,1	55,9	59,1
Psychisches Wohlbefinden	53,4	8,0	22,2	51,8	55,8	57,9	64,2

Wird der Gesundheitsstatus nach dem Expositionsstatus differenziert, so zeigten sich für die psychische Dimension statistisch signifikante Unterschiede. Das psychische Wohlbefinden der höher Exponierten war signifikant um drei Skalenpunkte besser als das der geringer Exponierten. Hingegen zeigte sich ein geringer Unterschied bei der körperlichen Dimension. Der Gesundheitszustand der höher Exponierten war um 1,5 Prozent besser als der niedrig Exponierten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-7 dargestellt.

**Tabelle 4-7: körperliche und psychische Lebensqualität nach Expositionsstatus (n = 61)**

Subskala SF-12	< Median der Exposition				≥ Median der Exposition			
	n	Median	Max.	Min.	n	Median	Max.	Min.
Körperliche Funktionsfähigkeit	30	52,0	59,1	40,0	31	53,5	57,9	25,3
Psychisches Wohlbefinden	30	54,3*	59,8	22,2	31	57,0*	64,2	39,5

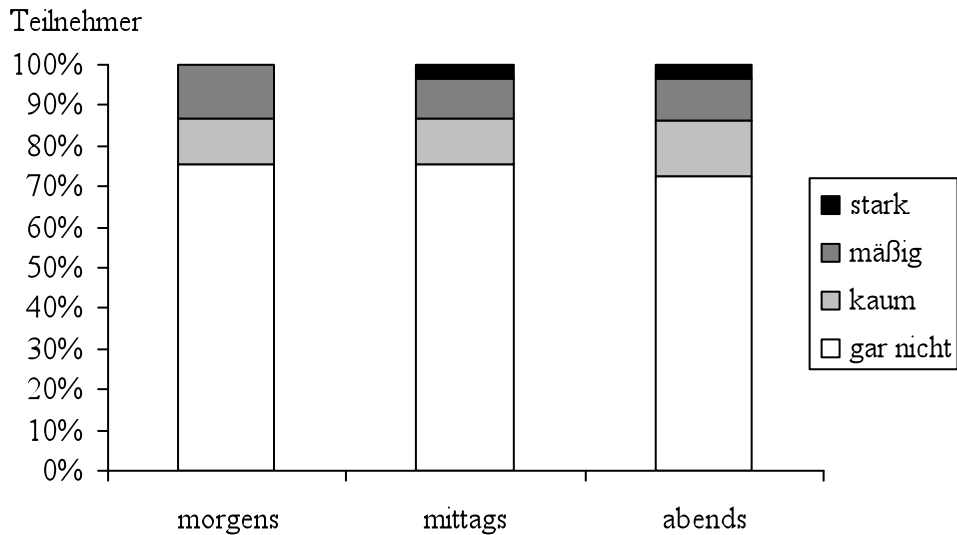
\*p < 0,05 (Mann – Whitney U-Test)

### 4.3.2 Subjektive Beschwerden

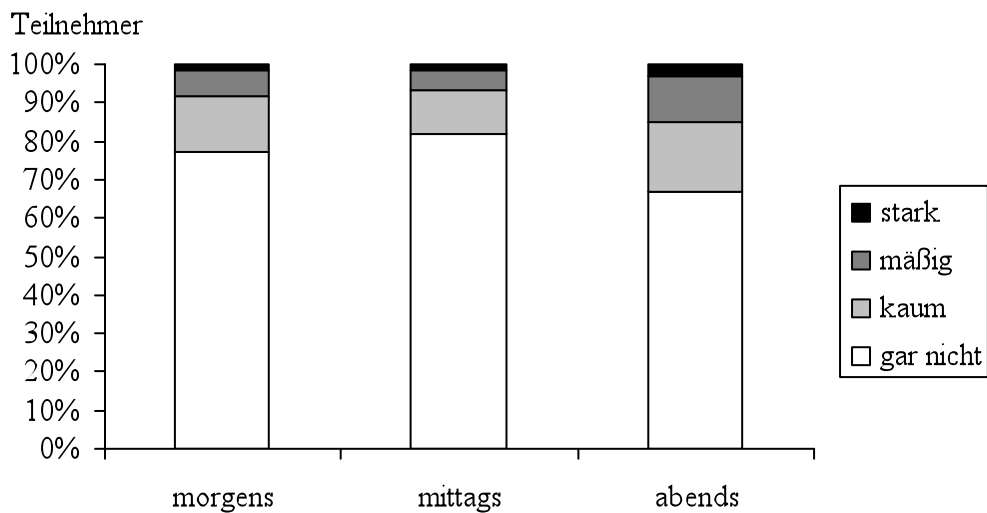
#### 4.3.2.1 Subjektive Beschwerden am Untersuchungstag

Mit dem am Untersuchungstag geführten Symptomtagebuch konnten die Probanden Angaben über eventuell auftretende körperliche Beschwerden machen. Dabei wurde das Symptom als tatsächlich vorhanden angenommen, wenn es vom jeweiligen Teilnehmer mindestens einmal mit der Intensität „mäßig“ oder „stark“ genannt wurde. Somit lagen die Prävalenzen für Schwindelgefühle, Gleichgewichts- und Sehstörungen, Zucken am Auge, Missempfindungen der Zähne, Leib-, Magen- und sonstige Schmerzen, Taubheit in den Händen oder Füßen, Herzrasen und -stechen, Atemnot, Übelkeit, Hauterscheinungen, Hitzegefühl und Niedergeschlagenheit unter 10 Prozent und wurden aufgrund der geringen Fallzahl aus der Auswertung genommen. In Abbildung 4-8 und Abbildung 4-9 sind die relativen Häufigkeiten der Symptome Kopfschmerzen und Schmerzen im Bereich der Schulter und des Nackens in Abhängigkeit zur Tageszeit dargestellt. Die Angaben wurden jeweils mit den Teilnehmern verglichen, deren 24-Stunden-Exposition gegenüber hochfrequenten EMF unterhalb bzw. oberhalb des Medians lag (Siehe hierzu Abbildung 4–10).

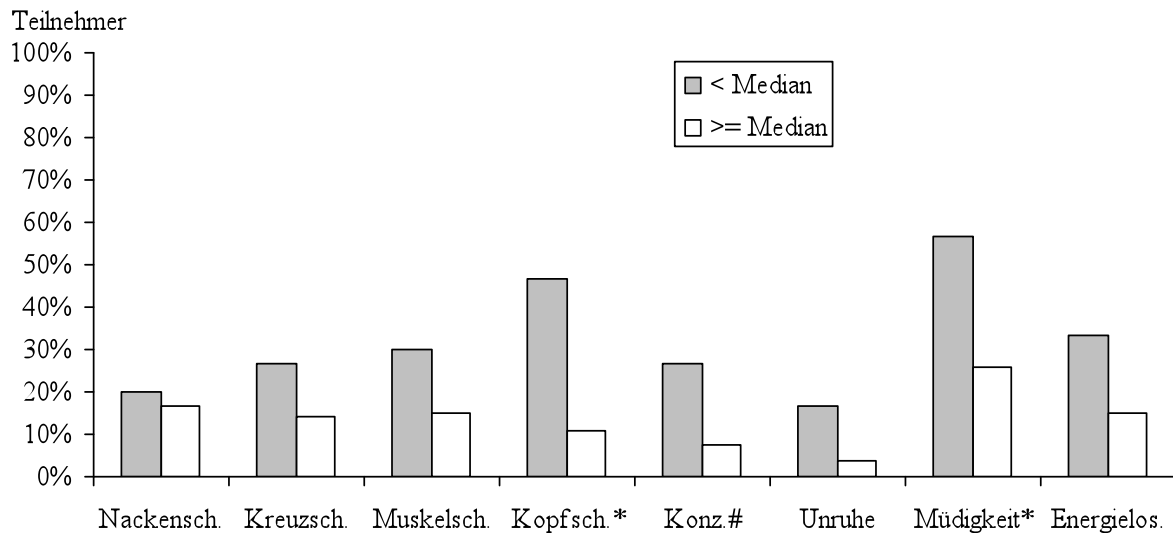
Dabei zeigte sich bei Probanden, die tendenziell höher exponiert waren, eine geringere Prävalenz akuter Symptome. Die Intensität der Symptome Kopfschmerzen und Müdigkeit war statistisch signifikant (47 Prozent vs. 11 Prozent;  $p < 0,05$ ) bzw. (58 Prozent vs. 26 Prozent;  $p < 0,05$ ).



**Abbildung 4-8: Relative Häufigkeit von Kopfschmerzen zu drei Zeitpunkten des Untersuchungstages (n = 61)**



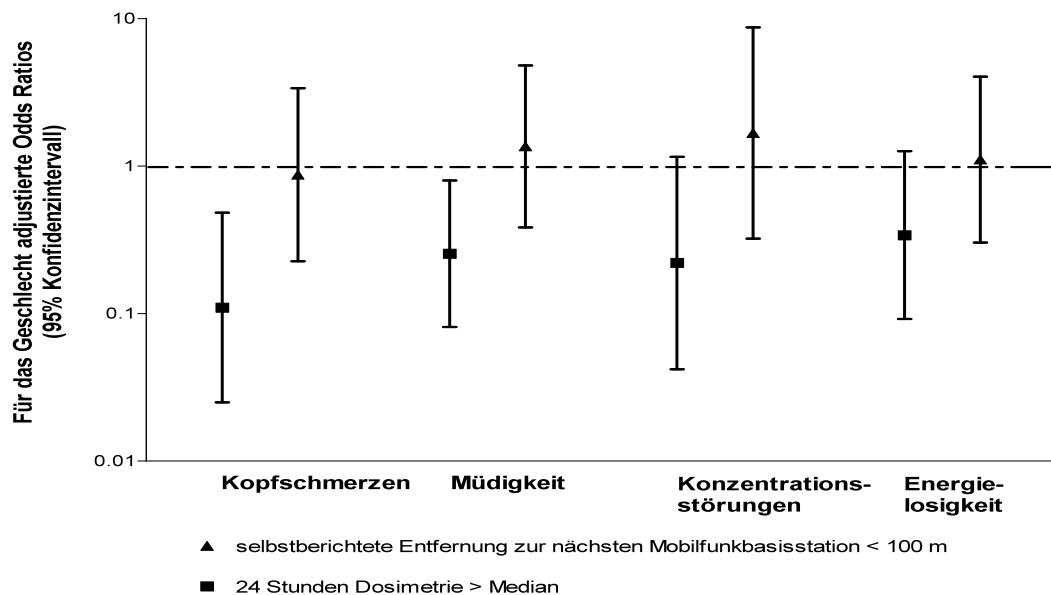
**Abbildung 4-9: Relative Häufigkeit von Schulter- und Nackenschmerzen zu drei Zeitpunkten des Untersuchungstages (n = 61)**



**Abbildung 4-10: Vergleich der relativen Häufigkeit von akuten Beschwerden der Intensität „mäßig“ oder „stark“ für die Probanden mit 24-Stunden-Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern unter bzw. oberhalb des Medians der Verteilung**  
 #p Fischer exakter Test < 0,10; \*p Fischer exakter Test < 0,05, Sch. = Schmerzen, Konz. = Konzentrationsschwierigkeiten, Energielos. = Energielosigkeit

Im nächsten Schritt wurden für die Beschwerden, für die sich ein Zusammenhang in der binären Betrachtung ergab, multiple logistische Regressionsmodelle gebildet.<sup>2</sup> Dabei wurde neben dem Geschlecht auch die selbst eingeschätzte Entfernung der eigenen Wohnung zur nächsten Mobilfunkbasisstation aufgenommen ( $\leq 100$  m vs.  $> 100$  m bzw. „unbekannt“). Wie in Abbildung 4-11 dargestellt, war die mittels Personendosimetrie ermittelte Exposition auch nach Adjustierung invers mit dem Auftreten von Beschwerden assoziiert. Eine vom Probanden selbsteingeschätzte Entfernung der Wohnung zur nächsten Mobilfunkbasisstation kleiner oder gleich 100 Meter ging hingegen tendenziell mit einer erhöhten Odds Ratio einher. Weitergehende Analysen sind aufgrund der limitierten Fallzahl nicht sinnvoll.

<sup>2</sup> Für „Unruhe“ wurde kein Modell entwickelt, da nur 6 Probanden (11 %) über dieses Symptom berichteten.



**Abbildung 4-11: Multiples logistisches Regressionsmodell für die Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (selbst eingeschätzte Entfernung der Wohnung zur nächsten Basisstation  $\leq 100$  m sowie Ergebnis der 24-Stunden-Personendosimeter  $\geq$  Median der Verteilung) und dem Auftreten akuter Beschwerden bei den Probanden. Adjustiert nach Geschlecht (n = 61)**

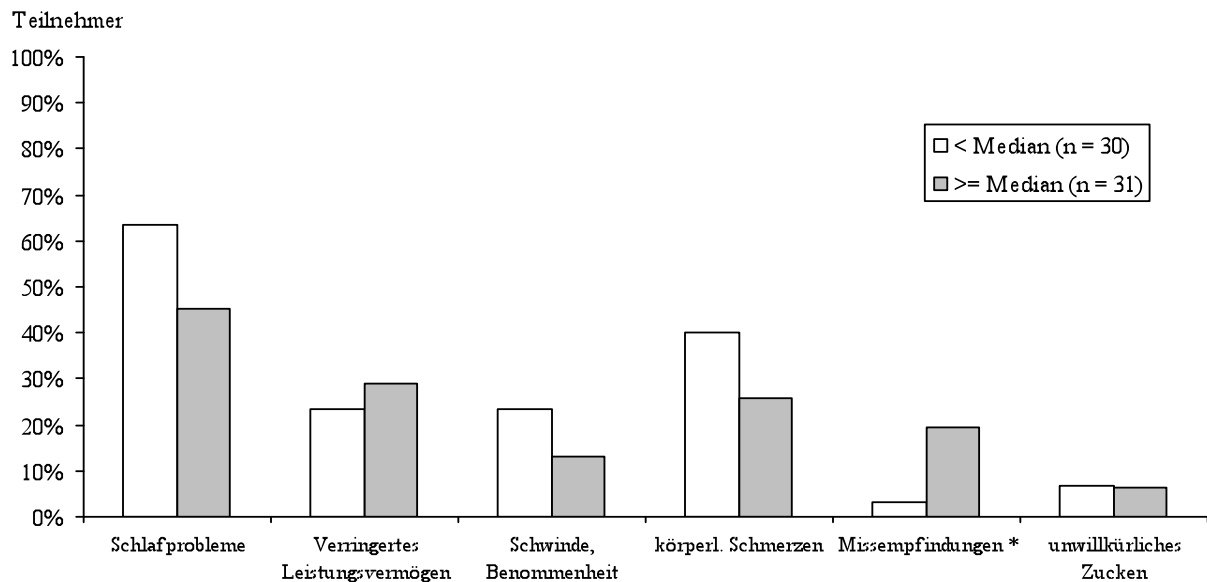
#### 4.3.2.2 Subjektive Beschwerden in den letzten sechs Monaten

Die Freiburger Beschwerdeliste ist ein standardisierter Selbstbeurteilungsfragebogen<sup>(109)</sup> und umfasst Symptome zu den Gruppen „Schlafprobleme“, „verringertes Leistungsvermögen“, „Schwindel, Benommenheit“, „körperliche Schmerzen“, „Missempfindungen in den Extremitäten“ und „unwillkürliches Zucken“. Die Intensität der Beschwerden der letzten sechs Monate wurde mit dem Expositionsprofil gegenüber hochfrequenten EMF verglichen. Die Symptome sind in Tabelle 4-8 zusammengefasst. Die Symptomgruppe wurde dann in die Auswertung aufgenommen, wenn mindestens ein Symptom dieser Gruppe mit der Stärke dreimal pro Woche oder täglich angegeben wurde.

**Tabelle 4-8: Zusammenfassung der subjektiven Beschwerden in den letzten sechs Monaten aus der Freiburger Beschwerde Liste (FBL)**

<b>Symptomgruppe</b>	<b>Einzelitems</b>
Schlafprobleme	Fühlen Sie sich morgens nach dem Aufstehen noch müde und zerschlagen? Haben Sie Schwierigkeiten einzuschlafen? Haben Sie Schwierigkeiten durchzuschlafen?
Verringertes Leistungsvermögen	Ist Ihr körperliches Leistungsvermögen verringert? Ermüden Sie schnell?
Schwindel, Benommenheit	Wird Ihnen schwindelig, wenn Sie sich aus dem Liegen aufrichten? Fühlen Sie sich benommen?
Körperliche Schmerzen	Haben Sie Kopfschmerzen? Haben Sie Bauchschmerzen? Haben Sie Nackenschmerzen? Haben Sie Schulterschmerzen? Haben Sie Kreuzschmerzen? Haben Sie Schmerzen in den Armen?
Missempfindungen in den Extremitäten	Haben Sie Missempfindungen an Ihren Armen oder Händen (z. B. Kribbeln, Prickeln oder Taubheit)? Haben Sie Missempfindungen an Ihren Beinen oder Füßen (z. B. Kribbeln, Prickeln oder Taubheit)?
Unwillkürliches Zucken	Bemerken Sie unwillkürliches Zucken um Ihre Augen? Bemerken Sie unwillkürliches Zucken um Ihren Mund?
Nicht zugeordnet	Haben Sie Appetitmangel? Schlägt Ihr Herz unregelmäßig? Ist Ihnen übel? Juckt Ihre Nase, auch wenn Sie nicht erkältet sind? Spüren Sie Druck hinter den Augen?

