

Aus der Arbeitsgruppe Arbeits- und Umweltepidemiologie & NetTeaching  
(Leitung: Prof. Dr. Katja Radon, MSc)  
des Instituts und der Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Direktor: Prof. Dr. med. Dennis Nowak

**Der Zusammenhang zwischen Mobilfunkexposition und dem Befinden bei  
Jugendlichen unter besonderer Berücksichtigung der  
Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis –  
eine Auswertung im Rahmen der MobilEe-Studie**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Humanbiologie  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Sabine Heinrich  
aus  
Buchloe  
2008

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Katja Radon

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Gerd Schulte-Körne

Priv. Doz. Dr. Robert Dalla Pozza

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

Tag der mündlichen Prüfung: 15.12.2008

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>11</b>
<b>2. THEORETISCHER HINTERGRUND UND STAND DER FORSCHUNG</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Hochfrequente elektromagnetische Felder des Mobilfunks</b>	<b>13</b>
2.1.1. Das elektromagnetische Spektrum	13
2.1.2. Grenzwertfestlegung	15
2.1.3. Grenzwerte in Deutschland	16
2.1.4. Mobiltelefonbesitz und -nutzung bei Jugendlichen	16
2.1.5. Besorgnis bezüglich elektromagnetischer Felder des Mobilfunks	20
<b>2.2. Expositionserfassung im Mobilfunkbereich</b>	<b>24</b>
2.2.1. Mobilfunknutzung	24
2.2.2. Selbst eingeschätzter Abstand zur nächsten Basisstation	26
2.2.3. Stationäre Messungen	28
2.2.4. Berechnung der Exposition	28
2.2.5. Personendosimetrie	29
<b>2.3. Mobilfunk und Gesundheit</b>	<b>30</b>
2.3.1. Thermische und athermische Effekte des Mobilfunks	30
2.3.2. Möglicher Einfluss elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf Kopfschmerzen	31
2.3.3. Möglicher Einfluss elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf Schlafstörungen sowie Müdigkeit	38
<b>2.4. Möglichkeit einer besonderen Vulnerabilität von Kindern und         Jugendlichen gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen         Feldern des Mobilfunks</b>	<b>52</b>
<b>2.5. DAS PHÄNOMEN DER „ELEKTROSENSITIVITÄT“</b>	<b>54</b>
2.5.1. Definition	54
2.5.2. Prävalenz und Symptome	55
2.5.3. Erhebungsinstrumente	56
2.5.4. Studien zum Phänomen der „Elektrosensitivität“	56
2.5.5. Die Entstehung von „Elektrosensitivität“	59

2.5.6. Gesamtfazit	64
<b>3. ZIELSETZUNG</b>	<b>67</b>
<b>4. ANGEWANDTE METHODEN</b>	<b>69</b>
<b>4.1. Planung und Ablauf der Studie</b>	<b>69</b>
<b>4.2. Durchführung der Befragung</b>	<b>70</b>
4.2.1. Rekrutierung der Stichprobe	70
4.2.2. Kontaktierung der Probanden	71
<b>4.3. Ablauf der Feldphase</b>	<b>72</b>
4.3.1. Maßnahmen zur Qualitätssicherung	74
<b>4.4. Objektive Expositionserfassung</b>	<b>74</b>
4.4.1. Personenbezogene Erfassung der Exposition	74
4.4.2. Überprüfung der nächtlichen Messwerte	77
4.4.3. Maßnahmen zur Qualitätssicherung der Dosimetermessungen	78
<b>4.5. Erfassung der subjektiven Exposition</b>	<b>78</b>
<b>4.6. Zusammenstellung der Erhebungsinstrumente</b>	<b>79</b>
<b>4.7. Aufbereitung der betrachteten Variablen</b>	<b>81</b>
4.7.1. Objektive Exposition	81
4.7.2. Subjektive Exposition	83
4.7.3. Zusammenhang zwischen subjektiver und objektiver Exposition	84
4.7.4. Kopfschmerzen und Schlafstörungen	84
4.7.5. Umweltbesorgnis	84
4.7.6. Mobilfunkbesorgnis	86
<b>4.8. Statistische Analysen</b>	<b>86</b>
4.8.1. Deskriptive und bivariate Darstellung	87
4.8.2. Bildung der logistischen Regressionsmodelle	87
4.8.3. Problem des multiplen Testens	88

<b>5. ERGEBNISSE</b>	<b>89</b>
<b>5.1. Ausschöpfung der untersuchten Stichprobe</b>	<b>89</b>
<b>5.2. Vergleich von Nichtteilnehmern und Teilnehmern</b>	<b>91</b>
<b>5.3. Deskriptive Daten</b>	<b>94</b>
5.3.1. Soziodemographische Daten der an der Feldphase teilnehmenden Jugendlichen	94
5.3.2. Mittels Personendosimetrie ermittelte Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks	94
5.3.3. Subjektive Mobilfunkexposition	96
5.3.4. Prävalenz chronischer Beschwerden	99
5.3.5. Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis	100
<b>5.4. Bivariate Ergebnisse</b>	<b>101</b>
5.4.1. Faktoren, die den Mobiltelefonbesitz, die Nutzungsdauer sowie die Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis bei Jugendlichen beeinflussten	101
5.4.2. Zusammenhang zwischen der subjektiven und der objektiven Exposition	106
5.4.3. Bivariater Zusammenhang zwischen Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis und der objektiven Exposition	106
5.4.4. Zusammenhang zwischen der objektiven Exposition und den chronischen Beschwerden	107
5.4.5. Bivariater Zusammenhang zwischen der subjektiven Exposition und den chronischen Beschwerden	108
5.4.6. Zusammenhang zwischen der Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis und den chronischen Beschwerden	111
<b>5.5. Ergebnisse der multiplen logistischen Regression</b>	<b>112</b>
5.5.1. Gesamtmodell zum Zusammenhang zwischen Exposition und chronischen Beschwerden	112
5.5.2. Überprüfung möglicher Effektmodifikationen auf den Zusammenhang zwischen Exposition und Prävalenz chronischer Beschwerden	115

<b>6. DISKUSSION</b>	<b>117</b>
<b>6.1. Diskussion des methodischen Vorgehens</b>	<b>117</b>
6.1.1. Studiendesign	117
6.1.2. Ausschöpfung der Stichprobe	119
6.1.3. Repräsentativität der untersuchten Stichprobe	121
6.1.4. Fragebogeninstrumente	122
6.1.5. Expositionserfassung mittels Personendosimetrie	123
<b>6.2. Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>125</b>
6.2.1. Mobiltelefonbesitz und -nutzung	125
6.2.2. Objektive Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks	126
6.2.3. Zusammenhang zwischen objektiver und subjektiver Mobilfunkexposition	127
6.2.4. Prävalenz chronischer Beschwerden	127
6.2.5. Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis	128
<b>6.3. Diskussion der Ergebnisse der logistischen Regression</b>	<b>130</b>
6.3.1. Zusammenhang zwischen der objektiven Exposition und den chronischen Beschwerden	131
6.3.2. Zusammenhang zwischen der subjektiven Exposition und den chronischen Beschwerden	131
6.3.3. Überprüfung möglicher Effektmodifikatoren	132
<b>6.4. Ausblick</b>	<b>132</b>
<b>7. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>135</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>137</b>
<b>ANHANG</b>	<b>152</b>
Anhang A: Ergebnistabellen	152
Anhang B: Interview Jugendliche	157
Anhang C: Danksagung	176
Anhang D: Lebenslauf	177