Missempfindungen an den Extremitäten wurden von höher exponierten Probanden signifikant häufiger genannt ( $p = 0,05$ ). Schlafprobleme ( $p = 0,15$ ) sowie körperliche Schmerzen ( $p = 0,24$ ) wurden aber tendenziell von Probanden mit einer Exposition  $\geq$  Median seltener genannt als von der Komplementärgruppe (Abbildung 4-12).



**Abbildung 4-12: Vergleich der relativen Häufigkeit von Beschwerden innerhalb der letzten 6 Monate der Intensität „häufig“ für die Probanden mit 24-Stunden-Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern unter bzw. oberhalb des Medians der Verteilung, \* ( $p = 0,050$  Chi<sup>2</sup>-Test)**

### 4.3.3 Soziale Unterstützung

Die Probanden wurden mithilfe des Berliner Social Support Scale (BSSS) hinsichtlich ihres persönlichen Netzwerkes befragt. Die acht Items konnten in die Bereiche emotionale und praktische Unterstützung in Alltagssituationen eingruppiert werden.<sup>(122,123)</sup> Durch Addition der Antworten wurde ein SU-Score (soziale Unterstützung) für jeden Probanden gebildet. Hierbei bedeutete ein hoher Score eine höhere soziale Unterstützung durch das persönliche Netzwerk. Durch Dichotomisierung der Merkmale am Median der Verteilung (Cutpoint) konnten die Befragten mit hoher und geringer sozialer Unterstützung besser voneinander unterschieden werden. Die Befragten wurden am Median des SU-Wertes in Gruppen mit hoher und geringer sozialer Unterstützung dichotomisiert und mit dem Expositionsstatus verglichen.

Hier zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied im Bereich der sozialen Unterstützung.



**Tabelle 4-9: Soziale Unterstützung nach Expositionsstatus**

soziale Unterstützung	Probanden (n = 60; 1 missing)			
	< Median		≥ Median	
	%	n	%	n
hoch	48,3	14	61,3	19
gering	51,7	15	38,7	12

#### 4.3.4 Rauchverhalten und Medikamenteneinnahme

Die Teilnehmer wurden auch zu ihrem aktuellen Rauchverhalten und zur Medikamenteneinnahme befragt. Zum Thema Rauchen wurden ihnen Fragen zum Nikotinkonsum wie auch Fragen zur Anzahl der gerauchten Zigaretten bzw. Zigarrillos, Zigarren oder Pfeifen gestellt. Der „tägliche Nikotinkonsum“ wurde mit „eher niedrig“ eingestuft, wenn der Konsum mit „weniger als 12 Zigaretten pro Tag“ angegeben wurde. Dementsprechend wurde der Nikotinkonsum als „eher hoch“ bei mehr als 12 Zigaretten pro Tag definiert. Der Median des Nikotinkonsums lag bei 12,5 (SD ±12,1) und die Raucher wurden an diesem dichotomisiert. Die bivariaten Analysen zeigten einen statistisch signifikanten erhöhten Anteil an Rauchern in der gering exponierten Gruppe (Tabelle 4-10).

**Tabelle 4-10: Rauchverhalten der Teilnehmer nach Expositionsstatus**

	Probanden (n = 61)			
	< Median		≥ Median	
	%	n	%	n
Raucher	40,0	12	12,9	4 <sup>1</sup>
Nichtraucher	60,0	18	87,1	27
<i>Täglicher Nikotinkonsum</i>				
eher gering	41,7	5	75,0	3
eher hoch	58,3	7	25,0	1

<sup>1</sup> Chi<sup>2</sup>-Test (p = 0,02)

Die Einnahme von Medikamenten zeigte bei der Stratifizierung nach dem Expositionsstatus keinen Zusammenhang. In beiden Gruppen – geringe und hohe Exposition – nahmen 54 Prozent der Probanden Medikamente ein (Daten nicht dargestellt).

#### 4.3.5 Umweltbesorgnis

Das Untersuchungskollektiv wurde mit der 16 Items umfassenden 4-stufigen Skala zu ihrer Umwelteinstellung befragt.<sup>(126)</sup> Durch die entsprechende Addition der Antworten und Division durch die Anzahl der Items konnte ein Gesamtscore mit einem Wertebereich zwischen 0 und 3 für jeden Befragten gebildet werden. Dieser Wert entsprach einem Zustimmungswert, der umso höher ausfiel, desto mehr sich der Teilnehmer Sorgen über die Umwelt machte. Um hier wieder eine eindeutige Unterscheidung zwischen den Probanden mit geringer bzw. hoher Umweltbesorgnis vornehmen zu können, wurde anschließend der Gesamtscore am Median der Gruppe dichotomisiert. Auch hier zeigten sich bei der differenzierten Betrachtung nach Expositionsstatus keine bedeutsamen Zusammenhänge (Tabelle 4-11).

**Tabelle 4-11: Umweltbesorgnis nach Expositionsstatus**

Umweltbesorgnis	Probanden (n = 61)			
	< Median		≥ Median	
	%	n	%	n
hoch	56,7	17	51,6	16
gering	43,3	13	48,4	15

In einem weiteren Schritt wurde die Umweltbesorgnis mit den Angaben zur selbst eingeschätzten Exposition mit den Merkmalen „Entfernung der nächsten Mobilfunkbasisstation von der Wohnung/von der Arbeit“ und „Dauer der Handy-Telefonate pro Tag“ untersucht. Zur Antwort der Frage nach der Entfernung der nächsten Mobilfunkbasisstation standen die folgenden Möglichkeiten den Probanden zur Auswahl: „≤ 100 m“, „101 bis ≤ 500 m“ und „> 500 m“. Bei der Quantifizierung der Handy-Telefonate unterschieden die Teilnehmer zwischen „gar nicht“, „0 bis 5 Minuten“, „5 bis 10 Minuten“ und „mehr als 10 Minuten“. Wie aus Tabelle 4-12 ersichtlich, zeigten sich keine Zusammenhänge.

**Tabelle 4-12: Subjektive Exposition differenziert nach Umweltbesorgnis**

Subjektive Exposition	Teilnehmer (n = 61)			
	< Median: Umweltbesorgnis		≥ Median: Umweltbesorgnis	
	%	n	%	n
<b>Entfernung der Basisstation</b>				
<i>von der Wohnung</i>				
> 500 m	7,2	1	5,9	1
101 – 500 m	57,1	8	52,9	9
≤ 100 m	35,7	5	41,2	7
<i>von der Arbeit</i>				
> 500 m	0,0	0	12,5	1
101 – 500 m	50,0	2	0,0	0
≤ 100 m	50,0	2	87,5	7
<b>Handy-Telefonat</b>				
gar nicht	35,7	10	45,5	15
0 – 5 Minuten	17,9	5	9,1	3
6 – 10 Minuten	21,4	6	9,1	3
> 10 Minuten	25,0	7	36,4	12

#### 4.3.6 Persönlichkeitsmerkmale

Aus dem Freiburger Persönlichkeitsinventar FPI wurden insgesamt vier Skalen mit insgesamt 46 Items zu Extraversion, Lebenszufriedenheit, Beanspruchung und Emotionale Labilität übernommen und in einem Fragebogen zur Untersuchung der Persönlichkeitsmerkmale der Probanden zusammengefasst.<sup>(116)</sup> Auch hier wurden die Einzelitems bei Bejahung der Fragen zu einem Summenscore zusammengefasst und am Median dichotomisiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-13 dargestellt.

Es zeigte sich ein deutlicher Unterschied für die emotionale Labilität, welche statistisch signifikant in Abhängigkeit zum Expositionsstatus ist. Höher exponierte Personen waren signifikant weniger hoch emotional labil als die Personen, die unterhalb des Medians exponiert waren (56,7 Prozent bis 82,8 Prozent;  $p = 0,03$ ).

**Tabelle 4-13: Persönlichkeitsmerkmale nach Expositionsstatus**

Subskalen FPI <sup>1</sup>	< Median der Exposition		≥ Median der Exposition	
	%	n	%	n
<i>Beanspruchung</i>				
hoch	60,0	18	40,0	12
gering	40,0	12	60,0	18
<i>Zufriedenheit</i>				
hoch	51,9	14	50,0	12
gering	48,1	13	50,0	12
<i>Emotionale Labilität</i>				
hoch	82,8	24	56,7	17 <sup>2</sup>
gering	17,2	5	43,3	13
<i>Extraversion</i>				
hoch	51,7	15	53,6	15
gering	48,3	14	46,4	13
<b>Hypochondrie</b>				
eher nein	36,7	11	50,0	15
eher ja	63,3	19	50,0	15
	Median	n	Median	n
<i>Whitley Index</i>	3	30	2,5	30

<sup>1</sup> Freiburger Persönlichkeitsinventar, <sup>2</sup> (p = 0,03)

Zur Beurteilung der hypochondrischen Tendenzen wurde der Whitley Index angewendet.<sup>(118)</sup> Dieser Index wurde aus einem Summenscore der mit „Ja“ (=1) beantworteten Fragen (14 Items) aus den Bereichen „Krankheitsängste“, „somatische Beschwerden“ und „Krankheitsüberzeugung“ gebildet. Im Wertebereich von 0 bis 2 bestand kein Hinweis auf eine hypochondrische Störung. Der Proband konnte so eingeschätzt werden, dass er sich keine unbegründeten Sorgen um seine Gesundheit machte und gut im Einklang mit seinem Körper lebte. Werte ab 8 wurden als klinisch auffällig angenommen. Das arithmetische Mittel des Kollektivs lag bei 3,1 (Standardabweichung ± 2,1), der Median bei 3,0, das Minimum bei 0 und das Maximum bei 9. Bei der Stratifizierung nach dem Expositionsstatus zeigten sich zwischen den beiden Gruppen nur geringe Unterschiede (Tabelle 4-13).

#### **4.3.7 Medienkonsum**

Die Probanden wurden auch zu ihren Gewohnheiten bezüglich ihres Medienkonsums befragt. Dabei war es wichtig, diese Merkmale als mögliche Confounder bei der Untersuchung des Zusammenhangs von Expositionsstatus und gesundheitlichen Beschwerden zu identifizieren, um sie in einer Hauptstudie berücksichtigen zu können.

Die Teilnehmer wurden gefragt, wie viele Stunden pro Tag sie für Fernsehen, Computer, Spielkonsole und Musik während der Arbeitswoche bzw. während des Wochenendes aufwenden. Dabei wurden für die statistische Auswertung von den fünf Antwortmöglichkeiten „gar nicht“, „ungefähr 30 Minuten“, „ungefähr 1 bis 2 Stunden“, „ungefähr 3 bis 4 Stunden“ und „mehr als 4 Stunden“ die letzten 3 Kategorien zu einer Kategorie „1 Stunde und mehr“ zusammengefasst.

In der Gruppe mit der höheren Exposition fanden sich tendenziell mehr Befragte, die täglich eine Stunde und mehr fernsahen (wochentags: 71 Prozent vs. 53 Prozent, am Wochenende: 81 Prozent vs. 77 Prozent, Tabelle 4-14).

**Tabelle 4-14: Medienkonsum der Teilnehmer nach Expositionsstatus**

Probanden (n = 61)	< Median		≥ Median		< Median		≥ Median	
	%	n	%	n	%	n	%	n
	<b>Medienkonsum unter der Woche</b>				<b>Medienkonsum am Wochenende</b>			
<i>Fernsehen/Video</i>								
gar nicht	6,7	2	12,9	4	10,0	3	12,9	4
ca. eine Stunde	40,0	12	16,1	5	13,3	4	6,5	2
1 Stunde und mehr	53,3	16	71,0	22	76,7	23	80,6	25
<i>Spielkonsole</i>								
gar nicht	96,7	29	96,8	30	96,7	29	96,8	30
ca. eine Stunde	3,3	1	3,2	1	3,3	1	3,2	1
1 Stunde und mehr	0,0	0	0	0	0,0	0	0,0	0
<i>Computer / Internet</i>								
gar nicht	20,0	6	29,0	9	30,3	10	41,9	13
ca. eine Stunde	23,3	7	12,9	4	33,3	10	25,8	8
1 Stunde und mehr	56,7	17	58,1	18	33,3	10	32,3	10
<i>Musik hören</i>								
gar nicht	6,7	2	6,5	2	10,0	3	12,9	4
ca. eine Stunde	26,7	8	35,5	11	6,7	2	9,7	3
1 Stunde und mehr	66,7	20	58,1	18	83,3	25	77,4	24

## **5 Diskussion**

Dieses Kapitel bewertet die Ergebnisse dieser Pilotstudie zur Untersuchung von möglichen gesundheitlichen Effekten durch die Exposition gegenüber hochfrequenten EMF mithilfe eines Personendosimeters und geeigneten Fragebogeninstrumenten für eine epidemiologische Beurteilung im Zusammenhang mit der aktuellen Literatur. Dabei wurde das Studiendesign auf Durchführbarkeit im Hinblick auf eine Hauptstudie getestet, um es dann entsprechend anzupassen. Es konnten insgesamt 61 Datensätze von erwachsenen Teilnehmern aus München in die Auswertung aufgenommen werden. Die Messwerte waren innerhalb der gültigen Grenzwerte. Insgesamt konnte das über dem Median exponierte Kollektiv als gesünder eingeschätzt werden. Die Symptome Kopfschmerzen und Müdigkeit wurden in der Gruppe der höher Exponierten signifikant weniger häufig genannt.

### **5.1 Diskussion des methodischen Ansatzes**

#### **5.1.1 Studiendesign**

Die Pilotstudie wurde als Querschnittstudie konzipiert. Vorteil von Querschnittstudien ist die schnelle, kostengünstige Realisierung und die gleichzeitige Überprüfung mehrerer Zielgrößen wie z. B. Kopfschmerzen oder Müdigkeit. Nachteil dieser Art von Studie war allerdings der kurze Messzeitraum (24 Stunden). Um repräsentative Zusammenhänge zwischen subjektiven Beschwerden innerhalb der letzten 6 Monate und einer Exposition durch EMF schließen zu können, müsste die Exposition über ein längeres Zeitfenster bestimmt werden. Wir wiesen jedoch die Teilnehmer während der Messung darauf hin, ihren gewohnten Tagesverlauf (Besorgungen, Arbeit, Mobiltelefonnutzung etc.) nachzugehen. Ob dieser Zeitraum wirklich für das durchschnittliche Expositionsmaß über 6 Monate repräsentativ war, konnte nicht mit Sicherheit bewiesen werden.<sup>(129)</sup> Grundsätzlich sollte für langfristige bzw. chronische Beschwerden eine prospektive Kohortenstudie durchgeführt werden, die aber deutlich zeitaufwendiger, kostenintensiver und für die Probanden nicht zumutbar sind, da die Probanden dafür über einen repräsentativen Zeitraum hinweg das Dosimeter tragen müssten.

Die Auswahl des Studienortes wurde unter anderem aus Gründen der komplexen urbanen Expositionscharakteristik auf zwei Münchner Stadtteile in der Nähe des Institutes durchgeführt (Vgl. Kapitel 1.2 und 1.3). Aktuelle Studien zeigten eine Abhängigkeit zwischen der Siedlungsstruktur und die Sendeleistung von Mobilfunkendgeräten.<sup>(99,98)</sup> Dies hat einen Effekt auf die unterschiedliche Gesamtexposition (Handy und Mobilfunkbasisstation) in ur-

banen und ländlichen Siedlungsstrukturen und sollte in weiteren epidemiologischen Studien berücksichtigt werden.

### **5.1.2 Einsatz des Dosimeters im Feld**

Da kein entsprechendes Dosimeter für die spezifische Anforderungen auf dem Markt vorhanden war, wurde ein Prototyp für diesen Zweck durch ein Ingenieurbüro entwickelt. Die Messgeräte wurden von den Probanden gut akzeptiert, die Messwerte waren reproduzierbar und valide. Der Einsatz des Messgerätes ist im Feld möglich.