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Die Frequenzen des elektromagnetischen Spektrums .....	13
Abbildung 2: Anzahl der Mobilfunkanschlüsse in Deutschland seit 1998 .....	17
Abbildung 3: Ausbreitung elektromagnetischer Felder einer Mobilfunkbasisstation.....	27
Abbildung 4: Vorschlag eines Erklärungsmodells für „Elektrosensitivität“ .....	62
Abbildung 5: Modell für den Zusammenhang zwischen subjektiver und objektiver Exposition durch elektromagnetische Felder und Gesundheit .....	63
Abbildung 6: Darstellung der Feldphase .....	70
Abbildung 7: Zeitlicher Ablauf der Kontaktaufnahme.....	72
Abbildung 8: Ablauf der Untersuchung.....	73
Abbildung 9: Das Personendosimeter ESM-140 .....	75
Abbildung 10: Typisches Messprofil über 24 Stunden.....	77
Abbildung 11: Teilnahmebereitschaft der Jugendlichen am Kurzfragebogen und an der Feldphase in den vier Studienorten.....	91
Abbildung 12: Prävalenz chronischer Beschwerden .....	99
Abbildung 13: Wachexposition gegenüber Mobilfunkfeldern in Abhängig- keit von der Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis.....	107
Abbildung 14: Relative Häufigkeit der chronischen Beschwerden in Abhängigkeit von der Wachexposition gegenüber Mobilfunk- feldern in Quartilen.....	108
Abbildung 15: Prävalenz chronischer Beschwerden in Abhängigkeit von der Entfernung der Wohnung zur nächsten Mobilfunk- basisstation .....	109
Abbildung 16: Prävalenz chronischer Beschwerden in Abhängigkeit von der Entfernung der Schule/Arbeitsplatz zur nächsten Mobilfunkbasisstation.....	109
Abbildung 17: Prävalenz chronischer Beschwerden in Abhängigkeit von der täglichen Nutzungsdauer des Mobiltelefons.....	110
Abbildung 18: Prävalenz chronischer Beschwerden in Abhängigkeit von der täglichen Nutzungsdauer des DECT-Telefons .....	110

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Frequenzen, Sendeleistungen und Grenzwerte der Mobilfunksysteme.....	14
Tabelle 2: Übersicht über die nationalen und internationalen Studien zu Mobiltelefonbesitz und -nutzung bei Kindern und Jugendlichen.....	19
Tabelle 3: Human-Laborstudien bezüglich eines möglichen Einflusses elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf Kopfschmerzen .....	48
Tabelle 4: Human-Laborstudien bezüglich eines möglichen Einflusses elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf Schlafstörungen und Müdigkeit.....	48
Tabelle 5: Epidemiologische Studien bezüglich eines möglichen Einflusses elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf Kopfschmerzen sowie Schlafstörungen und Müdigkeit.....	50
Tabelle 6: Überblick über Provokationsstudien zur Wahrnehmung von und Symptomentstehung durch elektromagnetische Felder des Mobilfunks .....	65
Tabelle 7: Technische Daten des Maschek Dosimeters.....	75
Tabelle 8: Übersicht der verwendeten Erhebungsinstrumente .....	81
Tabelle 9: Skala zur Erfassung der Umweltbesorgnis .....	85
Tabelle 10: Ausschöpfung von Brutto- und Nettostichprobe und Gründe für Ausfall und Nicht-Teilnahme.....	89
Tabelle 11: Non-Response Analyse: Vergleich der Jugendlichen, die an der Feldphase teilnahmen, mit denjenigen, die nur den Kurzfragebogen ausfüllten .....	93
Tabelle 12: Soziodemographische Daten.....	94
Tabelle 13: Anteil der Einzelmesswerte unterhalb der Bestimmungsgrenze ....	95
Tabelle 14: Mittlere Gesamtexposition während der Wachphase in Prozent des ICNIRP-Grenzwerts .....	95
Tabelle 15: Vergleich des Anteils der Einzelmesswerte unterhalb der Bestimmungsgrenze in den Studienorten .....	96
Tabelle 16: Vergleich der mittleren Gesamtexposition während der Wachphase in den Studienorten.....	96
Tabelle 17: Besitz und Nutzungshäufigkeit von Mobil- und DECT-Telefon .....	97
Tabelle 18: Selbst eingeschätzte Exposition durch Mobilfunkbasisstationen und Eigentelefonate der Jugendlichen .....	98

Tabelle 19: Vergleich der Prävalenz chronischer Beschwerden in den Studienorten .....	100
Tabelle 20: Vorhandene Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis der teilnehmenden Jugendlichen .....	101
Tabelle 21: Häufigkeit des Mobiltelefonbesitzes in Abhängigkeit von der Ausprägung möglicher Confounder .....	102
Tabelle 22: Dauer der Mobiltelefonnutzung in Abhängigkeit von der Ausprägung möglicher Confounder .....	103
Tabelle 23: Prävalenz der Umweltbesorgnis in Abhängigkeit von der Ausprägung möglicher Confounder .....	104
Tabelle 24: Prävalenz der Mobilfunkbesorgnis in Abhängigkeit von der Ausprägung möglicher Confounder .....	105
Tabelle 25: Übereinstimmung von selbst eingeschätzter und gemessener Exposition .....	106
Tabelle 26: Prävalenz chronischer Beschwerden in Abhängigkeit von der Umweltbesorgnis sowie der Mobilfunkbesorgnis .....	111
Tabelle 27: Ergebnisse der logistischen Regression für den Zusammenhang zwischen der Wachexposition gegenüber Feldern des Mobilfunks in Quartilen und chronischen Beschwerden .....	113
Tabelle 28: Ergebnisse der logistischen Regression für den Zusammenhang zwischen der selbst berichteten Exposition gegenüber Feldern des Mobilfunks und chronischen Beschwerden.....	114
Tabelle 29: Ergebnisse der logistischen Regression für den Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber Feldern des Mobilfunks und chronischen Beschwerden stratifiziert nach dem Geschlecht.....	115

## **Abkürzungsverzeichnis**

BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CAPI	Computer Assisted Personal Interviewing
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
EEG	Elektroenzephalogramm
EHS	Elektrosensitivität
EKG	Elektrokardiogramm
EMF	Elektromagnetische Felder
GSM	Global System for Mobile Cumunications
INFAS	Institut für angewandte Sozialforschung
ICNIRP	International Commission of Non-Ionizing Radiation Protection
KI	Konfidenzintervall
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
MBS	Mobilfunkbasisstation
MHz	Megahertz
REM	Rapid Eye Movement
OR	Odds Ratio
SAR	Spezifische Absorptionsrate
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
WHO	World Health Organisation
WLAN	Wireless Local Area Network

## 1. Einleitung

Fast jeder dritte Mensch weltweit ist heute über ein Mobiltelefon erreichbar. Mit nahezu drei Milliarden Nutzern ist der digitale Mobilfunk damit die am schnellsten wachsende Technologie. In Deutschland hat inzwischen jeder Staatsbürger mindestens ein Mobiltelefon [1]. Mit fortschreitender Nutzung und Erweiterung der Telekommunikation (z.B. durch UMTS) geht notwendigerweise auch eine steigende Anzahl von Mobilfunkbasisstationen einher. Diese befinden sich häufig in der Nähe von Wohnhäusern und sind daher im Fokus der Besorgnis von Anwohnern [2]. Teile der Allgemeinbevölkerung befürchten, dass elektromagnetische Felder des Mobilfunks die Gesundheit und das Wohlbefinden bereits ab Feldstärken weit unterhalb der in Deutschland geltenden Grenzwerte beeinträchtigen könnten.

Mögliche biologische Auswirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern sind seit langem ein Thema öffentlicher Diskussion. Zunächst standen Effekte im Vordergrund des Interesses, die unmittelbar zu gesundheitlichen Schäden führen (wie z.B. Tumorerkrankungen). In neuer Zeit richtet sich der Fokus zunehmend auch auf Effekte, die eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens widerspiegeln wie Kopfschmerzen, Schlafstörungen und andere unspezifische Symptome [3]. In diesem Zusammenhang wird auch der Begriff der „Elektrosensitivität“ kontrovers diskutiert. Es werden darunter unspezifische körperliche und psychische Beschwerden verstanden, die von den Betroffenen selbst auf eine Sensibilität gegenüber elektromagnetischen Feldern zurückgeführt werden. Ein kausaler Zusammenhang konnte bisher durch wissenschaftliche Untersuchungen allerdings nicht belegt werden. Inzwischen gehen viele Wissenschaftler von einem multikausalen Zusammenhang aus, in dem auch psychologische Faktoren sowie Nocebo-Effekte eine wesentliche Rolle spielen [4-7].

Die Überprüfung eines möglichen Zusammenhangs zwischen Mobilfunkexposition und der Befindlichkeit konnte lange Zeit nicht mit valider Expositionsabschätzung vorgenommen werden, da kein geeignetes Dosimeter für personenbezogene Messungen zur Verfügung stand. Entsprechende Dosimeter wurden jedoch zwischenzeitlich entwickelt und im Rahmen einer durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV) geförderten Pilotstudie umfangreich validiert [8, 9]. Auch liegen bereits die Er-

gebnisse einer Studie an Erwachsenen vor [10]. Trotz einer eventuell erhöhten Vulnerabilität gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks, wurde bislang noch keine dementsprechende Studie an Kindern und Jugendlichen durchgeführt.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Überprüfung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der individuellen objektiven Mobilfunkexposition und dem subjektiven Befinden in Form von Kopfschmerzen sowie Schlafstörungen und Müdigkeit bei Jugendlichen. Neben soziodemographischen Merkmalen wurden die subjektiv wahrgenommene Exposition sowie die allgemeine Umweltbesorgnis und speziell die Mobilfunkbesorgnis bei der Analyse berücksichtigt.

Die hier vorliegende Untersuchung fand im Rahmen einer bevölkerungsbezogenen Querschnittsstudie zu den möglichen gesundheitlichen Effekten durch Mobilfunk („**MobilEe – Mobilfunk: Exposition und Befinden**“) statt. Ziel dieser Studie war es, den möglichen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks in einem Zeitraum von 24 Stunden und der Gesundheit sowie des Wohlbefindens zu überprüfen. Dazu wurden personenbezogene Messungen über 24 Stunden an über 3.000 Kindern (8-12 Jahre) und Jugendlichen (13-17 Jahre) durchgeführt. Zusätzlich wurde mittels CAPI (computer-assisted personal interview) das Befinden sowie die subjektiven Beschwerden der Teilnehmer erfasst. Mögliche Störgrößen im Zusammenhang zwischen Mobilfunkexposition und Befinden wurden ebenfalls berücksichtigt. Um die Mobilfunkexposition in Bayern repräsentativ erheben zu können, wurde die Datenerhebung in vier unterschiedlich großen bayerischen Gemeinden durchgeführt: in München (stellvertretend für eine Millionenstadt), in Augsburg (stellvertretend für eine Großstadt), in Rosenheim (stellvertretend für eine bayerischen Kreisstadt) sowie in Landsberg (stellvertretend für eine bayerische Kleinstadt).

Sämtliche Analysen der hier vorliegenden Arbeit beziehen sich auf die Daten der jugendlichen Probanden aus der MobilEe-Studie. Zur besseren Lesbarkeit der vorliegenden Arbeit wurde durchgängig die männliche Form benutzt, es sind aber sowohl Mädchen als Jungen gleichermaßen gemeint.

## 2. Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

### 2.1. Hochfrequente elektromagnetische Felder des Mobilfunks

#### 2.1.1. Das elektromagnetische Spektrum

In unserer Umwelt treten eine Vielzahl elektromagnetischer Felder unterschiedlichster Quellen auf, da alle elektrischen Einrichtungen, Apparate oder Leitungen von solchen Feldern umgeben sind bzw. elektromagnetische Felder ausstrahlen. Die Frequenz von elektromagnetischen Feldern wird in Hertz (Hz) ausgedrückt. Elektromagnetische Felder mit hoher Frequenz werden auch als elektromagnetische Strahlungen bezeichnet [11].

Die Frequenzen der elektromagnetischen Felder unserer Umwelt erstrecken sich über einen sehr großen Bereich und ergeben so das elektromagnetische Spektrum (Abbildung 1). Elektromagnetische Wellen mit Frequenzen zwischen 30 Kilohertz (kHz) und 300 Gigahertz (GHz) werden als Hochfrequenzfelder bezeichnet [12].