Technische Probleme (lose Lötverbindungen, korrodierte Kontakte, fehlender Spritzwasserschutz) der Prototypen müssen noch durch den Hersteller für die Hauptstudie behoben werden. Dabei sollte v. a. die funktionelle Zuverlässigkeit optimiert werden. Auch die Verbesserung des Tragesystems sollte die Akzeptanz noch weiter erhöhen und so die Tragezeit verlängern. Die Probanden neigten dazu, das Messgerät besonders am Abend abzuliegen. Dies zeigte vielleicht eine gewisse Ablehnung gegenüber dem Messgerät, nach dem es tagsüber meistens getragen wurde.

### **5.1.3 Auswertestrategie der Messwerte**

Durch die Verwendung der Schwelle 0,1 V/m lag die Expositionsdauer zwischen 0,1 Prozent und 96,5 Prozent des Tages. Dies zeigt die sehr große Variabilität der Exposition. Die hier angewendete Auswertestrategie (Berechnung des prozentualen Anteils der Messwerte oberhalb der Nachweisgrenze und Einteilung der Probanden am Median der Exposition in zwei Gruppen) ist eine mögliche Abschätzung des Expositionsmaßes. Hier können auch andere Methoden gewählt werden wie z. B. die Expositionswerte kontinuierlich in die Auswertung einzubeziehen oder auch die Ansetzung eines anderen Schwellenwertes. Da aber keine Schwellenwerte in der Literatur bekannt sind, bei denen man mit möglichen adversen gesundheitlichen Effekten zu rechnen hat, ist die Wahl dieses Wertes arbiträr, zumal auch die Exposition weit unterhalb der derzeit vorgeschriebenen Grenzwerte liegt. Eine andere bereits erwähnte Auswertestrategie wäre die Berechnung der kumulativen Dosis.<sup>(130)</sup> Dies brachte aber, wie in Abbildung 4–3 gezeigt, keine zusätzliche Informationen ( $r = 0,847$ ). Die Bildung des Medians aus den einzelnen Messwerten eines Probanden ist nicht geeignet, da dann bei dieser Expositionsabschätzung ca. 95 Prozent der Teilnehmer unterhalb der Nachweisgrenze liegen würden.

Weitere Studien zeigen auch die Problematik mit der Personendosimetrie. Die Messwerte unterliegen einer Schwankung, je nach dem, ob das Gerät am Körper getragen oder z. B.



während der Nacht abgelegt wird. Im getragenen Zustand hat der Körper durch sein Volumen einen abschirmenden Effekt auf das Messgerät, der bei der Auswertung mitberücksichtigt werden muss. Auch im abgelegten Zustand kann das Messgerät an einem Ort aufbewahrt werden, wo sich die Felder gegenseitig durch Reflexionen maximieren oder auch durch Abschirmung minimieren können. Dadurch kann es trotz der guten Erfassung der EMF zu Fehlklassifizierungen kommen. In der Hauptstudie könnte man das Köpervolumen erheben und mit diesen Daten das Expositionsprofil „korrigieren“. Zur Beurteilung der EMF im Schlafzimmer wäre eine Ausmessung des Raumes mit einem Spektrumanalyzer mit „hold min“, „hold peak“-Funktion, Schwenkmessung und Interpolierung der Messwerte je nach Verkehrslast der Basisstation wünschenswert. Der Mittelwert kann dann auch hier das Expositionsprofil entsprechend beeinflussen.<sup>(131,132)</sup>

Durch die geringe Trennschärfe des Messgerätes im E-Netz, UMTS- und DECT-Frequenzbereich war es nicht möglich, die Auswertung Netz spezifisch durchzuführen. Deswegen konnte hier nur der Gesamtfrequenzbereich genutzt werden. Ein anderes Personendosimeter der Firma Satimo (ehemals Antennessa) konnte die einzelnen Frequenzbänder auswerten, war aber im Feldeinsatz nicht zuverlässig und aufgrund des hohen Gewichtes und der Größe nicht praktikabel.<sup>(133)</sup>

Bei der Auswertung der Messwerte wurde nur dieser Frequenzbereich berücksichtigt, der den höchsten Messwert erreichte. Kleinere Messwerte während des gleichen Messintervalls in anderen Frequenzbereichen wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt. Man ging davon aus, dass sich verschiedene Signalstärken in ihrer Wirkung auf die Umwelt nicht summieren. Der höchste Wert wird als umweltwirksam betrachtet. In neueren Arbeiten, in denen die Exposition mit dem Dosimeter abgeschätzt wurde, wurden die Feldstärken einzelner Frequenzbereiche zu einer Gesamtfeldstärke berechnet und somit alle gemessenen Feldstärken in die Expositionsabschätzung aufgenommen.<sup>(130,134)</sup>

#### **5.1.4 Akzeptanz der verwendeten Fragebogeninstrumente**

Die gewählten standardisierten und validierten Fragebogeninstrumente waren im Feld brauchbar. Das Indiz dafür ist die hohe Rate von bearbeiteten bzw. beantworteten Items des Fragebogens. Durch die Verwendung der anerkannten Fragebogeninstrumente (Tabelle 3-3) sind die erhobenen Daten und Ergebnisse besser mit anderen Arbeiten zu vergleichen. Eine Ausnahme war die Angabe zum Haushaltseinkommen, welche von den Probanden nur selten angegeben wurde. Dies ist wahrscheinlich auf die Datenerhebung durch Interview zurückzuführen, da der Interviewer diese persönliche Information mit der Erhebung

erfährt und der Datenschutz aus Sicht des Probanden nicht mehr vorliegt und er deshalb die Antwort auf diese Frage verweigert. Der sozioökonomische Status wirkt sich aufgrund der hohen Anzahl an Teilnehmeranschlüssen und den günstigen Verbindungsentgelten nur noch bedingt auf den Gebrauch von Mobilfunkdiensten aus. Dadurch hätte diese Information die Ergebnisse dieser Arbeit im Sinne eines Confounders nicht gravierend beeinträchtigt. Der zusammengestellte Katalog kann somit für die epidemiologische Untersuchung der Hauptstudie übernommen werden.

Das Symptomtagebuch zur Erfassung akuter Beschwerden während der 24-stündigen Messung war geeignet. Der Inhalt der Liste kann aber gekürzt werden, da zahlreiche Items von weniger als 10 Prozent der Teilnehmer angegeben wurden. Deswegen sollte in einer Hauptstudie der Symptomfragebogen auf die häufig genannten Items beschränkt werden (Kopfschmerzen, Ohrensausen/Tinnitus, Schulter- und Nackenschmerzen, Muskelschmerzen/Verspannungen, Konzentrationsschwierigkeiten, Müdigkeit und Energielosigkeit, Zucken am Auge, Schwindel, Kreuzschmerzen).

Die Instrumente für die soziale Unterstützung, Umweltbesorgnis und Persönlichkeitsmerkmale wurden am Median dichotomisiert. Der Grund hierfür lag in der geringen Besetzung in den oberen Ausprägungskategorien und der daraus entstehenden größeren statistischen Aussagekraft durch zwei gleich große Gruppen. Hierdurch aber konnte keine mögliche Beziehung zwischen Dosis und Wirkung untersucht werden.

## **5.2 Diskussion der Ergebnisse**

### **5.2.1 Teilnahmebereitschaft und Besitz eines Mobiltelefons**

Die Ausschöpfung der Stichprobe für das ausführliche Interview mit Expositionsmessung über 24 Stunden mit 41 Prozent ist im Vergleich zu anderen Studien geringer ausgefallen.<sup>(135,105)</sup> Eine konsequente telefonische Kontaktierung der Teilnehmer hätte die Ausschöpfung der Stichprobe sicher erhöhen können. Ob die Aufwandsentschädigung in Form eines 40 Euro Gutscheins ein Anreiz zur Teilnahme war, lässt sich nicht genau abschätzen. Teilnehmer berichteten während der Feldphase, dass mehr das Interesse zu diesem Thema sowie das Wissen über die eigene Expositionshöhe im Vergleich der anderen Studienteilnehmer für sie im Vordergrund stand. Jeder Teilnehmer hat nach Abschluss der Datenerhebung sein persönliches Expositionsprofil per Post zugesandt bekommen. Die Tendenz, geringere Studienteilnehmer in städtischen Gebieten im Vergleich zu ländlichen zu rekrutieren, zeigt sich auch in der Literatur.<sup>(136,137)</sup>

56 Prozent der eingeladenen Teilnehmer beantworteten den ihnen zugesandten Kurzfragebogen. Dadurch war es nur bedingt möglich, einen Selektionsbias zwischen den Teilnehmern und Nichtteilnehmern abzuschätzen. Auch hier hätte eine konsequente telefonische Einladung zur Teilnahme an der Studie die Zahl der Kurzfragebogen und Probanden möglicherweise erhöhen können. Ob die Kurzfragebögen repräsentativ für die Gruppe der Nichtteilnehmer ist, zeigt sich in der Literatur. Die Variablen für Geschlecht und Alter sind auch bei niedriger Response repräsentativ.<sup>(138)</sup> Inwiefern dies aber für andere Variablen wie Besitz oder Nutzungsdauer eines Mobiltelefons gilt, ist nicht geklärt.

Der Vergleich der Teilnehmer mit den Nichtteilnehmern zeigte eine geringe Teilnahme von Frauen an der Studie. Der Grund hierfür mag vielleicht das erhöhte Interesse von Männern sein. Die Teilnehmer hatten aber, wie in anderen Studien auch, einen höheren Bildungsstand als die Nichtteilnehmer. Des Weiteren nahmen tendenziell mehr Personen an der Pilotstudie teil, die Mobilfunktelefone nutzten und die die Entfernung der Mobilfunkbasisstationen zur Wohnung als gering einschätzten. Man kann davon ausgehen, dass die Ergebnisse eine Überschätzung der Exposition in der Bevölkerung aufzeigen.

Dass die Nutzung der Mobilfunknetze in unserer Gesellschaft akzeptiert ist, konnte man auch am Besitz (93 Prozent der Teilnehmer) eines Mobilfunktelefons erkennen. 67 Prozent der Teilnehmer würden selbst bei gesundheitlichen Effekten abhängig vom Ausmaß nicht sofort die Nutzung einstellen.

### **5.2.2 Ergebnisse der Personendosimetrie und selbst eingeschätzte Exposition gegenüber Mobilfunkfrequenzen**

Die Teilnehmer waren im Durchschnitt 5 Prozent des Messzeitraums EMF der Stärke über der Nachweisgrenze ( $> 0,1\text{V/m}$ ) ausgesetzt. Diese lagen unterhalb den gesetzlichen Vorschriften. Der Hauptanteil entfiel auf das D-Netz. Das E-Netz, DECT-Telefone und WLAN waren nur gering an der Gesamtexposition beteiligt. Dies stimmt in etwa mit den Teilnehmerzahlen der Netzbetreiber überein. Nach dem Jahresbericht 2008 der Bundesnetzagentur telefonierten im Jahr 2008 ca. 70 Prozent der Mobilfunkteilnehmer über T-Mobile und Vodafone/D2. Deren GSM-Netze senden im 900 MHz-Bereich. Da die UMTS-Technologie noch nicht den breiten Markt erobert hat (11 Millionen regelmäßige Teilnehmer im Jahr 2008), ist davon auszugehen, dass der größte Teil des Gesprächsvolumens über den 900-MHz-Frequenzblock übermittelt wird.<sup>(17)</sup>

Die subjektive Angabe der Handynutzung war nicht mit dem Expositionsmaß assoziiert. Man kann daraus schlussfolgern, dass die Nutzung des Mobiltelefons keinen wesentlichen Beitrag zur Gesamtexposition leistete. Da aber das Minutenvolumen der Mobiltelefonie aktuell deutlich gestiegen ist, sollte auch der Beitrag des Mobiltelefons an der Gesamtexposition gestiegen sein.<sup>(17)</sup>

Auch die Exposition zu DECT-Telefonen trug keinen wesentlichen Beitrag (0,8 Prozent des Messzeitraumes  $> 0,1 \text{ V/m}$ ) zur Gesamtexposition bei, obwohl die Teilnehmer die Nutzung dieses Telefons gleich hoch wie die Nutzung des Mobiltelefons angaben. Da DECT-Telefone ihre Sendeleistung nicht wie Mobiltelefone variabel abhängig von der Entfernung zur Basisstation steuern, sondern immer mit maximaler Leistung senden, zeigte sich, dass die Teilnehmer größtenteils nicht zu Hause waren. Obwohl die meisten Teilnehmer im Besitz eines DECT-Telefons waren (77 Prozent), war hier die subjektive Expositionsabschätzung irreführend und vermittelte eine nicht der Realität entsprechende Klassifizierung. Dies unterstreicht die Leistungsfähigkeit der Personendosimetrie.

Zur Überprüfung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der Entfernung der Mobilfunkbasisstationen und der Wohnung oder Arbeitsstelle schätzten die Teilnehmer die Distanzen zwischen beiden Orten. Die subjektiven Angaben, die allerdings nur von wenigen Teilnehmern gemacht wurden, waren schwach mit der Expositionshöhe assoziiert. Aus dem nur schwachen Zusammenhang zwischen selbst eingeschätzter Entfernung und der gemessenen Exposition kann man folgern, dass Distanzangaben zu Basisstationen kein geeignetes Maß zur Expositionsabschätzung sind. Dies zeigte sich schon in zahlreichen anderen Studien und findet durch diese Arbeit nochmals Bestätigung.<sup>(21,47,50)</sup> Dass die Daten hier einen schwachen Zusammenhang zeigen, kann zum einen auf die kleine Studiengruppe und zum anderen auf einen möglichen Sichtkontakt zu den Mobilfunkbasisstationen geführt werden. Hierbei ist aber die komplexe Ausbreitungscharakteristik von EMF zu berücksichtigen, die durch Reflexion die Felder auslösen oder auch verstärken können, ohne dass direkter Sichtkontakt zu einer Mobilfunkbasisstation besteht. (Vgl. Kapitel 1.3)

### **5.2.3 Erste Ergebnisse zur Befindlichkeit des Untersuchungskollektivs**

Die eingesetzten Fragebögen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität zeigten ein Kollektiv mit guter gesundheitlicher Situation.

Es zeichnete sich bei der Erfassung von akuten Symptomen während der 24-stündigen Messung eine hohe Prävalenz für Kopfschmerzen ab (29 Prozent). Dieser Wert ist gut mit den Werten im Bundesgesundheitsurvey vergleichbar, indem die Prävalenz in der Gruppe der Männer bei 22 Prozent und bei den Frauen bei 36 Prozent lag. Man muss aber dabei beachten, dass die Angaben zu Kopfschmerzen innerhalb der letzten sieben Tage in dem Survey berücksichtigt wurden.<sup>(139)</sup> Der Prävalenzzeitraum war somit deutlich länger als in dieser Arbeit (24 Stunden) und man hätte vielleicht geringere Werte erwarten können. Ebenfalls häufig wurden Müdigkeit und Schmerzen im Bereich des Nackens und der Lendenwirbelsäule sowie Muskelschmerzen genannt. Diese Symptome wurden vor allem abends genannt, was vermutlich auf die Belastung während eines Arbeitstages zurückzuführen ist.

Ein- und Durchschlafstörungen werden von 56 Prozent der Teilnehmer als subjektiv empfundene Beschwerden im Verlauf von sechs Monaten genannt. Auch dies stimmt mit dem Bundesgesundheitsurvey von 1998 in etwa überein.<sup>(124)</sup>

Personen mit starker und schwacher Umweltbesorgnis zeigten nur einen geringen Unterschied in der Nutzung des Mobiltelefons und der Einschätzung der Entfernung zur nächsten Mobilfunkbasisstation. Hierin kann man die starke gesellschaftliche Abhängigkeit mit diesem Medium vermuten, sodass auch die Gruppe, die sich vermehrt um die Umwelt sorgt, nicht auf dieses Medium verzichten möchte.<sup>(140)</sup>

### **5.2.4 Erste Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern und Befindlichkeit**

Es zeigt sich ein statistisch signifikanter inverser Zusammenhang zwischen der Gesamtexposition und den akuten Symptomen Kopfschmerzen und Müdigkeit. Nackenschmerzen, Kreuzschmerzen, Muskelschmerzen, Unruhe und Energielosigkeit waren unter den gering exponierten Teilnehmern häufiger, aber ohne Signifikanz zu finden. Das bestätigte sich auch im multiplen logistischen Regressionsmodell für die Symptome Kopfschmerzen, Müdigkeit, Konzentrationsstörungen und Energielosigkeit. Aufgrund der geringen Fallzahl wurden nur das Geschlecht und die subjektiven Angaben zur Entfernung zur nächsten Mobilfunkbasisstation berücksichtigt. Dieser inverse Zusammenhang konnte auch für die Be-

schwerden innerhalb der letzten 6 Monate für die Symptome Schlafprobleme, Schwindel und Schmerz bestätigt werden. Dies sollte in der Hauptstudie unter Berücksichtigung möglicher Confounder überprüft werden.