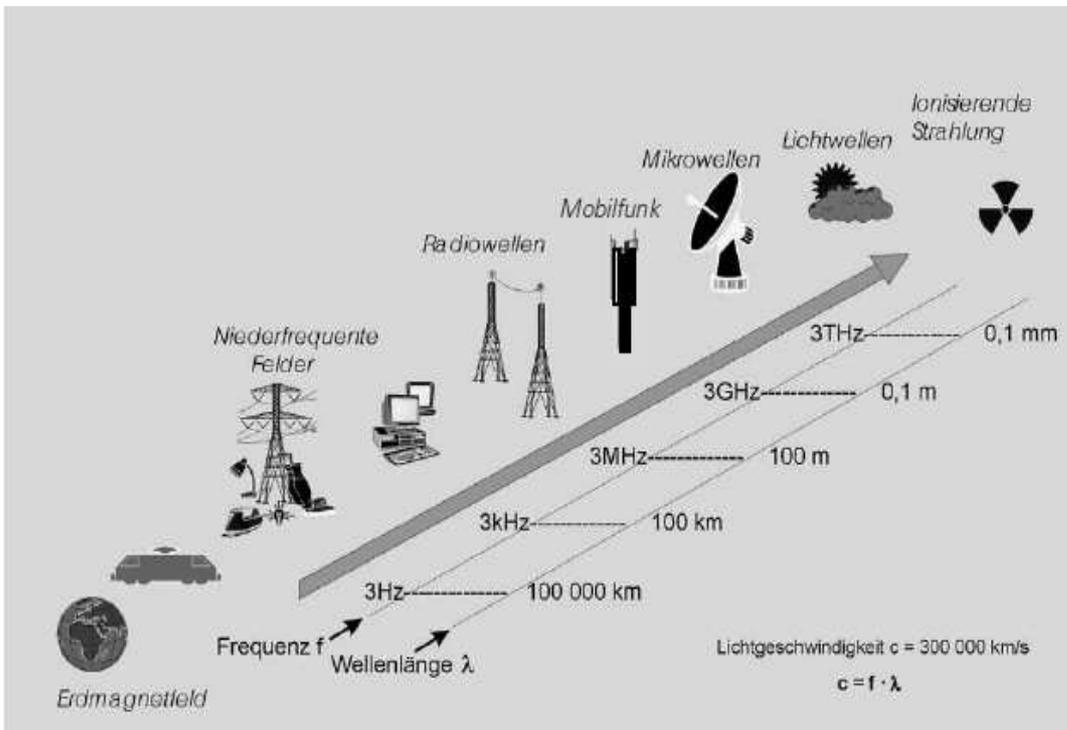


Abbildung 1: Die Frequenzen des elektromagnetischen Spektrums (nach [12])

Hochfrequenzfelder werden aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften für die Übertragung von Mobilfunk, Radio und Fernsehen verwendet. In Deutschland gibt es verschiedene Mobilfunksysteme, die in unterschiedlichen Frequenzbe-

reichen betrieben werden. Global System for Mobile Communication (GSM) ist das in Europa am meisten verbreitete System zur digitalen Signalverarbeitung [13]. Eine Übersicht über Frequenzen, Sendeleistungen und geltende Grenzwerte der Mobilfunksysteme findet sich in Tabelle 1.

**Tabelle 1: Frequenzen, Sendeleistungen und Grenzwerte der Mobilfunksysteme (nach [12, 14])**

Quelle	Frequenzbereich	Typische Sendeleistung	Grenzwert
<b>D-Netz (GSM 900)</b>			
Basisstation	890 - 960 MHz	20 - 50 W	41 - 43 V/m (entspricht 4,5 - 4,8 W/m <sup>2</sup> )
Mobiltelefon	890 - 960 MHz	max. 2 W als Spitzenwert	2 W/kg (Kopf und Rumpf)
<b>E-Netz (GSM 1800)</b>			
Basisstation	1710 - 1880 MHz	10 W	57 - 60 V/m (entspricht 8,6 - 9,4 W/m <sup>2</sup> )
Mobiltelefon	1710- 1880 MHz	max. 1 W als Spitzenwert	2 W/kg (Kopf und Rumpf)
<b>UMTS</b>			
Basisstation	2110 - 2170 MHz	10 - 30 W	61 V/m (entspricht 10 W/m <sup>2</sup> )
Mobiltelefon	1920 - 1980 MHz	max. 1 W als Spitzenwert	2 W/kg (Kopf und Rumpf)
<b>DECT</b>			
Basisstation	1880 - 1900 MHz	max. 250 mW als Spitzenwert	0,08 W/kg (Ganzkörper)
Mobilteil	1880 - 1900 MHz	max. 250 mW als Spitzenwert	2 W/kg (Kopf und Rumpf)

Innerhalb eines Mobilfunksystems strahlt jeder Sender mit einer bestimmten Leistung, die in Watt (W) angegeben wird. Die ausgesendete Feldintensität bezeichnet man als Leistungsflussdichte. Sie wird in Watt pro Quadratmeter (W/m<sup>2</sup>) gemessen. Die Intensität eines elektromagnetischen Feldes nimmt in Abhängigkeit vom Abstand zur Sendeantenne ab. Zusätzlich werden die Intensitätswerte durch die Abschirmwirkung von Gebäuden, Bäumen und anderen Hindernissen noch weiter reduziert. So verbleiben, z. B. in Wohnungen in der Umgebung einer Mobilfunkbasisstation, oftmals lediglich gemessene Intensitäten der Größenordnung von 1 mW/m<sup>2</sup> und weit darunter. [13]

Die Sendeleistung von Mobiltelefonen für den Gebrauch in den D-Netzen beträgt maximal 2 Watt, die von E-Netz- und UMTS-Geräten maximal 1 Watt (Tabelle 1). Die Strahlenbelastung durch die Antenne des Mobiltelefons ist somit beträchtlich höher als durch die Antenne der Mobilfunkbasisstation [13], deren Felder aber auf den gesamten Körper einwirken [15].

Hochfrequente elektromagnetische Felder gehen auch von schnurlosen Telefonen im Haushalt, sog. DECT-Telefonen (Digital Enhanced Cordless Telecommunications), aus. Die Basisstation eines schnurlosen Telefons sendet kontinuierlich mit konstanter Leistung [15]. Deren Exposition ist in einem Wohnraum höher als die von Mobilfunkbasisstationen ausgehende, aber geringer als die Exposition gegenüber einem Mobiltelefon [16].

### **2.1.2. Grenzwertfestlegung**

Die internationale Strahlenschutzkommission (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, kurz ICNIRP) gibt für nichtionisierende elektromagnetische Felder Grenzwertempfehlungen heraus. Diese Empfehlungen basieren auf dem aktuellen Stand der entsprechenden wissenschaftlichen Befunde, die von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der Umweltorganisation der Vereinten Nationen (UNEP) bewertet werden. Die ICNIRP prüft regelmäßig, ob eine Aktualisierung der Grenzwerte erforderlich ist. [12]

Die empfohlenen Grenzwerte beziehen sich auf die thermischen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder. Thermische Effekte entstehen durch eine Erwärmung des Körpergewebes. Durch die Einhaltung der Grenzwerte wird eine übermäßige und somit potentiell gesundheitsschädliche Erwärmung des Gewebes vermieden. Als Maß dafür dient die spezifische Absorptionsrate (SAR), welche in Watt pro Kilogramm Körpergewicht (W/kg) gemessen wird. Sie gibt die Wärmeleistung an, die vom Körper aufgenommen wird. [13]

Untersuchungen ergaben, dass der menschliche Körper erst auf Temperaturerhöhungen ab 1° Celsius reagiert. Eine solche Temperaturerhöhung kommt zustande, wenn der gesamte Körper eines Menschen ca. eine halbe Stunde lang 4 W/kg absorbiert. So wird dieser SAR-Wert als Grundlage für die Ableitung der Basisgrenzwerte verwendet. Nach Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors von 10 für beruflich exponierte Personen bzw. eines Faktors von 50 für die Allgemeinbevölkerung ergeben sich so die Basisgrenzwerte von 0,4 W/kg bzw. 0,08 W/kg. Der Ganzkörperwert bietet keinen ausreichenden Schutz, wenn nur Teile des menschlichen Körpers (wie z. B. der Kopf beim Telefonieren mit dem Mobiltelefon) den elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sind. Deshalb wurde zusätzlich ein Teilkörpergrenzwert (gemittelt über sechs Minuten und 10 g Gewebe) von 10 W/kg für beruflich Exponierte und 2 W/kg für die Allgemeinbevölkerung festgelegt. [17]

### **2.1.3. Grenzwerte in Deutschland**

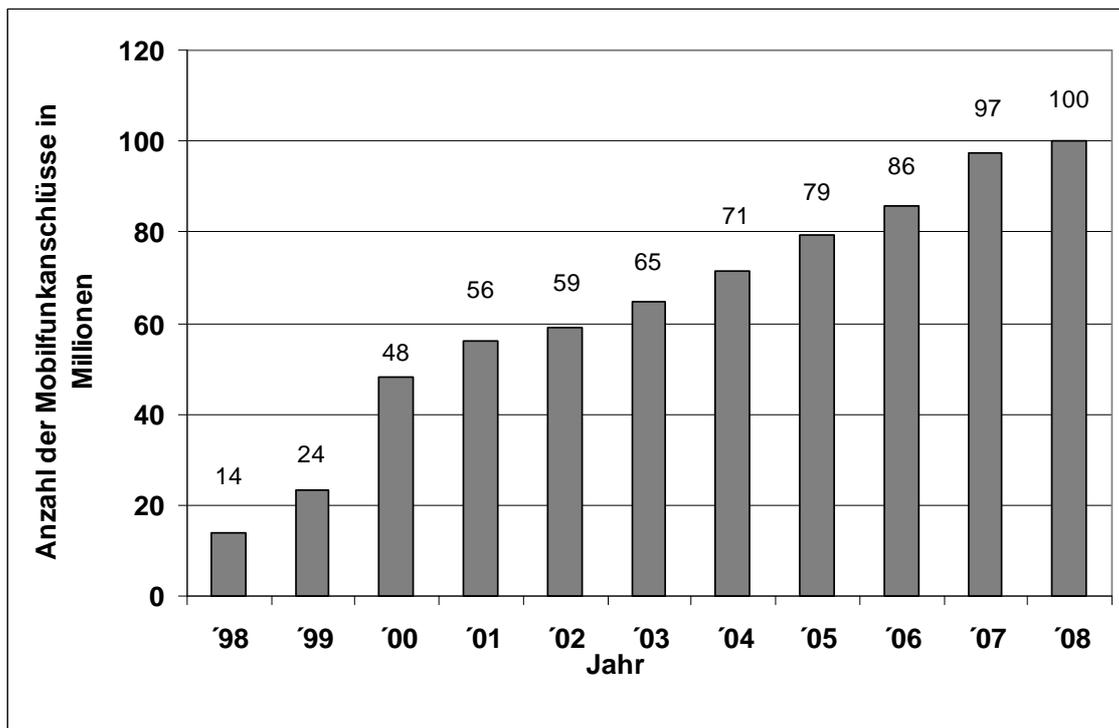
In Deutschland gilt seit 1997 die 26. Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV). Sie legt Grenzwerte für ortsfeste Sendeanlagen fest und beruht auf den Empfehlungen der INCIRP. Die Grenzwerte sind für die verschiedenen Frequenzbereiche unterschiedlich (siehe Tabelle 1). [12]

Im Rahmen der öffentlichen Diskussion über geltende Grenzwerte des Mobilfunks wird häufig kritisiert, dass diese lediglich auf thermischen Effekten hochfrequenter elektromagnetischer Felder beruhen. Eventuell auftretende so genannte athermische (also nicht durch eine Erwärmung ausgelöste) Wirkungen (vgl. Kapitel 2.3.1.) werden nicht berücksichtigt [13].

Im Rahmen des sog. EMF-Monitorings wurden an 400 Orten in Bayern Messungen der vorhandenen elektromagnetischen Felder durch das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Feldintensitäten in der Regel weit unterhalb der geltenden Grenzwerte lagen, in 95% der Fälle unter 1% der Grenzwerte. [18]

### **2.1.4. Mobiltelefonbesitz und -nutzung bei Jugendlichen**

Der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (BITKOM) in Berlin teilte kürzlich mit, dass bezüglich des Mobilfunkbesitzes in Deutschland eine „historische Marke“ überschritten wurde. Seit Mitte April 2008 gibt es in Deutschland mehr als 100 Millionen Mobiltelefonanschlüsse. Damit besitzt statistisch jeder fünfte Deutsche zwei Mobiltelefone oder Mobilfunkverträge. Im August 2006 hatte die Zahl der Anschlüsse erstmals die Einwohnerzahl übertroffen, Ende 2007 stieg sie auf gut 97 Millionen, Ende 2008 wird sie bei rund 107 Millionen liegen (Abbildung 2). [19]



**Abbildung 2: Anzahl der Mobilfunkanschlüsse in Deutschland seit 1998 [19]**

Gründe für den starken Anstieg der Mobilfunknutzung sind die sinkenden Kosten des mobilen Telefonierens, dessen steigende Popularität und die Tatsache, dass Mobiltelefone inzwischen Gebrauchsgegenstände des Alltags geworden sind. Die Mobilfunkanbieter offerieren viele Zusatzfunktionen wie Spiele, Klingeltöne etc., um besonders Kinder und Jugendliche als Nutzer zu gewinnen. [20]

In den Altersgruppen der Jugendlichen und jungen Erwachsenen ist der Besitz eines Mobiltelefons am häufigsten. Laut der JIM (Jugend, Information, Multimedia)-Studie des medienpädagogischen Forschungsverbundes Südwest von 2007 besitzen 94% der deutschen Jugendlichen ein eigenes Mobiltelefon und nur bei den Jüngeren (12-13 Jahre) liegt der Ausstattungsgrad unter 90% [21]. Eine im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) vom Institut für angewandte Sozialwissenschaft (infas) 2006 in Deutschland durchgeführte bevölkerungsrepräsentative Umfrage zeigte, dass in der Altersgruppe der 18-24 Jährigen die häufigsten Mobiltelefonnutzer waren [22].