Die Ergebnisse bestätigen Laboruntersuchungen, die eine Verbesserung der Aufmerksamkeit unter Exposition gegenüber Mobilfunk beobachteten.<sup>(62,141,142)</sup> Dabei ist aber zu erwähnen, dass die Sendeleistung während des Laborversuches deutlich höher waren. Die Expositionswerte unserer Arbeit entsprechen einer längerfristigen Hintergrundbelastung, während die Exposition im Labor auf die Dauer des Tests beschränkt war. Auch wurde die Konzentrationsleistung nicht wie in den genannten Studien objektiv abgeschätzt, sondern die Teilnehmer bewerteten die Konzentrationsleistung selbst. Eine biologische Erklärung für diesen Effekt gibt es nicht, zumal auch die Ergebnisse in anderen Studien nicht wiederholt werden konnten.<sup>(83,143)</sup>

Das multiple logistische Regressionsmodell beschreibt Zusammenhänge zwischen der selbst eingeschätzten Entfernung der Wohnung zu Mobilfunkbasisstationen (< 100 m) und dem Auftreten von Symptomen, die teilweise auch von anderen Arbeiten berichtet werden.<sup>(53,55,62,86,87,144,145,146)</sup> Im Vergleich dazu zeigte die Auswertung nach objektiver Expositionsabschätzung jedoch deutlich kleinere Odds-Ratio-Werte für Kopfschmerzen, Müdigkeit, Konzentrationsstörungen und Energielosigkeit, die deutlich unterhalb 1 lagen. Dies zeigt, dass eine valide und objektive Expositionsabschätzung für die untersuchte Fragestellung von entscheidender Bedeutung ist.

Das Symptom „Missempfindungen in den Extremitäten“ während der letzten 6 Monate vor der Messung wurde vom Kollektiv signifikant häufiger in der Gruppe der höher Exponierten angegeben. Dies deutet eventuell darauf hin, dass diesem Symptom andere Wirkmechanismen zugrunde liegen, zumal Parästhesien in der Literatur häufiger in diesem Zusammenhang genannt werden.<sup>(53,86,144,145)</sup> Auch hier sollte die Hauptstudie zuverlässigere Daten bringen können.

Ein weiteres Ergebnis ist der inverse Zusammenhang zwischen der Gesamtexposition gegenüber EMF und der psychischen Lebensqualität. Die höher exponierte Gruppe wies eine bessere Lebensqualität auf. Hierzu sollte die Hauptstudie überprüfen, ob sozioökonomische Ursachen für diesen Zusammenhang verantwortlich sind. In der Literatur wird das Mobiltelefon als Bereicherung in der interpersonellen Kommunikation beschrieben und, es wirke effektiv Einsamkeit und sozialem Angstverhalten entgegen.<sup>(147,148)</sup>

### **5.2.5 Ausblick**

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das getestete Studiendesign mit den verwendeten Fragebogeninstrumenten und dem Dosimeter für eine Hauptstudie geeignet ist. Der Prototyp der Firma Maschek hat sich im Feld bewährt und konnte die Exposition gut erfassen. Nach der vorgeschlagenen technischen Überarbeitung stellt das Mobilfunkdosimeter ein wichtiges Instrument für epidemiologische Untersuchungen dieser Fragestellung dar.

Aufgrund der limitierten Fallzahl dieser Pilotstudie waren die Effekte zwischen der Exposition und Befindlichkeit nur schwach ausgeprägt. Um diese Effekte zu untersuchen, kann dieses Studiendesign für epidemiologische Studien verwendet werden.

## 6 Zusammenfassung

Mit der kontinuierlichen Ausbaug und Erweiterung von Mobilfunknetzen und deren Leistungsmerkmalen steigt auch die Sorge der Bürger über mögliche akute gesundheitliche Effekte durch hochfrequenten elektromagnetischen Felder (EMF), die von Mobilfunkbasisstationen und von Mobilfunkgeräten ausgehen. Bei dieser Untersuchung handelt es sich um eine Machbarkeitsstudie zur Erprobung eines neu entwickelten Personendosimeters im Feld, um die EMF-Exposition valide abschätzen und mit Angaben zur Gesundheit der Probanden vergleichen zu können.

Zu diesem Zweck wurden 150 Probanden aus München zur Teilnahme eingeladen. Die Teilnehmer trugen das Dosimeter am Oberarm, welches über 24 Stunden ein Expositionsprofil erstellte. Zu Beginn der Messung wurde ein Fragebogen mittels CAPI (Computer Assisted Personal Interview) ausgefüllt, der 161 Fragen zu den Bereichen Handy-Nutzung, allgemeine und aktuelle Befindlichkeit, psychische Gesundheit, Schlafverhalten, Lebensqualität, soziale Unterstützung, Umweltbesorgnis, Einstellung zum Mobilfunk, Soziodemografie, Tabak- und Medienkonsum und Medikamenteneinnahme umfasste. Zur Messung begleitend erstellten die Probanden ein Symptomtagebuch, welches zu drei Tageszeiten (morgens, mittags, abends) aktuelle Symptome abfragte.

Insgesamt lagen 61 vollständige Datensätze von erwachsenen Probanden vor. Es zeigte sich, dass die Messungen alle innerhalb der vom Gesetzgeber festgelegten Grenzen lagen. Das Kollektiv, das über dem Median exponiert war, konnte insgesamt als gesünder eingestuft werden. Dies zeigte sich im Bereich der akuten Beschwerden vor allem für die Symptome Kopfschmerzen und Müdigkeit signifikant (47 % vs. 11 % und 58 % vs. 26 %,  $p < 0,05$ ) erhöht. Dies konnte auch im multiplen logistischen Regressionsmodell gezeigt werden. Hier waren der Zusammenhang zwischen der Exposition und den Symptomen Kopfschmerzen, Müdigkeit, Konzentrationsstörungen und Energielosigkeit invers assoziiert. Allerdings schätzten die über dem Median exponierten Teilnehmer die Entfernung der Wohnung zur nächsten Mobilfunkbasisstation im Vergleich zur unter dem Median exponierten Gruppe geringer ein. Die körperliche und psychische Lebensqualität war für die oberhalb des Medians exponierten Probanden tendenziell besser.

Diese Ergebnisse sind aufgrund der geringen Fallzahl statistisch nicht aussagekräftig und sollten in großem Umfang überprüft werden. Diese Arbeit zeigt, dass die Durchführbarkeit epidemiologischer Untersuchungen mittels Personendosimetrie zur validen Abschätzung der Exposition zu EMF machbar ist.



## 7 Literaturverzeichnis

1. Bayrisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen. Elektromagnetische Felder - Einwirkung auf den Menschen. Retrieved: 2009. [http://www.stmugv.bayern.de/umwelt/elektrosmog/grundlagen/doc/em\\_feld.pdf](http://www.stmugv.bayern.de/umwelt/elektrosmog/grundlagen/doc/em_feld.pdf).
2. Informationszentrum Mobilfunk e.V.(IZMF). Geschichte des Mobilfunks in Deutschland. Retrieved: 2009. <http://www.izmf.de/html/de/705.html>.
3. Bundesnetzagentur. Frequenznutzungsplan. Retrieved: 2009. <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/13358.pdf>.
4. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Festlegung von Grenzwerten. Retrieved: 2009. <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Wirtschaft/Telekommunikation-und-Post/mobilfunk,did=38250.html>.
5. Bundesministerium der Justiz. 26. BImSchV: Grenzwerte für Hochfrequenzanlagen. Retrieved: 2009. [http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv\\_26/anhang\\_1\\_14.html](http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_26/anhang_1_14.html).
6. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - ICNIRP. Retrieved: 2009. <http://www.icnirp.de/>.
7. Lamedschwandner K., Schmid G., and Neubauer G. SAR - Anforderungen an tragbare Funksendegeräte in Europa und USA. Test Kompendium. 2004; 39-41. <http://www.publish-industry.net/media/design-verification/testk2004/tk4a0204.pdf>.
8. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Grenzwerte für Mobiltelefone. Retrieved: 2009. <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Wirtschaft/Telekommunikation-und-Post/mobilfunk,did=38256.html>.
9. Forschungszentrum Jülich. Ionisierende Strahlung. Retrieved: 2009. <http://www.fz-juelich.de/gs/genehmigungen/glossar-strlsch/#Strahlung>.
10. Bundesamt für Strahlenschutz. Grundlagen & Eigenschaften EMF. Retrieved: 2009. [www.bfs.de](http://www.bfs.de).
11. Bundesnetzagentur. Teilnehmerentwicklung im deutschen Mobilfunknetz. Retrieved: 2008. <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/15646.pdf>.
12. Statistisches Bundesamt Deutschland. Einwohnerzahl. Retrieved: 2007. <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Statistiken/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Bevoelkerungsstand.psml>.
13. Bundesverband Informationswirtschaft Telekommunikation und neue Medien e.V. Daten zur Informationsgesellschaft. Retrieved: 2006. [http://www.bitkom.org/de/markt\\_statistik/46261\\_38544.aspx](http://www.bitkom.org/de/markt_statistik/46261_38544.aspx) & [http://www.bitkom.org/de/markt\\_statistik/46261\\_38550.aspx](http://www.bitkom.org/de/markt_statistik/46261_38550.aspx).
14. special eurobarometer. e-communication household survey. Retrieved: 2007. <http://www.pp.inst-informatica.pt/servicos/informacao-e-documentacao/biblioteca-digital/infraestrutura-tecnologica-1/E-Communications%20Household%20Survey2.pdf>.

15. Solon Management Consulting GmbH & Co KG. Marktanalyse Mobilfunk 2010. Retrieved: 24-5-2009. [http://www.solon.de/download\\_secure/Solon\\_Mobilfunk\\_%202010.pdf](http://www.solon.de/download_secure/Solon_Mobilfunk_%202010.pdf).
16. TNS-Infratest. Mobile Marktanalysen und Umfragen. Retrieved: 2009. [http://www.tns-infra-test.com/branchen\\_und\\_maerkte/pdf/TNS\\_Infratest\\_InCom\\_Nutzerprofile\\_Mobiles\\_Internet\\_Produktblatt.pdf](http://www.tns-infra-test.com/branchen_und_maerkte/pdf/TNS_Infratest_InCom_Nutzerprofile_Mobiles_Internet_Produktblatt.pdf).
17. Bundesnetzagentur. Jahresbericht 2008. Retrieved: 13-5-2009. <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/15901.pdf>.
18. Belz, J. Ermittlung der Befürchtung und Ängste der breiten Öffentlichkeit hinsichtlich möglicher Gefahren der hochfrequenten elektromagnetischen Felder des Mobilfunks - jährliche Umfragen -. Retrieved: 2006. [http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/risikokommunikation/risikokommunikation\\_abges/risiko\\_021\\_Bericht\\_voll\\_2006.pdf](http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/risikokommunikation/risikokommunikation_abges/risiko_021_Bericht_voll_2006.pdf).
19. Cardis, E., Richardson, L., Deltour, I., Armstrong, B., Feychting, M., Johansen, C., Kilkenny, M., McKinney, P., Modan, B., Sadetzki, S., Schuz, J., Swerdlow, A., Vrijheid, M., Auvinen, A., Berg, G., Blettner, M., Bowman, J., Brown, J., Chetrit, A., Christensen, H. C., Cook, A., Hepworth, S., Giles, G., Hours, M., Iavarone, I., Jarus-Hakak, A., Klæboe, L., Krewski, D., Lagorio, S., Lonn, S., Mann, S., McBride, M., Muir, K., Nadon, L., Parent, M. E., Pearce, N., Salminen, T., Schoemaker, M., Schlehofer, B., Siemiatycki, J., Taki, M., Takebayashi, T., Tynes, T., van Tongeren, M., Vecchia, P., Wiart, J., Woodward, A., and Yamaguchi, N. The INTERPHONE study: design, epidemiological methods, and description of the study population. *Eur.J.Epidemiol.* 2007; 22:647-664.
20. Cardis, E. and Kilkenny, M. International case-control study of adult brain, head and neck tumors: results of the feasibility study. *Radiation Protection Dosimetry.* 1999; 83:179-83.
21. Christensen, H. C., Schuz, J., Kosteljanetz, M., Poulsen, H. S., Boice, J. D., Jr., McLaughlin, J. K., and Johansen, C. Cellular telephones and risk for brain tumors: a population-based, incident case-control study. *Neurology.* 12-4-2005; 64:1189-1195.
22. Hours, M., Bernard, M., Montestrucq, L., Arslan, M., Bergeret, A., Deltour, I., and Cardis, E. Cell Phones and Risk of brain and acoustic nerve tumours: the French INTERPHONE case-control study. *Rev.Epidemiol.Sante Publique.* 2007; 55:321-332.
23. Klæboe, L., Blaasaas, K. G., and Tynes, T. Use of mobile phones in Norway and risk of intracranial tumours. *Eur.J.Cancer Prev.* 2007; 16:158-164.
24. Lönn, S., Ahlbom, A., Hall, P., and Feychting, M. Long-term mobile phone use and brain tumor risk. *Am.J.Epidemiol.* 15-3-2005; 161:526-535.
25. Schüz, J., Bohler, E., Berg, G., Schlehofer, B., Hettinger, I., Schläefer, K., Wahrendorf, J., Kunna-Grass, K., and Blettner, M. Cellular phones, cordless phones, and the risks of glioma and meningioma (Interphone Study Group, Germany). *Am.J.Epidemiol.* 15-3-2006; 163:512-520.

26. Takebayashi, T., Akiba, S., Kikuchi, Y., Taki, M., Wake, K., Watanabe, S., and Yamaguchi, N. Mobile phone use and acoustic neuroma risk in Japan. *Occup. Environ. Med.* 2006; 63:802-807.
27. Takebayashi, T., Varsier, N., Kikuchi, Y., Wake, K., Taki, M., Watanabe, S., Akiba, S., and Yamaguchi, N. Mobile phone use, exposure to radiofrequency electromagnetic field, and brain tumour: a case-control study. *Br.J.Cancer.* 12-2-2008; 98:652-659.
28. Hardell, L., Carlberg, M., and Hansson, Mild K. Pooled analysis of two case-control studies on the use of cellular and cordless telephones and the risk of benign brain tumours diagnosed during 1997-2003. *Int.J.Oncol.* 2006; 28:509-518.
29. Hardell, L., Carlberg, M., and Hansson, Mild K. Pooled analysis of two case-control studies on use of cellular and cordless telephones and the risk for malignant brain tumours diagnosed in 1997-2003. *Int.Arch.Occup.Environ.Health.* 2006; 79:630-639.
30. Hardell, L., Carlberg, M., and Mild, K. H. Case-control study of the association between the use of cellular and cordless telephones and malignant brain tumors diagnosed during 2000-2003. *Environ.Res.* 2006; 100:232-241.
31. Hardell, L., Carlberg, M., Soderqvist, F., Mild, K. H., and Morgan, L. L. Long-term use of cellular phones and brain tumours: increased risk associated with use for > or =10 years. *Occup. Environ. Med.* 2007; 64:626-632.
32. Hardell, L., Carlberg, M., Soderqvist, F., and Hansson, Mild K. Meta-analysis of long-term mobile phone use and the association with brain tumours. *Int.J.Oncol.* 2008; 32:1097-1103.
33. Hepworth, S. J., Schoemaker, M. J., Muir, K. R., Swerdlow, A. J., van Tongeren, M. J., and McKinney, P. A. Mobile phone use and risk of glioma in adults: case-control study. *BMJ.* 15-4-2006; 332:883-887.
34. Schoemaker, M. J., Swerdlow, A. J., Ahlbom, A., Auvinen, A., Blaasaas, K. G., Cardis, E., Christensen, H. C., Feychting, M., Hepworth, S. J., Johansen, C., Klæboe, L., Lonn, S., McKinney, P. A., Muir, K., Raitanen, J., Salminen, T., Thomsen, J., and Tynes, T. Mobile phone use and risk of acoustic neuroma: results of the Interphone case-control study in five North European countries. *Br.J Cancer.* 3-10-2005; 93:842-848.
35. Schlehofer, B., Schlaefer, K., Blettner, M., Berg, G., Bohler, E., Hettinger, I., Kunna-Grass, K., Wahrendorf, J., and Schuz, J. Environmental risk factors for sporadic acoustic neuroma (Interphone Study Group, Germany). *Eur.J Cancer.* 2007; 43:1741-1747.
36. Hardell, L., Carlberg, M., and Hansson, Mild K. Epidemiological evidence for an association between use of wireless phones and tumor diseases. *Pathophysiology.* 4-3-2009;
37. Hardell, L. and Sage, C. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. *Biomed.Pharmacother.* 2008; 62:104-109.
38. Lönn, S., Ahlbom, A., and Hall, P. Long-term mobile phone use and brain tumor risk. *Authors Reply. Am.J.Epidemiol.* 2005; 162:599-605.