Trotz einer eventuell erhöhten Vulnerabilität von Kindern und Jugendlichen gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks (vgl. Kapitel 2.4.), gibt es bislang nur wenige Studien zum Besitz und zur Nutzung von Mobiltelefonen bei

Jugendlichen. Die bisherigen nationalen und internationalen Studien (Tabelle 2) haben folgende Faktoren identifiziert, die einen Einfluss auf den Besitz und die Nutzung eines Mobiltelefons haben:

- **Alter:** Mit steigendem Alter nehmen bei Jugendlichen Besitz und Nutzung eines Mobiltelefons deutlich zu [21, 23-27].
- **Geschlecht:** Verschiedene Studien ergaben, dass Mädchen häufiger ein eigenes Mobiltelefon besitzen und es auch häufiger nutzen [25-31]. In einer weiteren Studie zeigte sich zwar ebenfalls ein häufigerer Mobiltelefonbesitz bei Mädchen, aber bezüglich der Nutzung für Anrufe ergaben sich keine Geschlechtsunterschiede [32]. Auch in der in Großbritannien durchgeführten Studie von Rees et al. (2007) fand sich kein geschlechtsspezifischer Unterschied bezüglich der Mobiltelefonnutzung. Die Studie verfügte aber nur über eine eher geringe Fallzahl (n =129) [33].
- **Sozialer Status:** Hinsichtlich des Mobiltelefonbesitzes ergaben sich in den verschiedenen Studien widersprüchliche Ergebnisse. In einigen Studien zeigte sich ein häufigerer Besitz bei Jugendlichen mit einem hohen sozialen Status [21, 26, 27], in anderen Studien besaßen Jugendliche mit einem niedrigen sozialen Status häufiger ein Mobiltelefon [20, 23]. Schüz et al. (2005) mutmaßten, dass ein Mobiltelefon in der niedrigeren sozialen Schicht als Statussymbol gelten könnte [20].

Bezüglich der Nutzung eines Mobiltelefons sind die Ergebnisse der Studien nahezu einheitlich. Jugendliche mit einem niedrigen sozialen Status nutzen das Mobiltelefon häufiger [23, 25, 27, 29]. Lediglich in einer ungarischen Studie [26] ergab sich eine geringere Nutzung bei sozial Benachteiligten. Die Autoren vermuten, dass das im Vergleich zu anderen europäischen Ländern niedrigere Durchschnittseinkommen eventuell der Grund dafür sein könnte.

- **Wohnort:** Jugendliche, die in einer Stadt wohnen, besitzen häufiger ein Mobiltelefon als auf dem Land lebende Jugendliche [23, 26].

**Tabelle 2: Übersicht über die nationalen und internationalen Studien zu Mobiltelefonbesitz und -nutzung bei Kindern und Jugendlichen**

Literatur	Land	Zeitraum	Teilnehmer (n)	Response	Mobiltelefonbesitz	Mobiltelefonnutzung
Böhler et al. (2004) [23]	BRD	2002/2003	1.933 10 Jahre im Durchschnitt	88%	35% in der vierten Klasse; 3% hatten 1999/2000 in der 1. Klasse schon eines, in der 2. Klasse 9% und in der 3. Klasse 23%	6% mindestens ein Anruf pro Tag (die restlichen telefonieren seltener)
Dimonte et al. (2006) [24]	Italien	2005	1.011 9-18 Jahre	k. A.	9 + 10 Jahre: 60%; 11-13 Jahre 87%; 14-18 Jahre 98%	31% telefonieren mehr als 6 Minuten pro Tag, die anderen weniger
Döring et al. (2005) [28]	BRD	2003	483 12-18 Jahre	k. A.	83% Besitz oder Zugang	durchschnittlich 5,5 Telefonate pro Woche
JIM-Studie (2007)	BRD	2007	1.000 12-19 Jahre	k. A.	94%	66% nutzen das Mobiltelefon täglich
Koivusilta (2007) [25] und Punamäki (2007) [31]	Finnland	2001	7.292 12-18 Jahre	70%	12 J.: 63%; 14 J.: 82%; 16 J.: 92%; 18 J.: 95%	Nutzung öfter als sporadisch: 12 J. 34%; 14 J. 46%; 16 J. 52%, 18 J. 55%
Lampert (2007) [29] KIGGS-Studie	BRD	2003-2006	17.641 11-17 Jahre	67%	k. A.	62% nutzen das Mobiltelefon täglich
Ling (2002) [30]	Norwegen	2001	1.000 13-20 Jahre	k. A.	13J.: 82%; 16 J. 93%; 18 J.: 96%; 20 J.: 93%	k. A.
Madell (2006) [32]	Großbritannien	2003/2004	451 11-18 Jahre	k. A.	91% besaßen ein Mobiltelefon	18%: einmal die Woche; 29% mehrmals die Woche; 12% einmal am Tag; 20% 2-5 Mal am Tag
Martha (2007) [34]	Frankreich	2005	1.129 14-20 Jahre	90%	85% besaßen ein Mobiltelefon	k. A.
Mezei (2007) [26]	Ungarn	2005	1.301 10 Jahre im Durchschnitt	94%	76% besaßen ein Mobiltelefon	24% täglich; 33% mehrmals die Woche
Rees (2007) [33]	Großbritannien	k.A.	129 15-16 Jahre	k. A.	99% besaßen oder nutzten ein Mobiltelefon	k. A.
Söderquist (2007) [27]	Schweden	2005/2006	1.423 7-14 Jahre	71%	79% Zugang und 58% Besitz; 7 J.: 49% Zugang und 7% Besitz; 14 J.: 98% Zugang und 95% Besitz	mehr als 2 Minuten täglich: alle: 27%; 7 J.: 8%; 14 J.: 45%

k. A. = keine Angabe

### **2.1.5. Besorgnis bezüglich elektromagnetischer Felder des Mobilfunks**

Die Technik der mobilen Telekommunikation und Datenübertragung wurde seit ihrer Einführung rasch ins Alltagsleben integriert. Viele Bürger möchten die Vorteile der modernen Technologie nicht mehr missen, die aber auch ein flächendeckendes System an Mobilfunkbasisstationen erfordert. Die neuen Technologien werden jedoch auch kritisch hinterfragt, vor allem was ihre gesundheitliche Relevanz anbelangt. Mit zunehmender Anzahl der Mobilfunkbasisstationen stieg deshalb auch die Sorge in der Bevölkerung bezüglich möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die hochfrequenten elektromagnetischen Felder des Mobilfunks. [12] Auch Felder von Hochspannungsleitungen und Mikrowellen stehen immer wieder im Mittelpunkt der öffentlichen Diskussion. Durch den Aufbau des neuen UMTS-Netzes ab dem Jahr 2000 und dem damit verbundenen Bedarf an zahlreichen neuen Mobilfunkbasisstationen wurden die Bedenken in der Allgemeinbevölkerung verstärkt [11].

Besorgnis wird vor allem bezüglich der räumlichen Nähe zu Mobilfunkbasisstationen geäußert. Dabei wird oft nicht berücksichtigt, dass die mit Abstand höchsten Intensitäten während des Telefonierens mit dem Mobiltelefon auftreten [35]. Dieser scheinbare Widerspruch mag darauf zurückzuführen sein, dass sich eine Person der Exposition gegenüber einer Mobilfunkbasisstation nicht entziehen kann, während ihr eine Vermeidung von Eigentelefonaten möglich ist [11]. Menschen beurteilen diejenigen Risiken als weniger bedrohlich, die sie für kontrollierbar halten (Kruse, 1995, zitiert nach [36]).