39. Hardell, L., Mild, K. H., and Kundi, M. Re: "Long-term mobile phone use and brain tumor risk." (Letter). *Am J Epidemiol.* 2005; 162:600-1.
40. Hardell, L., Hallquist, A., Hansson, Mild K., Carlberg, M., Gertzen, H., Schildt, E. B., and Dahlqvist, A. No association between the use of cellular or cordless telephones and salivary gland tumours. *Occup. Environ. Med.* 2004; 61:675-679.
41. Lönn, S., Ahlbom, A., Christensen, H. C., Johansen, C., Schuz, J., Edstrom, S., Henriksson, G., Lundgren, J., Wennerberg, J., and Feychting, M. Mobile phone use and risk of parotid gland tumor. *Am J Epidemiol.* 1-10-2006; 164:637-643.
42. Sadetzki, S., Chetrit, A., Jarus-Hakak, A., Cardis, E., Deutch, Y., Duvdevani, S., Zultan, A., Novikov, I., Freedman, L., and Wolf, M. Cellular phone use and risk of benign and malignant parotid gland tumors--a nationwide case-control study. *Am. J. Epidemiol.* 15-2-2008; 167:457-467.
43. Hardell, L., Carlberg, M., Ohlson, C. G., Westberg, H., Eriksson, M., and Hansson, Mild K. Use of cellular and cordless telephones and risk of testicular cancer. *Int. J. Androl.* 2007; 30:115-122.
44. Stang, A., Schmidt-Pokrzywniak, A., Lash, T. L., Lommatzsch, P. K., Taubert, G., Bornfeld, N., and Jockel, K. H. Mobile phone use and risk of uveal melanoma: results of the risk factors for uveal melanoma case-control study. *J Natl. Cancer Inst.* 21-1-2009; 101:120-123.
45. Agarwal, A., Desai, N. R., Ruffoli, R., and Carpi, A. Lifestyle and testicular dysfunction: a brief update. *Biomed. Pharmacother.* 2008; 62:550-553.
46. Agarwal, A., Deepinder, F., Sharma, R. K., Ranga, G., and Li, J. Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. *Fertil. Steril.* 2008; 89:124-128.
47. Aitken, R. J., Bennetts, L. E., Sawyer, D., Wiklendt, A. M., and King, B. V. Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline. *Int. J. Androl.* 2005; 28:171-179.
48. Baste, V., Riise, T., and Moen, B. E. Radiofrequency electromagnetic fields; male infertility and sex ratio of offspring. *Eur. J Epidemiol.* 2008; 23:369-377.
49. Schüz, J. and Johansen, C. A comparison of self-reported cellular telephone use with subscriber data: agreement between the two methods and implications for risk estimation. *Bioelectromagnetics.* 2007; 28:130-136.
50. Vrijheid, M., Armstrong, B. K., Bedard, D., Brown, J., Deltour, I., Iavarone, I., Krewski, D., Lagorio, S., Moore, S., Richardson, L., Giles, G. G., McBride, M., Parent, M. E., Siemiatycki, J., and Cardis, E. Recall bias in the assessment of exposure to mobile phones. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 21-5-2008;
51. Vrijheid, M., Richardson, L., Armstrong, B. K., Auvinen, A., Berg, G., Carroll, M., Chetrit, A., Deltour, I., Feychting, M., Giles, G. G., Hours, M., Iavarone, I., Lagorio, S., Lonn, S., McBride, M., Parent, M. E., Sadetzki, S., Salminen, T., Sanchez, M., Schlehofer, B., Schuz, J., Siemiatycki, J., Tynes, T., Woodward, A., Yamaguchi, N., and Cardis, E. Quantifying the impact of selection bias caused by nonparticipation in a case-control study of mobile phone use. *Ann. Epidemiol.* 2009; 19:33-41.

52. Kundi, M. The controversy about a possible relationship between mobile phone use and cancer. *Environ.Health Perspect.* 2009; 117:316-324.
53. Hocking, B. Preliminary report: symptoms associated with mobile phone use. *Occup.Med (Lond).* 1998; 48:357-360.
54. Nowak, D. and Radon, K. Electromagnetic pollution (electrosmog)--potential hazards of our electromagnetic future. *MMW.Fortschr.Med.* 26-2-2004; 146:38-40.
55. Oftedal, G., Wilen, J., Sandstrom, M., and Mild, K. H. Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occup.Med (Lond).* 2000; 50:237-245.
56. Davidson, H. C. and Lutman, M. E. Survey of mobile phone use and their chronic effects on the hearing of a student population. *Int.J.Audiol.* 2007; 46:113-118.
57. Huss, A. and Roosli, M. Consultations in primary care for symptoms attributed to electromagnetic fields--a survey among general practitioners. *BMC.Public Health.* 2006; 6:267-
58. Loughran, S. P., Wood, A. W., Barton, J. M., Croft, R. J., Thompson, B., and Stough, C. The effect of electromagnetic fields emitted by mobile phones on human sleep. *Neuroreport.* 28-11-2005; 16:1973-1976.
59. Mortazavi, S. M., Ahmadi, J., and Shariati, M. Prevalence of subjective poor health symptoms associated with exposure to electromagnetic fields among university students. *Bioelectromagnetics.* 2007; 28:326-330.
60. Oftedal, G., Straume, A., Johnsson, A., and Stovner, L. J. Mobile phone headache: a double blind, sham-controlled provocation study. *Cephalalgia.* 2007; 27:447-455.
61. Söderqvist, F., Carlberg, M., and Hardell, L. Use of wireless telephones and self-reported health symptoms: a population-based study among Swedish adolescents aged 15-19 years. *Environ.Health.* 2008; 7:18
62. Koivisto, M., Haarala, C., Krause, C. M., Revonsuo, A., Laine, M., and Hama-lainen, H. GSM phone signal does not produce subjective symptoms. *Bioelectro-magnetics.* 2001; 22:212-215.
63. Cinel, C., Russo, R., Boldini, A., and Fox, E. Exposure to mobile phone electro-magnetic fields and subjective symptoms: a double-blind study. *Psychosom.Med.* 2008; 70:345-348.
64. Heinrich S, Ossig A, Schlittmeier S, and Hellbrück J. Elektromagnetische felder einer UMTS-mobilfunkbasisstation und mögliche Auswirkungen auf die Befind-lichkeit - Eine experimentelle Felduntersuchung. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis.* 2007; 12(3):171-80.
65. Stovner, L. J., Oftedal, G., Straume, A., and Johnsson, A. Nocebo as headache trig-ger: evidence from a sham-controlled provocation study with RF fields. *Acta Neu-rol.Scand.Suppl.* 2008; 188:67-71.
66. Radon K and Maschke Ch. Gibt es Elektrosensibilität im D-Netzbereich: Ein 3 - AFC - Doppelblindversuch. *Umwelt Med Forsch Prax.* 1998; 3:125-9.

67. Rubin, G. J., Hahn, G., Everitt, B. S., Cleare, A. J., and Wessely, S. Are some people sensitive to mobile phone signals? Within participants double blind randomised provocation study. *BMJ*. 15-4-2006; 332:886-891.
68. Kim, D. W., Lee, J. H., Ji, H. C., Kim, S. C., Nam, K. C., and Cha, E. J. Physiological effects of RF exposure on hypersensitive people by a cell phone. *Conf.Proc.IEEE Eng Med Biol.Soc.* 2008; 2008:2322-2325.
69. Leitgeb N, Friedrich G, Hamnerius Y, Hietanen M, McManus T, de Seze R, Thuroczy G, Vecchia P, Verschaeve L, and Wiart J. Scientific Comment on Epidemiologic Studies on the Health Impact of Mobile Communication Basestations. Retrieved: 2002. <http://www.cost281.org/activities/comment-epi-basestations.pdf>.
70. Braune, S., Riedel, A., Schulte-Monting, J., and Raczek, J. Influence of a radiofrequency electromagnetic field on cardiovascular and hormonal parameters of the autonomic nervous system in healthy individuals. *Radiat.Res.* 2002; 158:352-356.
71. Mann, K., Roschke, J., Connemann, B., and Beta, H. No effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on heart rate variability during human sleep. *Neuropsychobiology*. 1998; 38:251-256.
72. Leitgeb N, Schröttner J, Cech R, and Kerbl R. EMF-protection sleep study near mobile phone base stations. *Somnologie - Schlafforschung und Schlafmedizin*. 2008; 12(3):234-43.
73. Fritzer, G., Goder, R., Friege, L., Wachter, J., Hansen, V., Hinze-Selch, D., and Aldenhoff, J. B. Effects of short- and long-term pulsed radiofrequency electromagnetic fields on night sleep and cognitive functions in healthy subjects. *Bioelectromagnetics*. 2007; 28:316-325.
74. Croft, R. J., Chandler, J. S., Burgess, A. P., Barry, R. J., Williams, J. D., and Clarke, A. R. Acute mobile phone operation affects neural function in humans. *Clin.Neurophysiol.* 2002; 113:1623-1632.
75. Curcio, G., Ferrara, M., Moroni, F., D'Inzeo, G., Bertini, M., and De Gennaro, L. Is the brain influenced by a phone call? An EEG study of resting wakefulness. *Neurosci.Res.* 2005; 53:265-270.
76. D'Costa, H., Trueman, G., Tang, L., Abdel-rahman, U., Abdel-rahman, W., Ong, K., and Cosic, I. Human brain wave activity during exposure to radiofrequency field emissions from mobile phones. *Australas.Phys.Eng Sci.Med.* 2003; 26:162-167.
77. Ferreri, F., Curcio, G., Pasqualetti, P., De Gennaro, L., Fini, R., and Rossini, P. M. Mobile phone emissions and human brain excitability. *Ann.Neurol.* 2006; 60:188-196.
78. Krause, C. M., Pesonen, M., Haarala, Bjornberg C., and Hamalainen, H. Effects of pulsed and continuous wave 902 MHz mobile phone exposure on brain oscillatory activity during cognitive processing. *Bioelectromagnetics*. 2007; 28:296-308.
79. Croft, R. J., Hamblin, D. L., Spong, J., Wood, A. W., McKenzie, R. J., and Stough, C. The effect of mobile phone electromagnetic fields on the alpha rhythm of human electroencephalogram. *Bioelectromagnetics*. 2008; 29:1-10.

80. Ozturan, O., Erdem, T., Miman, M. C., Kalcioğlu, M. T., and Oncel, S. Effects of the electromagnetic field of mobile telephones on hearing. *Acta Otolaryngol.* 2002; 122:289-293.
81. Bamiou, D. E., Ceranic, B., Cox, R., Watt, H., Chadwick, P., and Luxon, L. M. Mobile telephone use effects on peripheral audiovestibular function: a case-control study. *Bioelectromagnetics.* 2008; 29:108-117.
82. Lee, T. M., Lam, P. K., Yee, L. T., and Chan, C. C. The effect of the duration of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport.* 18-7-2003; 14:1361-1364.
83. Preece, A. W., Goodfellow, S., Wright, M. G., Butler, S. R., Dunn, E. J., Johnson, Y., Manktelow, T. C., and Wesnes, K. Effect of 902 MHz mobile phone transmission on cognitive function in children. *Bioelectromagnetics.* 2005; Suppl 7:S138-S143.
84. Kleinlogel, H., Dierks, T., Koenig, T., Lehmann, H., Minder, A., and Berz, R. Effects of weak mobile phone - electromagnetic fields (GSM, UMTS) on event related potentials and cognitive functions. *Bioelectromagnetics.* 2008; 29:488-497.
85. Barth, A., Winker, R., Ponocny-Seliger, E., Mayrhofer, W., Ponocny, I., Sauter, C., and Vana, N. A meta-analysis for neurobehavioural effects due to electromagnetic field exposure emitted by GSM mobile phones. *Occup. Environ. Med.* 2008; 65:342-346.
86. Hocking, B. and Westerman, R. Neurological changes induced by a mobile phone. *Occup. Med (Lond).* 2002; 52:413-415.
87. Sandstrom, M., Wilen, J., Oftedal, G., and Hansson, Mild K. Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. *Occup. Med (Lond).* 2001; 51:25-35.
88. Vrijheid, M., Cardis, E., Armstrong, B. K., Auvinen, A., Berg, G., Blaasaas, K. G., Brown, J., Carroll, M., Chetrit, A., Christensen, H. C., Deltour, I., Feychting, M., Giles, G. G., Hepworth, S. J., Hours, M., Iavarone, I., Johansen, C., Klæboe, L., Kurttio, P., Lagorio, S., Lonn, S., McKinney, P. A., Montestrucq, L., Parslow, R. C., Richardson, L., Sadetzki, S., Salminen, T., Schuz, J., Tynes, T., and Woodward, A. Validation of short term recall of mobile phone use for the Interphone study. *Occup. Environ. Med.* 2006; 63:237-243.
89. Parslow, R. C., Hepworth, S. J., and McKinney, P. A. Recall of past use of mobile phone handsets. *Radiat. Prot. Dosimetry.* 2003; 106:233-240.
90. Bundesverfassungsgericht. Verkehrsdatenspeicherung für Prepaidkunden. Retrieved: 23-5-2009.  
[http://www.bundesverfassungsgericht.de/entscheidungen/rk20061027\\_1bvr181199.html](http://www.bundesverfassungsgericht.de/entscheidungen/rk20061027_1bvr181199.html).
91. Hutter, H. P., Moshhammer, H., Wallner, P., and Kundi, M. Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup. Environ. Med.* 2006; 63:307-313.
92. Hutter, H. P., Moshhammer, H., and Kundi, M. Mobilfunk-Basisstationen: Erste Ergebnisse von zwei Feldstudien. *Umwelt Med Forsch Prax.* 2002; 4:213-16.

93. Bornkessel, C., Schubert, M., Wuschek, M., and Schmidt, P. Determination of the general public exposure around GSM and UMTS base stations. *Radiat.Prot.Dosimetry*. 2007; 124:40-47.
94. Santini, R., Santini, P., Danze, J. M., Le Ruz, P., and Seigne, M. Investigation on the health of people living near mobile telephone relay stations: I/Incidence according to distance and sex. *Pathol.Biol.(Paris)*. 2002; 50:369-373.
95. Bornkessel C, Wuschek M, Schramm A, Neikes M, Schubert M, and Schmidt P. Elektromagnetische Felder in NRW - Untersuchung der Immissionen durch Mobilfunk Basisstationen. Retrieved: 2005.  
[http://www.munlv.nrw.de/umwelt/pdf/feldmessungen\\_umts.pdf](http://www.munlv.nrw.de/umwelt/pdf/feldmessungen_umts.pdf).
96. Schuz, J. and Mann, S. A discussion of potential exposure metrics for use in epidemiological studies on human exposure to radiowaves from mobile phone base stations. *J.Expo.Anal.Environ.Epidemiol.* 2000; 10:600-605.
97. Bayrisches Landesamt für Umwelt. Förderung der Erfassung elektromagnetischer Felder (FEE). Retrieved: 19-5-2009.  
[http://www.izmf.de/download/downloads/Broschuere\\_Wissenschaft\\_Vertrauen.pdf](http://www.izmf.de/download/downloads/Broschuere_Wissenschaft_Vertrauen.pdf).
98. Lönn, S., Forssen, U., Vecchia, P., Ahlbom, A., and Feychting, M. Output power levels from mobile phones in different geographical areas; implications for exposure assessment. *Occup.Environ.Med.* 2004; 61:769-772.
99. Hillert, L., Ahlbom, A., Neasham, D., Feychting, M., Jarup, L., Navin, R., and Elliott, P. Call-related factors influencing output power from mobile phones. *J Expo.Sci.Environ.Epidemiol.* 2006; 16:507-514.
100. Berg, G., Schuz, J., Samkange-Zeeb, F., and Blettner, M. Assessment of radiofrequency exposure from cellular telephone daily use in an epidemiological study: German Validation study of the international case-control study of cancers of the brain--INTERPHONE-Study. *J Expo.Anal.Environ.Epidemiol.* 2005; 15:217-224.
101. Inyang, I., Benke, G., McKenzie, R., and Abramson, M. Comparison of measuring instruments for radiofrequency radiation from mobile telephones in epidemiological studies: implications for exposure assessment. *J Expo.Sci.Environ.Epidemiol.* 2008; 18:134-141.
102. Schüz J. and Michaelis J. Untersuchung zur Machbarkeit von epidemiologischen Studien zur Nutzung von Mobiltelefonen, der nicht - beruflichen Exposition durch Mobilfunk-Basisstationen und dem Auftreten von Tumoren im Kopfbereich und anderen Gesundheitsschäden. Abschlussbericht. 1999;
103. Karg L and Henckel D. Jahresgutachten 2003 zur Umsetzung der Zusagen der Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber. Retrieved: 2003.  
<http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/jahresgutachten.pdf>.
104. Maschek Elektronik. ESM-140 Mobile-Phone Dosimeter. Retrieved: 2009.  
<http://www.maschek.de/pdf/ESM-140-uk.pdf>.
105. Haugland S, Wold B, Stevenson J, Aaroe LE, and Woynarowska B. Subjective health complaints in adolescence: A cross-national comparison of prevalence and dimensionality. *European Journal of Public Health.* 2001; 11(3):4-10.



106. Haugland, S. and Wold, B. Subjective health complaints in adolescence--reliability and validity of survey methods. *J Adolesc.* 2001; 24:611-624.
107. I+G Gesundheitsforschung 2001. Institut für angewandte Sozialwissenschaft. 2003;
108. Hiller W. Die Freiburger Beschwerdenliste (FBL), Form FBL-G und revidierte Form FBL-R. *Zeitschrift für klinische Psychologie.* 1997; 26:309-311.
109. Fahrenberg J. Freiburger Beschwerdeliste FBL. Hogrefe Verlag Göttingen. 1994;
110. Zerssen D v. Die Beschwerdeliste-Manual. Beltz Test GmbH, Weinheim. 1976;
111. Derogatis, L. R., Rickels, K., and Rock, A. F. The SCL-90 and the MMPI: a step in the validation of a new self-report scale. *Br.J.Psychiatry.* 1976; 128:280-289.
112. Fortin, M. F., Coutu-Wakulczyk, G., and Engelsmann, F. Contribution to the validation of the SCL-90-R in French-speaking women. *Health Care Women Int.* 1989; 10:27-41.
113. Hardt, J., Gerbershagen, H. U., and Franke, P. The symptom check-list, SCL-90-R: its use and characteristics in chronic pain patients. *Eur.J.Pain.* 2000; 4:137-148.
114. Hessel, A., Geyer, M., and Brahler, E. Psychiatric problems in the elderly--standardization of the Symptom Check List SCL-90-R in patients over 60 years of age. *Z.Gerontol.Geriatr.* 2001; 34:498-508.
115. Vorvolakos, T., Samakouri, M., Xenitidis, K., Perentzi, M., Tzavaras, N., and Livaditis, M. Reliability and validity of the Greek version of the Derogatis Psychiatric Rating Scale (DPRS). *Int.J.Soc.Psychiatry.* 2006; 52:501-511.
116. Fahrenberg J., Hampel R, and Selg H. Das Freiburger Persönlichkeitsinventar (FPI). 6 Auflage. Hogrefe Verlag Göttingen. 1994;
117. Süllwold F. Das Hypochondrie-Hysterie Inventar. (HHI). Hogrefe Verlag Göttingen. 1995;
118. Hinz A., Rief W., and Brähler E. Hypochondrie in der Allgemeinbevölkerung und Normierung des Whiteley-Index. *Diagnostica.* 2003; 49:34-42.
119. Ware, J., Jr., Kosinski, M., and Keller, S. D. A 12-Item Short-Form Health Survey: construction of scales and preliminary tests of reliability and validity. *Med Care.* 1996; 34:220-233.
120. Kuhl, H.-C., Farin, E., and Follert, P. Die Messung von Rehabilitationsergebnissen mit dem IRES und dem SF-12. Vor- und Nachteile unterschiedlich umfangreicher Erhebungsinstrumente in der Qualitätssicherung. *Phys Med Rehab Kuror.* 2004; 14:236-242. [http://www.ukl.uni-freiburg.de/aqms/live/Download/2004/Kuhl\\_Farin\\_2004.pdf](http://www.ukl.uni-freiburg.de/aqms/live/Download/2004/Kuhl_Farin_2004.pdf).
121. Donald C.A. and Ware J.E. The measurement of social support. *Research in Community and Mental Health.* 1984; 4:325-370.
122. Knoll N. and Kienle R. Self-report questionnaires for the assessment of social support: An overview. *Zeitschrift für Medizinische Psychologie.* 2007; 16(1-2):57-71.
123. Schulz U. and Schwarzer R. Soziale Unterstützung bei der Krankheitsbewältigung: Die Berliner Social Support Skalen (BSSS). *Diagnostica.* 2003; 49:73-82.

124. Bellach B.M., Knopf H., and Thefeld W. Der Bundesgesundheitsurvey 1997/1998. 1998:59-68.
125. Bowler R. and Schwarzer R. Environmental anxiety: Assessing emotional distress and concerns after toxin exposure. *Anxiety Research*. 1991; 4(2):167-180.
126. Hodapp F., Neuhan HF, and Reinschmidt U. Evaluation eines Fragebogens zur Erfassung von Umweltbesorgnis. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*. 1996; 4(1):22-36.
127. Robert Koch Institute. Kinder- und Jugendsurvey KiGGS. Retrieved: 2009. [http://www.kiggs.de/experten/wissen\\_beirat/index.html](http://www.kiggs.de/experten/wissen_beirat/index.html).
128. Ware J.E. and Sherbourne C.D. The MOS 36-item Short-Form Health Survey (SF-36). *Medical Care*. 1992; 30(6):473-483.
129. Rothman K.J., Greenland S., and Lash T.L. *Modern Epidemiology*. Lippincott Williams & Wilkins. Jahr: 2008; Edition: 3, ISBN 0781755646
130. Thomas, S., Kuhnlein, A., Heinrich, S., Praml, G., von Kries, R., and Radon, K. Exposure to mobile telecommunication networks assessed using personal dosimetry and well-being in children and adolescents: the German MobilEe-study. *Environ.Health*. 2008; 7:54-
131. Hansson, Mild K., Carlberg, M., Wilen, J., and Hardell, L. How to combine the use of different mobile and cordless telephones in epidemiological studies on brain tumours? *Eur.J.Cancer Prev*. 2005; 14:285-288.
132. IMST GmbH. Entwicklung geeigneter Mess - und Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder in der Umgebung von Mobilfunk Basistationen. Retrieved: 2004. [http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/dosimetrie/dosimetrie\\_abges/dosi\\_025\\_AB\\_02.pdf](http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/dosimetrie/dosimetrie_abges/dosi_025_AB_02.pdf).
133. Radon, K., Spiegel, H., Meyer, N., Klein, J., Brix, J., Wiedenhofer, A., Eder, H., Praml, G., Schulze, A., Ehrenstein, V., von Kries, R., and Nowak, D. Personal dosimetry of exposure to mobile telephone base stations? An epidemiologic feasibility study comparing the Maschek dosimeter prototype and the Antennessa SP-090 system. *Bioelectromagnetics*. 2006; 27:77-81.
134. Thomas, S., Kuhnlein, A., Heinrich, S., Praml, G., Nowak, D., von Kries, R., and Radon, K. Personal exposure to mobile phone frequencies and well-being in adults: a cross-sectional study based on dosimetry. *Bioelectromagnetics*. 2008; 29:463-470.
135. Berg-Beckhoff, G., Blettner, M., Kowall, B., Breckenkamp, J., Schlehofer, B., Schmiedel, S., Bornkessel, C., Reis, U., Potthoff, P., and Schuz, J. Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 2 of a cross-sectional study with measured radio frequency electromagnetic field. *Occup.Environ.Med*. 2009; 66:124-130.
136. Radon K., Spiegel H., Meyer N., Hackensperger S., Kreuzmair R., and Kries v R. Erfassung der täglichen Lärmexposition und die Korrelation zum individuellen Gesundheitsstatus: LEE - Lärm: Exposition und Befinden. 2006. Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin, Ludwig Maximilians Universität München. 2006;

137. Thefeld W., Stolzenberg H., and Bellach B.M. Bundes-Gesundheitssurvey: Response, Zusammensetzung der Teilnehmer und Non-Response Analyse. Gesundheitswesen. 1999; 61 / Sonderheft 2:57-61.
138. Feuersenger A., Stang A., Moebus S., Schmermund A., Erbel R., and Jöckel K. Wie unterscheiden sich Nichtteilnehmer, die einen Nichtteilnehmer-Kurzfragebogen ausgefüllt haben, von denen, die ihn nicht ausgefüllt haben? Retrieved: 13-5-2009. <http://www.egms.de/en/meetings/gmds2005/05gmds218.shtml>.
139. Bellach B.M., Ellert U., and Radoschweski M. Epidemiologie des Schmerzes. Bundesgesundheitsblatt. Juni 2000; 43(6):424-431.
140. Büllingen F. and Hillebrand A. Zielgruppenanalyse zur differenzierten Information über Mobilfunk und Gesundheit. Retrieved: 14-5-2009. <http://www.izmf.de/download/archiv/ZielgrAnal%20April%2005.pdf>.
141. Koivisto, M., Krause, C. M., Revonsuo, A., Laine, M., and Hamalainen, H. The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. Neuroreport. 5-6-2000; 11:1641-1643.
142. Regel, S. J., Gottselig, J. M., Schuderer, J., Tinguely, G., Retey, J. V., Kuster, N., Landolt, H. P., and Achermann, P. Pulsed radio frequency radiation affects cognitive performance and the waking electroencephalogram. Neuroreport. 28-5-2007; 18:803-807.
143. Haarala, C., Bergman, M., Laine, M., Revonsuo, A., Koivisto, M., and Hamalainen, H. Electromagnetic field emitted by 902 MHz mobile phones shows no effects on children's cognitive function. Bioelectromagnetics. 2005; Suppl 7:S144-S150.
144. Hocking, B. and Westerman, R. Neurological abnormalities associated with mobile phone use. Occup.Med (Lond). 2000; 50:366-368.
145. Hocking, B. and Westerman, R. Neurological abnormalities associated with CDMA exposure. Occup.Med (Lond). 2001; 51:410-413.
146. Wilen, J., Sandstrom, M., and Hansson, Mild K. Subjective symptoms among mobile phone users--a consequence of absorption of radiofrequency fields? Bioelectromagnetics. 2003; 24:152-159.
147. Ogata, Y., Izumi, Y., and Kitaike, T. Mobile-phone e-mail use, social networks, and loneliness among Japanese high school students. Nippon Koshu Eisei Zasshi. 2006; 53:480-492.
148. Reid, D. J. and Reid, F. J. Text or talk? Social anxiety, loneliness, and divergent preferences for cell phone use. Cyberpsychol.Behav. 2007; 10:424-435.

## **8 Anhang**

### **A. Probandenanschreiben**

Informationsschreiben und Einladung zur Studie

- Einverständniserklärung
- Kurzfragebogen
- 1. Erinnerungsschreiben
- 2. Erinnerungspostkarte

# Klinikum der Universität München

Institut und Poliklinik für Arbeits- und

Umweltmedizin – Innenstadt

Direktor: Prof. Dr. med. Dennis Nowak

*Arbeitsgruppe Arbeits- und Umweltepidemiologie und NetTeaching*

*Leitung: PD Dr. Katja Radon, MSc*

\_\_\_\_\_ **LMU**  
Ludwig \_\_\_\_\_  
Maximilians–  
Universität \_\_\_\_\_  
München \_\_\_\_\_

Klinikum der Universität München • Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin  
Ziemssenstraße 1 • D-80336 München

An  
Proband

Datum

Internet  
[www.aumento.info](http://www.aumento.info)

Ansprechpartner  
Dr. K. Radon

Telefon  
xx49-89-51602794

Telefax  
xx49-89-51603957

E-Mail  
[Katja.Radon@arbeits.med.uni-muenchen.de](mailto:Katja.Radon@arbeits.med.uni-muenchen.de)

## Informationsblatt

### **MobiLEe: Mobilfunk - Exposition und Befinden**

Sehr geehrter Proband,

von Befindlichkeitsstörungen im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern, die uns alle tagtäglich umgeben, wird immer häufiger berichtet. Um mehr über mögliche Effekte derartiger Schadstoffe auf die Gesundheit zu lernen, führen wir im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz eine wissenschaftliche Studie in München durch, in der Erwachsene, Kinder und Jugendliche befragt werden. Sie gehören zu einer kleinen Anzahl von Erwachsenen, die nach einem wissenschaftlichen Zufallsverfahren aus dem Einwohnermelderegister Münchens ausgewählt wurden.

Vorgesehen ist eine 24-Stunden-Messung der Sie umgebenden elektromagnetischen Feldstärke mittels eines am Arm zu befestigenden Messgerätes und die Erfassung Ihres Befindens über den entsprechenden Tag mittels eines von Ihnen selbst auszufüllenden Fragebogens. Die Messung ist für Sie völlig unbedenklich, da das Gerät nur die Sie umgebende Feldstärke misst, selber jedoch kein elektromagnetisches Feld produziert.

**Wir versichern Ihnen, dass Ihre Daten absolut vertraulich behandelt und nur zu Forschungszwecken verwendet werden.** Für die Auswertung werden die Daten aller Befragten anonymisiert, so dass ein Rückschluss auf die betreffende Person nicht mehr möglich ist. Ihr Name wird niemals auf dem Fragebogen oder in der elektronischen Datenverarbeitung erscheinen. **Die Teilnahme an der Studie ist selbstverständlich freiwillig.** Als Dankeschön gibt es von uns einen Gutschein über 40 €. Um repräsentative Aussagen machen zu können, ist es wichtig, dass alle angeschriebenen Personen an der Studie teilnehmen.

Wir bitten Sie ganz herzlich, uns die beiliegende Einverständniserklärung und den ausgefüllten Kurzfragebogen im beigefügten Umschlag zurückzusenden. Selbstverständlich übernehmen wir die Portokosten. Sobald uns Ihre Teilnahmebereitschaft vorliegt, werden wir Sie telefonisch kontaktieren, um mit Ihnen einen geeigneten Termin als Untersuchungstag zu vereinbaren.

Falls Sie Fragen an uns haben, können Sie uns jederzeit telefonisch (5160-2401) oder per E-Mail ([katja.radon@arbeits.med.uni-muenchen.de](mailto:katja.radon@arbeits.med.uni-muenchen.de)) erreichen.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung.

Mit freundlichen Grüßen

PD Dr. Katja Radon, MSc  
(Institut für Arbeits- und Umweltmedizin)

Dipl.-Psych. Nicole Meyer, MPH  
(Kinderzentrum München)

Anschrift: D-80336 München • Ziemssenstraße 1 • Telefon (0 89) 51 60-0 (Vermittlung)  
Verkehrsverb.: U1, U2, U3, U6, U7, U8, 16, 17, 18, 27, 31 o. 56 bis Haltestelle Sendlinger Tor  
Verkehrsverb.: U3, U6 oder 58 bis Haltestelle Goetheplatz

# Klinikum der Universität München

Institut und Poliklinik für Arbeits- und  
Umweltmedizin – Innenstadt

Direktor: Prof. Dr. med. Dennis Nowak

*Arbeitsgruppe Arbeits- und Umweltepidemiologie und NetTeaching*

*Leitung: Dr. Katja Radon*

\_\_\_\_\_ **LMU**  
Ludwig\_\_\_\_\_ **LMU**  
Maximilians–  
Universität\_\_\_\_  
München\_\_\_\_\_

Klinikum der Universität München • Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin  
Ziemssenstraße 1 • D-80336 München

Internet  
[www.aumento.info](http://www.aumento.info)

Ansprechpartner  
Dr. K. Radon

Telefon  
xx49-89-51602794

Telefax  
xx49-89-51603957

E-Mail  
[Katja.Radon@arbeits.med.uni-muenchen.de](mailto:Katja.Radon@arbeits.med.uni-muenchen.de)

Probanden Nummer

## **MobiLEe: Mobilfunk - Exposition und Befinden**

### **Einverständniserklärung**

**Bitte senden Sie diese Einverständniserklärung zusammen mit dem ausgefüllten**

**Fragebogen an uns zurück.**

***Herzlichen Dank!***

Ich bin damit einverstanden, an der Studie zu möglichen akuten gesundheitlichen Effekten elektromagnetischer Feldern teilzunehmen.

Das Ziel dieser Untersuchung, nämlich die 24-Stunden-Erfassung der elektromagnetischen Feldstärke durch ein Personendosimeter sowie die Erfragung der akuten und allgemeinen Befindlichkeit wurde mir erklärt.

Ich bin damit einverstanden, dass die von mir gemachten Fragebogenangaben für wissenschaftliche Zwecke vom Institut für Arbeits- und Umweltmedizin der LMU München anonymisiert ausgewertet werden.

Diese Erklärung kann ich jederzeit und ohne Angaben von Gründen unter der oben angegebenen Adresse widerrufen.

Bitte teilen Sie uns Ihre Telefonnummer mit, damit wir mit Ihnen einen individuellen Termin vereinbaren können.