Eine wichtige Rolle hinsichtlich der Besorgnis der Bevölkerung spielt auch die Dauer der Exposition. Zwar ist die Exposition einer Mobilfunkbasisstation im Vergleich zum Mobiltelefon eher gering, aber sie sendet dafür 24 Stunden am Tag und über Jahre hinweg hochfrequente elektromagnetische Felder aus, die auf den gesamten Körper einwirken. Zur Debatte steht allerdings nach wie vor die Frage, ob eine kurze Spitzenbelastung durch ein Eigentelefonat eventuell bedenklicher ist als eine länger andauernde niedrigere Belastung. Zudem ist zu berücksichtigen, dass eine höhere Dichte von Sendeanlagen eigentlich von Vorteil ist, da deren Sendeleistung so verringert werden kann. [13]

Im Auftrag des BfS führte das Institut für angewandte Sozialwissenschaft (infas) in den Jahren 2003 bis 2006 jährlich eine bevölkerungsrepräsentative Umfrage

in Deutschland durch. Dabei wurden sowohl die aktuelle Wahrnehmung der Bevölkerung in Bezug auf gesundheitliche Risiken von elektromagnetischen Feldern als auch mögliche Veränderungen über den Untersuchungszeitraum hinweg beleuchtet. [22] Im Jahr 2006 äußerten sich 27% der deutschen Bevölkerung (ab 14 Jahren) als gesundheitlich besorgt bezüglich der elektromagnetischen Felder von Mobiltelefonen, schnurlosen Telefonen und Mobilfunkbasisstationen. Seit der ersten Umfrage im Jahr 2003 hat die Besorgnis leicht abgenommen (2003: 30%). Die stärkste Quelle der Besorgnis war in diesem Zusammenhang mit 21% die Mobilfunkbasisstation. An zweiter Stelle stand das Mobiltelefon mit 16%. Das schnurlose Telefon (DECT) wurde mit 5% nur selten angegeben. Unter den „stark besorgten“ Personen war die Mobilfunkbasisstation mit 32% die stärkste Sorgenquelle. [22, 37]

9% der Deutschen gaben 2006 an, sich durch die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks gesundheitlich beeinträchtigt zu fühlen. Im Jahr 2003 waren es 8%. Auch hier stellte die Mobilfunkbasisstation mit 21% die stärkste Sorgenquelle dar. Das Mobiltelefon belegte mit 11% wiederum den zweiten Platz. DECT nannten nur 4% als Hauptquelle ihrer Beeinträchtigungen. Die Personen, die sich „stark beeinträchtigt“ fühlten, gaben die Mobilfunkbasisstation mit 38% als stärkste Quelle ihrer Beeinträchtigung an. [22, 37]

In einer weiteren deutschlandweiten Studie äußerten 17% der Bürger Sorgen um ihre Gesundheit aufgrund der elektromagnetischen Felder von Mobilfunkbasisstationen, 10% attribuierten gesundheitliche Beeinträchtigungen auf selbige. [38]

Laut der im Juni 2007 veröffentlichten Special Eurobarometer-Umfrage<sup>1</sup> zu elektromagnetischen Feldern zeigten sich 48% der EU-Bürger diesbezüglich "sehr" bzw. "ziemlich" besorgt. 36% der Befragten hielten Auswirkungen der von Mobilfunkbasisstationen ausgehenden elektromagnetischen Felder auf die Gesundheit "in starkem Maße" für möglich, 40% gaben an, in "gewissem Maß" an gesundheitliche Wirkungen zu glauben. Nach den Feldern von Mobiltelefonen befragt, antworteten 28%, dass sie in "starkem Maß" an gesundheitliche Auswirkungen glauben würden, 45% glaubten dies in "gewissem Maß". [39]

---

<sup>1</sup> Der Eurobarometer ist eine in regelmäßigen Abständen von der Europäischen Kommission in Auftrag gegebene Meinungsumfrage innerhalb der EU-Mitgliedsländer. Für die Umfrage zu „Elektromagnetischen Feldern“ wurden im Herbst 2006 circa 30.000 EU-Bürger in 25 EU-Staaten persönlich befragt.

Europaweit sind also mehr Bürger bezüglich der Felder des Mobilfunks besorgt als z.B. in Deutschland. Ein Selektionsbias kann hier allerdings nicht ausgeschlossen werden, da im Bericht zur Special Eurobarometer-Umfrage Angaben zur Response fehlen.

Insgesamt wird das potentielle Risiko durch die elektromagnetischen Felder von Mobilfunkbasisstationen immer höher eingeschätzt als das der Felder von Mobiltelefonen [39-41].

Die bisherigen nationalen und internationalen Studien haben folgende Faktoren identifiziert, durch welche die Mobilfunkbesorgnis beeinflusst wird:

- **Alter:** Personen mittleren Alters sind am häufigsten bezüglich elektromagnetischer Felder des Mobilfunks besorgt und fühlen sich auch am häufigsten durch diese in ihrer Gesundheit beeinträchtigt [22, 34, 38, 40]. Jugendliche sind weitaus seltener besorgt oder fühlen sich seltener beeinträchtigt.
- **Geschlecht:** In einigen Studien finden sich Hinweise für eine höhere Risikoeinschätzung bei Frauen [22, 40, 42].
- **Bildungsgrad:** Personen mit niedrigerer Schul- oder Berufsausbildung sind weniger häufig besorgt [7, 22, 38]. Sie scheinen sich aber häufiger durch elektromagnetische Felder des Mobilfunks gesundheitlich beeinträchtigt zu fühlen [22, 38].
- **Mobiltelefonnutzung:** Nicht-Nutzer zeigen sich häufiger besorgt oder nutzen das Mobiltelefon aufgrund ihrer Besorgnis seltener [22, 40-43].
- **Vertrauen in Autoritäten:** Personen mit größerem Vertrauen in die staatlichen Autoritäten, welche die Grenzwerte festlegen, nehmen ein geringeres Risiko wahr als Personen, die den Autoritäten weniger vertrauen [41].
- **Allgemeine Umweltbesorgnis:** Personen, die andere Technologien als risikoreich einschätzen, sehen auch in den elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks häufiger ein gesundheitliches Risiko [43].
- **Geographische Lage:** In Deutschland besteht ein Nord-Süd-Gefälle. Laut einer deutschen Studie sind die Bürger aus Bayern und Baden-Württemberg besonders besorgt [22]. Eine weitere in Deutschland

durchgeführte Studie zeigte, dass die Bayern mit 22% am häufigsten besorgt waren und sich mit 13% am häufigsten beeinträchtigt fühlten [38]. In der Eurobarometer-Studie zeigte sich für Europa ebenfalls ein Nord-Süd-Gefälle [39].

- **Selbst eingeschätzte Nähe der Wohnung zur nächsten Basisstation:** Anwohner schätzen das Gesundheitsrisiko von Mobiltelefonen und Mobilfunkbasisstationen höher ein als die Durchschnittbevölkerung [40, 42]. Personen, die angaben in der Nähe einer Mobilfunkbasisstation zu wohnen, zeigten sich in der infas-Studie mit 43% deutlich häufiger besorgt und fühlten sich mit 18% auch häufiger gesundheitlich beeinträchtigt [22]. Auch in der Quebeb-Studie tendierten Personen, die angaben, in unmittelbarer Nähe einer Basisstation zu wohnen, mit 21% häufiger zu Besorgnis und Beeinträchtigung (13%) als der Durchschnitt (17% Besorgte, 10% Beeinträchtigte) [38]. Lediglich in einer Schweizer Studie zeigte sich bezüglich der Risikowahrnehmung von Quellen elektromagnetischer Felder kein Unterschied in Abhängigkeit von der Wohnnähe zur nächsten Basisstation [41].