Telefonnummer (tagsüber)\_\_\_\_\_Günstigste Zeit:\_\_\_\_\_

Telefonnummer (abends):\_\_\_\_\_Günstigste Zeit:\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Datum / Unterschrift

Anschrift:

D-80336 München • Ziemssenstraße 1 • Telefon (0 89) 51 60-0 (Vermittlung)  
Verkehrsverb.: U1, U2, U3, U6, U7, U8, 16, 17, 18, 27, 31 o. 56 bis Haltestelle Sendlinger Tor  
Verkehrsverb.: U3, U6 oder 58 bis Haltestelle Goetheplatz

## Kurzfragebogen

Bitte senden Sie uns diesen Fragebogen im beigefügten Rückumschlag auch zurück, falls Sie *nicht* an der Studie teilnehmen möchten.



1. Wie alt sind Sie?

\_\_\_\_\_ Jahre

2. Sind Sie männlich oder weiblich?

- männlich  
 weiblich

3. Besitzen Sie ein Mobiltelefon?

- ja  
 nein (weiter mit Fr. 6)

4. Wie nutzen Sie das Mobiltelefon vorwiegend?

- privat  
 geschäftlich

5. Wie lange telefonieren Sie durchschnittlich am Tag mit dem Mobiltelefon?

- weniger als 15 Minuten  
 15 Minuten bis ½ Stunde  
 mehr als ½ Stunde

6. Wie weit glauben Sie ist die nächste Mobilfunksendeanlage von Ihrer Wohnung/Ihrem Haus entfernt?

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> < 10 m        | <input type="checkbox"/> 10 - < 50 m     |
| <input type="checkbox"/> 50 - < 100 m  | <input type="checkbox"/> 100 - < 200 m   |
| <input type="checkbox"/> 200 - < 300 m | <input type="checkbox"/> 300 m oder mehr |

7. Was ist Ihr höchster Schulabschluss?

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Hauptschulabschluss | <input type="checkbox"/> Realschulabschluss / Mittlere Reife  |
| <input type="checkbox"/> (Fach-)Abitur       | <input type="checkbox"/> Fachhochschulabschluss / Universität |
| <input type="checkbox"/> Kein Abschluss      | <input type="checkbox"/> Noch in Ausbildung                   |

Anschrift:

D-80336 München • Ziemssenstraße 1 • Telefon (0 89) 51 60-0 (Vermittlung)  
Verkehrsverb.: U1, U2, U3, U6, U7, U8, 16, 17, 18, 27, 31 o. 56 bis Haltestelle Sendlinger Tor  
Verkehrsverb.: U3, U6 oder 58 bis Haltestelle Goetheplatz

An

Proband

Datum

Internet <a href="http://www.aumento.info">www.aumento.info</a>	Ansprechpartner Dr. K. Radon	Telefon xx49-89-51602794	Telefax xx49-89-51603957	E-Mail <a href="mailto:Katja.Radon@arbeits.med.uni-muenchen.de">Katja.Radon@arbeits.med.uni-muenchen.de</a>
--	---------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	--

## MobiLEe: Mobilfunk - Exposition und Befinden

Sehr geehrter Proband,

vor ca. zwei Wochen haben wir Sie gebeten an einer wissenschaftlichen Studie zu elektromagnetischen Feldern und Gesundheit teilzunehmen. Leider haben wir von Ihnen noch keine Zu- oder Absage zur Teilnahme an der Studie.

Falls Sie die Einverständniserklärung und den Kurzfragebogen bereits abgeschickt haben, möchten wir uns ganz herzlich für Ihre Teilnahme bedanken. Sind Sie noch nicht dazu gekommen, bitten wir Sie, uns **möglichst bald** die Einverständniserklärung und den beiliegenden Kurzfragebogen im beigefügten Umschlag zurückzusenden. Bitte senden Sie den ausgefüllten Kurzfragebogen auch an uns zurück, falls Sie nicht an der Studie teilnehmen möchten. Sobald uns die Teilnahmebereitschaft vorliegt, werden wir Sie telefonisch kontaktieren, um mit Ihnen einen geeigneten Termin als Untersuchungstag zu vereinbaren.

Sie gehören zu einer kleinen Auswahl Münchner Einwohner, die an dieser Studie teilnehmen können. Ihre Antwort ist daher besonders wichtig. Nur so können wir einen Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Gesundheit genau beschreiben.

**Wir versichern Ihnen, dass Ihre Daten absolut vertraulich behandelt und nur zu Forschungszwecken verwendet werden.** Für die Auswertung werden die Daten aller Befragten anonymisiert, so dass ein Rückschluss auf die betreffende Person nicht mehr möglich ist. Ihr Name wird niemals auf dem Fragebogen oder in der elektronischen Datenverarbeitung erscheinen. **Die Teilnahme an der Studie ist selbstverständlich freiwillig.** Als Dankeschön gibt es von uns einen Gutschein über 40

Falls Sie noch Fragen haben, können Sie uns gerne anrufen (Tel.: 5160-2401) oder per E-Mail erreichen ([katja.radon@med.uni-muenchen.de](mailto:katja.radon@med.uni-muenchen.de)).

Vielen Dank für Ihre Unterstützung.

Mit freundlichen Grüßen

PD Dr. Katja Radon, MSc  
(Institut für Arbeits- und Umweltmedizin)

Dipl.-Psych. Nicole Meyer, MPH  
(Kinderzentrum München)





\_\_\_\_\_ **LMU**  
Ludwig \_\_\_\_\_  
Maximilians \_\_\_\_\_ Institut und Poliklinik  
Universität \_\_\_\_\_ für Arbeits- und  
München \_\_\_\_\_ Umweltmedizin  
Ziemssenstr. 1  
80336 München  
Tel: 089-51602401

An  
Proband

Sehr geehrter Proband,

vor zwei Wochen haben wir Sie gebeten an einer wissenschaftlichen Studie zu elektromagnetischen Feldern und Gesundheit teilzunehmen. Leider haben wir von Ihnen noch keine Zu- oder Absage zur Teilnahme an der Studie. Da Sie zu einer relativ kleinen, aber repräsentativen Stichprobe Münchner Einwohner gehören, ist es wichtig, dass Ihre Antworten in die Studie mit einbezogen werden. Nur so können wir einen Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Gesundheit genau beschreiben.

Sollten Sie unser Anschreiben mit der Erklärung zur Teilnahmebereitschaft und dem Kurzfragebogen nicht erhalten oder es verlegt haben, rufen Sie uns bitte sofort an (089-5160-2794) und wir schicken Ihnen noch heute die fehlenden Unterlagen zu.

Herzlichen Dank

Mit besten Grüßen

PD Dr. Katja Radon  
(Projektkoordinatorin)

Dipl.-Psych. Nicole Meyer, MPH  
(Wissenschaftliche Mitarbeiterin)



## B. Symptomfragebogen

Bitte füllen Sie diesen Fragebogen am Tag der Messung aus.

Hatten Sie zu den angegebenen Zeiten unten aufgeführte Beschwerden?

Antwortmöglichkeiten:

1 = gar nicht      3 = mäßig

2 = kaum          4 = stark

Symptome	morgens	mittags	abends
Kopfschmerz			
Schwindelgefühl			
Gleichgewichtsstörungen			
Ohrensausen / Tinnitus			
Sehstörungen			
Zucken am Auge			
Missempfindungen an den Zähnen			
Schulter- / Nackenschmerzen			
Leib- / Magenschmerzen			
sonstiges Schmerzempfinden			
Taubheit an den Händen / Füßen			
Herzrasen / Herzstechen			
Atemnot			
Übelkeit			
Hauterscheinungen			
Hitzegefühl			
innere Unruhe			
Niedergeschlagenheit / Traurigkeit			
Müdigkeit			
Nervosität / Ängstlichkeit			
Energielosigkeit			

### C. Hauptfragebogen

1. Darf ich Sie zunächst fragen, wie alt Sie sind?      xx Jahre
2. Geschlecht?       männlich     weiblich

Allgemeiner Gesundheitszustand (SF-12)

3. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im allgemeinen beschreiben?

Ausgezeichnet     Sehr gut    Gut        
 Weniger gut     Schlecht

4. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie den derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?

Derzeit viel besser als vor einem Jahr      
 Derzeit etwas besser als vor einem Jahr      
 Etwa so wie vor einem Jahr        
 Derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr   
 Derzeit viel schlechter als vor einem Jahr   

Im folgenden werde ich Ihnen einige Tätigkeiten beschreiben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt?

	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
5. <b>Anstrengende Tätigkeiten</b> , z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. <b>Mittelschwere Tätigkeiten</b> , z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

len			
7. Einkaufstasche heben und oder tragen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. <b>Mehrere</b> Treppenabsätze steigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. <b>Einen</b> Treppenabsatz steigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Sich beugen, knien, bücken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. <b>Mehr als 1 Kilometer</b> zu Fuß gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. <b>Mehrere Straßenkreuzungen</b> weit zu Fuß gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Sich baden oder anziehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

Schwierigkeiten	ja	nein
15. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung (z.B. ich musste mich besonders anstrengen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?

Schwierigkeiten:	ja	nein
19. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

22. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?

überhaupt nicht	etwas	mäßig	ziemlich	sehr
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

23. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen?

Ich hatte keine	sehr leicht	leicht	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

24. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?

überhaupt nicht	etwas	mäßig	ziemlich	sehr
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

In den nächsten Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist.

Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen...

	immer	meistens	ziemlich oft	manchmal	selten	nie
25. voller Schwung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. sehr nervös	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. so niedergeschlagen, dass Sie nichts aufheitern konnte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. ruhig und gelassen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. voller Energie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. entmutigt und traurig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. erschöpft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. glücklich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. müde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?

immer	meistens	manchmal	selten	nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu?

	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu

34. Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35. Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36. Ich erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37. Ich erfreue mich ausgezeichnete Gesundheit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Körperliche Beschwerden

(Freiburger Beschwerdeliste, ausgewählte Symptome)

Ich werde Sie nun nach einer Reihe von körperlichen Vorgängen und Beschwerden fragen. Antworten Sie mir bitte, wie Sie sich in den letzten 6 Monaten gefühlt haben.

Schildern Sie bitte nicht nur Ihre vielleicht nur heute vorhandenen Beschwerden (hierzu erhalten Sie später ein gesondertes Blatt), sondern die Beschwerden, die während der letzten 6 Monate auftraten.

Die Antwortmöglichkeiten lauten:

Fast täglich	etwa 3 mal in der Woche	etwa 2 mal im Monat	etwa einmal im halben Jahr	praktisch nie
--------------	-------------------------	---------------------	----------------------------	---------------

	Fast täglich	etwa 3 mal in der Woche	etwa 2 mal im Monat	etwa einmal im halben Jahr	praktisch nie
--	--------------	-------------------------	---------------------	----------------------------	---------------



38. Fühlen Sie sich morgens nach dem Aufstehen noch müde und zerschlagen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39. Haben Sie Schwierigkeiten einzuschlafen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40. Haben Sie Schwierigkeiten durchzuschlafen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41. Ist Ihr körperliches Leistungsvermögen verringert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42. Ermüden Sie schnell?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43. Wird Ihnen schwindelig, wenn Sie sich aus dem Liegen aufrichten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44. Fühlen Sie sich benommen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45. Haben Sie Kopfschmerzen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46. Haben Sie Appetitmangel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
47. Schlägt Ihr Herz unregelmäßig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48. Haben Sie Übelkeit?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
49. Haben Sie Bauchschmerzen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50. Juckt Ihre Nase, auch wenn Sie nicht erkältet sind?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
51. Spüren Sie Druck hinter den Augen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
52. Haben Sie Nackenschmerzen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
53. Haben Sie Schulterschmerzen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
54. Haben Sie Kreuzschmerzen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

55. Haben Sie Schmerzen in den Armen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56. Haben Sie Missempfindungen an Ihren Armen oder Händen (z.B. Kribbeln, Prickeln, Taubheit)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
57. Haben Sie Missempfindungen an Ihren Beinen oder Füßen (z.B. Kribbeln, Prickeln oder Taubheit)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
58. Bemerkten Sie unwillkürliches Zucken um Ihr Auge?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
59. Bemerkten Sie unwillkürliches Zucken um Ihren Mund?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Einstellung zur Umwelt (FGB)

Ich werde Ihnen nun eine Reihe von Feststellungen vorlesen, in denen verschiedene Einstellungen zur Umwelt beschrieben werden. Bitte überprüfen Sie, ob die jeweilige Aussage für Sie zutrifft. Sie haben die Möglichkeit, zwischen vier Abstufungen auszuwählen:

Stimmt nicht	Stimmt kaum	Stimmt eher	Stimmt genau
--------------	-------------	-------------	--------------

Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Geben Sie mir bitte die Antwortstufe an, die Ihrer Meinung nach am ehesten für Sie zutrifft.

	Stimmt nicht	Stimmt kaum	Stimmt eher	Stimmt genau
--	--------------	-------------	-------------	--------------

60. Mich regt es auf, wenn ich an all die Schadstoffe um mich herum denke.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
61. Ich denke oft darüber nach, dass ich Schadstoffe in meinem Körper aufnehme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
62. Ich mache mir Sorgen, dass Umweltgifte meine geistigen Fähigkeiten beeinträchtigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
63. Ich frage mich, ob in meiner Wohnung oder in meinem Haus Asbest oder andere gesundheitsgefährdende Stoffe verwendet werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
64. Es macht mir Angst, wenn ich daran denke, wie Giftmüll gelagert wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
65. Ich befürchte, dass es in absehbarer Zeit zu einem schweren Atomreaktorunfall kommen könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
66. Ein schlechtes Gedächtnis könnte auch von zu viel Chemikalien in unserer Umwelt herrühren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
67. Die meisten Chemikalien führen bei längerer Berührung mit dem Organismus zu schweren Erkrankungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
68. Menschen, die viel mit Chemikalien zu tun haben, sind einem erhöhten Krankheitsrisiko ausgesetzt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
69. Wenn ich daran denke, wie belastet unsere Nahrung ist, verliere ich den Appetit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
70. Ich fürchte, mein Organismus ist bereits durch gefährliche Umweltstoffe geschädigt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
71. Wenn ich verreise, überlege ich mir vorher, wo ich am wenigsten den Schadstoffen im Wasser oder in der Luft ausgesetzt bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

72. Je mehr Information ich über die Umweltbelastungen bekomme, desto unsicherer fühle ich mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
73. Unsere Nachkommen werden für die Folgen der Umweltbelastungen büßen müssen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
74. Ich habe Angst vor der Zukunft, wenn ich an unsere Umwelt denke.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
75. Die Menschen haben die Kontrolle über die Auswirkungen der Technik auf die Umwelt verloren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

76. Machen Sie sich Sorgen wegen der elektromagnetischen Felder, die von Mobilfunkseanlagen, Handys oder schnurlosen Telefonen ausgehen, oder fühlen Sie sich durch diese Felder sogar in Ihrer Gesundheit beeinträchtigt? (Mehrfachantworten möglich)

Ja, mache mir Sorgen	Ja, fühle mich beeinträchtigt	Nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

77. Welche Beeinträchtigungen haben Sie festgestellt? – (offen)

--

78. Gilt die Sorge oder Beeinträchtigung der Mobilfunkseanlage, der Handynutzung oder dem schnurlosen Heimtelefon

Mobilfunkseanlage	Handynutzung	Schnurloses Heimtelefon
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

79. Gilt die Sorge oder Beeinträchtigung eher dem schnurlosen Endgerät oder der Basisstation?

Schnurloses Endgerät	Basisstation
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

80. Machen Sie sich auch Sorgen wegen der elektromagnetischen Felder von anderen Elektrogeräten?

Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Welche Elektrogeräte sind das?:	

81. Wohnen Sie in unmittelbarer Umgebung einer Mobilfunk-Sendeanlage?

Ja	Nein	Weiß nicht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

82. Wie viele Meter ist die Sendeanlage etwa von Ihrer Wohnung entfernt?

Ca.     Meter
---------------

83. Wo befindet sich die Sendeanlage?

Auf dem Dach des Hauses	In Sichtweite	Außerhalb Sichtweite, aber noch im näheren Umfeld
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

84. Arbeiten Sie in unmittelbarer Umgebung einer Mobilfunksendeanlage oder gehen Sie in unmittelbarer Umgebung einer Mobilfunksendeanlage zur Schule?

Ja	Nein	Weiß nicht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

85. Wie viele Meter ist die Sendeanlage etwa von Ihrem Arbeitsplatz/Ihrer Schule entfernt?

Ca.     Meter
---------------

86. Wo befindet sich die Sendeanlage?

Auf dem Dach des Hauses	In Sichtweite	Außerhalb Sichtweite, aber noch im näheren Umfeld
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

87. Sind Sie elektrosensibel?

Ja	Nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

88. Benutzen Sie ein Handy?

Ja	Nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie oft benutzen Sie das Handy?

Täglich <input type="checkbox"/>	Seltener <input type="checkbox"/>
Wie viele Minuten benutzen Sie es im Durchschnitt pro Tag? Min.	

89. Benutzen Sie das Handy nur beruflich oder nur privat oder beides?

Beruflich	Privat	Beides
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

90. Würden Sie auf ein Handy verzichten, wenn Sie nachweislich gesundheitliche Beeinträchtigungen befürchten müssten?

Ja	Nein	Kommt auf den Grad der Beeinträchtigung an
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

91. Benutzen Sie ein schnurloses Telefon?

Ja	Nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

92. Wie viele Minuten benutzen Sie es pro Tag im Durchschnitt

Min. durchschnittlich / Tag
-----------------------------

Medien-Nutzung

93. Wie lange beschäftigen Sie sich durchschnittlich an Werktagen mit folgenden Dingen?

	Gar nicht	Ungefähr 30 Min.	Ungefähr 1-2 Std.	Ungefähr 3-4 Std.	Mehr als 4 Std.
Fernsehen/Video	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spielkonsole	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Computer/Internet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Musik hören	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

94. Und wie lange beschäftigen Sie sich durchschnittlich am Wochenende pro Tag mit folgenden Dingen?

	Gar nicht	Ungefähr 30 Min.	Ungefähr 1-2 Std.	Ungefähr 3-4 Std.	Mehr als 4 Std.
Fernsehen/Video	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spielkonsole	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Computer/Internet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Musik hören	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## Rauchen und Passivrauchen

95. Haben Sie früher geraucht oder rauchen Sie zur Zeit?

Habe noch nie geraucht (bis auf ganz seltenes Probieren)	Habe früher geraucht	Rauche zur Zeit
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> täglich <input type="checkbox"/> gelegentlich

96. Wie viel rauchen Sie zur Zeit am Tag?

Zigaretten	Sonstiges. Was:
------------	-----------------

## Medikamente

97. Nehmen Sie Medikamente ein?

(Hierunter fallen auch Schmerz-, Schlaf-, Abführ-, Stärkungsmittel, Nahrungsergänzungstoffe, Vitamine, Spurenelemente usw.)

Ja	Nein	Antwortverweigerung
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

98. Geben Sie mir bitte den Namen des Medikamentes, die Dosierung und die Einnahmedauer an:

Name des Medikamentes	Dosierung	Einnahmedauer

Persönlichkeitsfaktoren: (Freiburger Persönlichkeitsinventar FPI-R, ausgewählte Subskalen)

Ich werde Ihnen nun eine Reihe von Aussagen über bestimmte Verhaltensweisen, Einstellungen und Gewohnheiten vorlesen. Sie können jede entweder mit „stimmt“ oder „stimmt nicht“ beantworten. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten, weil jeder Mensch das Recht zu eigenen Anschauungen hat. Antworten Sie bitte so, wie es für Sie zutrifft.

	Skala	Stimmt	Stimmt nicht	Antwortverweigerung
99. Ich gehe abends gerne aus.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
100. Ich habe/hatte einen Beruf, der mich voll befriedigt.	L	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
101. Ich habe fast immer eine schlagfertige Antwort bereit.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
102. Ich bin unternehmungslustiger als die meisten meiner Bekannten.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
103. Ich habe manchmal ein Gefühl der Teilnahmslosigkeit und inneren Leere.	Em	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
104. Sind wir in ausgelassener Runde, so überkommt mich oft eine große Lust zu groben Streichen.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
105. Ich lebe mit mir selbst in Frieden und ohne innere Konflikte.	L	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
106. In einer vergnügten Gesellschaft kann ich mich meistens ungezwungen und unbeschwert auslassen.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
107. Ich bin oft nervös, weil zu viel auf mich	Em	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

einströmt				
108. Wenn ich noch einmal geboren würde, dann würde ich nicht anders leben wollen.	L	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
109. Ich übernehme bei gemeinsamen Unternehmungen gern die Führung.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
110. Die täglichen Belastungen sind so groß, dass ich davon oft müde und erschöpft bin.	B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
111. Ich habe gern mit Aufgaben zu tun, die schnelles Handeln erfordern.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
112. Meine Familie und meine Bekannten können mich im Grunde kaum richtig verstehen.	Em	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
113. Ich fühle mich oft wie ein Pulverfass kurz vor der Explosion.	Em	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
114. Ich kann in eine ziemlich langweilige Gesellschaft schnell leben bringen.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
115. Bei wichtigen Dingen bin ich bereit, mit anderen energisch zu konkurrieren.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
116. Ich mache mir oft Sorgen um meine Gesundheit.	Em	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
117. Ich meinem bisherigen Leben habe ich kaum das verwirklichen können, was in mir steckt.	L	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
118. Ich würde mich selbst als eher gesprächig bezeichnen.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
119. Auch an Wochenenden bin ich stark eingespannt.	B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
120. Ich bin ziemlich lebhaft.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

121. Ich bin häufiger abgespannt, matt und erschöpft.	Em	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
122. Ich schließe nur langsam Freundschaften.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
123. Manchmal habe ich ohne eigentlichen Grund ein Gefühl unbestimmter Gefahr oder Angst.	Em	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
124. Ich bin immer guter Laune.	L	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
125. Ich spiele anderen Leuten gern einen harmlosen Streich.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
126. Oft habe ich alles gründlich satt.	L	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
127. Nur selten kann ich richtig abschalten.	B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
128. Ich bin selten in bedrückter, unglücklicher Stimmung.	L	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
129. Vor lauter Aufgaben und Zeitdruck bin ich manchmal ganz durcheinander.	B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
130. Es gibt Zeiten, in denen ich ganz traurig und niedergedrückt bin.	Em	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
131. Bei Geselligkeiten und öffentlichen Veranstaltungen bleibe ich lieber im Hintergrund.	E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
132. Ich träume tagsüber oft von Dingen, die doch nicht verwirklicht werden können.	Em	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
133. Ich grübele viel über mein bisheriges Leben nach.	Em	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
134. Oft rege ich mich zu rasch über jemanden auf.	Em	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
135. Ich denke manchmal, dass ich mich mehr schonen sollte.	B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

136. Ich bin mit meinen gegenwärtigen Lebensbedingungen oft unzufrieden.	L	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
137. Ich arbeite oft unter Zeitdruck.	B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
138. Die Anforderungen, die an mich gestellt werden, sind oft zu hoch.	B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
139. Ich denke manchmal, dass ich zu viel arbeite.	B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
140. Meine Laune wechselt ziemlich oft.	Em	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
141. Alles in allem bin ich ausgesprochen zufrieden mit meinem bisherigen Leben.	L	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
142. Ich habe häufig das Gefühl im Stress zu sein.	Em	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
143. Meine Partnerbeziehung (Ehe) ist gut.	L	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
144. Meistens blicke ich voller Zuversicht in die Zukunft.	L	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Skalen: L = Lebenszufriedenheit; B = Beanspruchung; Em = Emotionalität; E = Extraversion

#### Sorgen um die Gesundheit

145. Machen Sie sich oft Sorgen, möglicherweise eine ernsthafte Krankheit zu haben?

Ja  Nein

146. Werden Sie durch viele Schmerzen gequält? Ja  Nein

147. Finden Sie, dass Sie sich oft der verschiedenen Vorgänge, die in Ihrem Körper ablaufen, bewusst werden? Ja  Nein

148. Machen Sie sich häufig wegen Ihrer Gesundheit Sorgen? Ja  Nein

149. Haben Sie oft die Symptome einer sehr ernsten Krankheit? Ja  Nein

150. Wenn Sie auf eine Krankheit aufmerksam werden (z.B. durch Radio, Fernsehen, Zeitung oder jemanden, den Sie kennen), haben Sie dann Angst, diese Krankheit selbst zu bekommen? Ja  Nein
151. Wenn Sie sich krank fühlen und irgendjemand Ihnen gegenüber äußert, dass Sie besser aussehen – ärgern Sie sich dann? Ja  Nein
152. Finden Sie, dass Sie durch viele verschiedene Symptome belastet werden? Ja  Nein
153. Ist es für Sie leicht, sich selbst zu vergessen und an alle möglichen anderen Dinge zu denken? Ja  Nein
154. Ist es schwierig für Sie, dem Arzt zu glauben, wenn er Ihnen mitteilt, dass es nichts gibt, worüber Sie sich Sorgen machen müssten? Ja  Nein
155. Glauben Sie, dass irgendetwas mit Ihrem Körper ernsthaft nicht in Ordnung ist? Ja  Nein
156. Fürchten Sie sich vor Krankheit? Ja  Nein

BSSS (Berliner Social Support Scale, Subskala: wahrgenommene soziale Unterstützung).

	Stimmt nicht	Stimmt kaum	Stimmt eher	Stimmt genau
157. Es gibt Menschen, die mich wirklich gern haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
158. Wenn es mir schlecht geht, zeigen andere mir, dass sie mich mögen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
159. Wenn ich traurig bin, gibt es Menschen, die mich aufmuntern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
160. Wenn ich Trost und Zuspruch brauche, ist jemand für mich da.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
161. Ich habe Menschen, auf die ich mich immer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

verlassen kann.				
162. Wenn ich Sorgen habe, gibt es jemanden, der mir hilft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
163. Es gibt Menschen, die mir ihre Hilfe anbieten, wenn ich sie brauche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
164. Wenn mir alles zuviel wird, helfen mir andere.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Soziodemographie: weitgehend analog RKI-Bundesgesundheitsurvey

Wie ist Ihr momentaner Familienstand?

Ledig, ohne Partner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ledig, mit Partner
Verheiratet, mit Ehepartner zusammen lebend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Verheiratet, vom Ehepartner getrennt lebend
Geschieden, mit Partner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Geschieden, ohne Partner
Verwitwet, ohne Partner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Verwitwet, mit Partner

165. Welchen höchsten Schulabschluss haben Sie? (Nennen Sie bitte nur den höchsten Abschluss)

Hauptschulabschluss/Volksschulabschluss	<input type="checkbox"/>
Realschulabschluss (Mittlere Reife)	<input type="checkbox"/>
Abschluss Polytechnische Oberschule (POS, 10. Klasse)	<input type="checkbox"/>
Fachhochschulreife (Abschluss einer Fachoberschule)	<input type="checkbox"/>
Abitur (Gymnasium bzw. EOS)	<input type="checkbox"/>
Anderen Schulabschluss	<input type="checkbox"/>

Schule beendet ohne Schulabschluss	<input type="checkbox"/>
(Noch) keinen Schulabschluss	<input type="checkbox"/>

166. Welche Angabe zur Berufs- bzw. Erwerbstätigkeit trifft auf Sie zu? (RKI-Bundes-Gesundheitssurvey).

Voll berufstätig (35 Std./Wo und mehr)	<input type="checkbox"/>
Teilzeit berufstätig (15-34 Std./Wo)	<input type="checkbox"/>
Teilzeit berufstätig (weniger als 15 Std./Wo.)	<input type="checkbox"/>
Vorübergehende Freistellung (z.B. öffentlicher Dienst, Erziehungsurlaub)	<input type="checkbox"/>
Auszubildender (Lehrling, Student)	<input type="checkbox"/>

167. In welcher beruflichen Stellung sind Sie hauptsächlich derzeit bzw. (falls nicht mehr berufstätig) waren sie zuletzt beschäftigt (Angaben bitte für beide Elternteile)?  
Sind/waren Sie

Arbeiter	<input type="checkbox"/>
Selbständiger (einschl. mithelfender Fam.angehöriger)	<input type="checkbox"/>
Angestellter	<input type="checkbox"/>
Beamter (einschl. Richter u. Berufssoldat)	<input type="checkbox"/>
Sonstiges (z.B. Azubi, Schüler, Student, Wehrpflichtiger, Zivildienstleistender, Praktikant)	<input type="checkbox"/>

Für Arbeiter:

Ungelernter Arbeiter	<input type="checkbox"/>
Angelernter Arbeiter	<input type="checkbox"/>
Gelernter Arbeiter und Facharbeiter	<input type="checkbox"/>



Vorarbeiter, Kolonnenführer, Meister, Polier, Brigadier	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------

Für Selbständige:

Selbständiger Landwirt/Genossenschaftsbauer	<input type="checkbox"/>
Freier Beruf, selbständiger Akademiker	<input type="checkbox"/>
Sonstiger Selbständiger mit bis zu 9 Mitarbeitern	<input type="checkbox"/>
Sonstiger Selbständiger mit 10 und mehr Mitarbeitern	<input type="checkbox"/>
Mithelfender Familienangehöriger	<input type="checkbox"/>

Für Angestellte:

Industrie- und Werkmeister im Angestelltenverhältnis	<input type="checkbox"/>
Angestellter mit einfacher Tätigkeit (z.B. Verkäufer, Kontorist, Stenotypist)	<input type="checkbox"/>
Angestellter mit qualifizierter Tätigkeit (z.B. Sachbearbeiter, Buchhalter, techn. Zeichner)	<input type="checkbox"/>
Angestellter mit hochqualifizierter Tätigkeit (z.B. wiss. Mitarbeiter, Prokurist, Abteilungsleiter)	<input type="checkbox"/>
Angestellter mit umfassenden Führungsaufgaben (z.B. Direktor, Geschäftsführer, Vorstand größerer Betriebe und Verbände)	<input type="checkbox"/>

Für Beamte:

Einfachen Dienst	<input type="checkbox"/>
Mittleren Dienst	<input type="checkbox"/>
Gehobenen Dienst	<input type="checkbox"/>
Höheren Dienst	<input type="checkbox"/>

168. Wie hoch etwa ist das monatliche Haushaltseinkommen, d.h. das Nettoeinkommen, das Sie (alle zusammen) nach Abzug der Steuern und Sozialabgaben haben?

Unter 500 €	<input type="checkbox"/>
500 bis unter 750 €	<input type="checkbox"/>
750 bis unter 1000 €	<input type="checkbox"/>
1000 bis unter 1250 €	<input type="checkbox"/>
1250 bis unter 1500 €	<input type="checkbox"/>
1500 bis unter 1750 €	<input type="checkbox"/>
1750 bis unter 2000 €	<input type="checkbox"/>
2000 bis unter 2250 €	<input type="checkbox"/>
2250 bis unter 2500 €	<input type="checkbox"/>
2500 bis unter 3000 €	<input type="checkbox"/>
3000 bis unter 4000 €	<input type="checkbox"/>
4000 bis unter 5000 €	<input type="checkbox"/>
5000 € und mehr	<input type="checkbox"/>

## **D. Danksagung**

Prof. Dr. med. Dennis Nowak danke ich für die Überlassung dieses Themas und für die Möglichkeit diese Promotion an dem von ihm geleiteten Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Ludwigs Maximilians Universität in München durchführen zu können.

apl. Prof. Dr. rer. biol. hum. Katja Radon, MSc danke ich für die engagierte Unterstützung und kompetente Beratung bei der Auswertung und Erstellung dieser Arbeit.

Nicole Meyer MPH Psychologin, Hedwig Spiegel MPH Soziologin, Dipl.-Psych. Sabine Heinrich und Dipl.-Stat. Anja Kühnlein danke ich für die umfangreiche und geduldige Mithilfe bei der Durchführung der Studie und Erstellung der Arbeit.

Meiner Frau Kate danke ich für den Beistand und die Mithilfe, die zum Abschluss der Promotionsarbeit beigetragen haben.

Besonders bedanke ich mich bei meinen Eltern, die mich während meines gesamten Studiums unterstützt haben.

## **E. Lebenslauf**

### **Persönliche Daten**

---

Name:	Jérôme Olivier Klein
Geburtsdatum:	28.02.1976
Geburtsort:	München
Staatsangehörigkeit:	deutsch
Familienstand:	verheiratet

### **medizinische Ausbildung**

---

10/1999	Studium der Human Medizin an der LMU München
3/2002	Physikum
8/2003	1. Staatsexamen
3/2005	2. Staatsexamen
10/2006	3. Staatsexamen
3/2009	schriftlicher Teil des australischen Staatsexamen

### **berufliche Ausbildung**

---

02/2007 – 10/2008	Assistenzarzt Neurochirurgie im St. Elisabethen KH, Ravensburg
-------------------	---

### **Veröffentlichung**

---

Radon K, Spiegel H, Meyer N, Klein J, Brix J, Wiedenhofer A, Eder H, Praml G, Schulze A, Ehrenstein V, von Kries R, Nowak D. Personal dosimetry of exposure to mobile telephone base stations? An epidemiologic feasibility study comparing the Maschek dosimeter prototype and the Antennessa SP-090 system. *Bioelectromagnetics*. 1/2006; 27(1):77-81.