Im Vergleich zu anderen möglichen Umwelt- oder Gesundheitsrisiken wie Asbest, Luftverschmutzung, Lärm, Chemikalien oder Atomkraftenergie rangieren die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks eher auf den unteren Rängen [39-43]. In Deutschland waren 26% der Befragten „ziemlich“ oder „stark“ besorgt bezüglich der Felder von Mobilfunkbasisstationen, 17% bezüglich der Benutzung von Mobiltelefonen und 13% bezüglich der Nutzung von DECT. Die stärkste Bedrohung wurde in der Luftverschmutzung gesehen (56%) [22]. In der Eurobarometer-Studie standen die EU-Bürger anderen möglichen Auslösern von Gesundheitsrisiken ebenfalls kritischer gegenüber. 93% der Befragten stufte Chemikalien als Einflussfaktor auf ihre Gesundheit ein, gefolgt von der Qualität von Lebensmitteln (88%) [39].

Die meisten der bisherigen Studien wurden nur an Erwachsenen durchgeführt. Speziell für die Risikowahrnehmung bei Jugendlichen liegen kaum Zahlen vor. Deshalb wurde in der hier vorliegenden Arbeit neben der allgemeinen Umweltbesorgnis speziell die Mobilfunkbesorgnis der Jugendlichen erfasst und untersucht, in welchem Ausmaß allgemeine Umweltbesorgnis und speziell Mobil-

funkbesorgnis bei Jugendlichen vorhanden sind und ob sich diese auf das subjektive Befinden auswirken.

## **2.2. Expositionserfassung im Mobilfunkbereich**

In den meisten der bisherigen epidemiologischen Studien stellte die Bestimmung der Mobilfunkexposition ein großes Problem dar. Problem der verschiedenen Ansätze zur Expositionserfassung war eine mögliche Missklassifikation der Studienteilnehmer. Diese Missklassifikation kann dazu führen, dass hoch exponierte Personen fälschlicherweise als niedrig oder nicht exponiert eingestuft werden und umgekehrt.

### **2.2.1. Mobilfunknutzung**

In der Regel wurden im Rahmen eines Interviews Häufigkeit und Dauer der Eigentelefonate mit dem Mobiltelefon (manchmal zusätzlich DECT) seit Beginn der ersten Nutzung erfragt. Eine retrospektive Erfassung der Exposition über Angaben der Probanden bezüglich der Mobilfunknutzung erweist sich aber aufgrund eines möglichen Erinnerungsfehlers (Recall-Bias) als problematisch. Validierungsstudien zur Überprüfung der Zuverlässigkeit der Angaben verglichen die Angaben der Probanden mit den Daten der Netzbetreiber oder benutzten speziell modifizierte Mobiltelefone, bei denen die Nutzungsdauer genau aufgezeichnet wurde. Die Auswertungen wiesen darauf hin, dass die Angaben der Probanden nicht vollständig mit ihren tatsächlichen Mobiltelefon-Gewohnheiten übereinstimmten. So ergab sich in der sechsmonatigen Studie von Parslow et al. (2003) eine Überschätzung der Anzahl und der Dauer der Mobiltelefonate [44].

In einer deutschen Validierungsstudie unterschätzten die Studienteilnehmer die Anzahl ihrer Anrufe pro Tag leicht, die durchschnittliche Dauer der Gespräche überschätzten sie jedoch wesentlich. Die Autoren bewerteten die Angaben der Studienteilnehmer als „einigermaßen zutreffend“. Allerdings wurde die Zuverlässigkeit der Probandenangaben in dieser Studie wahrscheinlich überschätzt, da es sich bei den Studienteilnehmern um besonders motivierte Personen gehandelt haben dürfte (Selektionsbias). Zudem war der Zeitraum von drei Monaten relativ kurz und die Teilnehmer achteten während der Studie vermutlich mehr auf ihre Telefoniergewohnheiten als sonst. [45]

Vrijheid et al. (2006) kombinierten die Ergebnisse von elf Validierungsstudien, die im Rahmen der Interphone-Studie zur Häufigkeit von Hirntumoren bei Mobiltelefonnutzung durchgeführt wurden. Es zeigten sich große Unterschiede zwischen den einzelnen Teilnehmern. Die Werte variierten von Unterschätzung um den Faktor 8 bis zur achtfachen Überschätzung. Die Gesprächsdauer wurde im Mittel um 42% überschätzt. Personen, die ihr Mobiltelefon wenig nutzten, unterschätzten ihren Mobiltelefongebrauch, Personen mit stärkerer Nutzung neigten zur Überschätzung. Die Autoren beurteilten die Korrelation zwischen erinnertem und tatsächlichem Mobiltelefongebrauch insgesamt als mäßig bis hoch. Da es sich bei den Probanden der Validierungsstudien wohl um besonders motivierte Personen handelte und zudem nur ein relativ kurzer Zeitraum von sechs Monaten untersucht wurde, schlussfolgerten die Autoren, dass die Mobilfunknutzungsangaben der Probanden in der Interphone-Gesamtstudie noch weniger zutreffend sein könnten. [46]

Das schlechte Erinnerungsvermögen der Probanden (Recall-Bias) bewirkt im Allgemeinen eine nicht-differentielle Missklassifikation, welche die statistische Power der Studie reduziert und somit das Entdecken eines vorhandenen Effekts erschwert [47, 48]. Das Problem eines auftretenden Recall-Bias gestaltet sich besonders kritisch, wenn dieser zu einer differentiellen Missklassifikation führt [49, 50]. So neigen erkrankte Personen, z.B. Tumorpatienten, dazu, ihre frühere Exposition zu überschätzen, was wiederum zu einer Überschätzung des zu untersuchenden Risikos führen kann.

Die Verwendung der Daten der Mobilfunknetzbetreiber wäre somit eine bessere Lösung des Problems, allerdings speichern gerade in Deutschland die Netzbetreiber nur die ausgehenden Anrufe. In einer wissenschaftlichen Studie müssten jedoch auch die eingehenden Anrufe berücksichtigt werden. [51]

In anderen europäischen Ländern werden alle wesentlichen Nutzungsdaten durch die Netzbetreiber gespeichert. Die Nutzung von Daten der Mobilfunknetzbetreiber kann jedoch trotz ihrer Objektivität zu Missklassifikationen führen, da nicht alle Mobiltelefonnutzer einen Vertrag nutzen, der auf ihren eigenen Namen läuft. Auch können detaillierte Informationen, z. B. bezüglich der Nutzung von Freisprecheinrichtungen, auf diesem Wege nicht erfasst werden. Schüz und Johansen (2007) verglichen die Übereinstimmung von Netzbetreiberdaten mit Angaben aus persönlichen Interviews mit den Probanden. Es er-

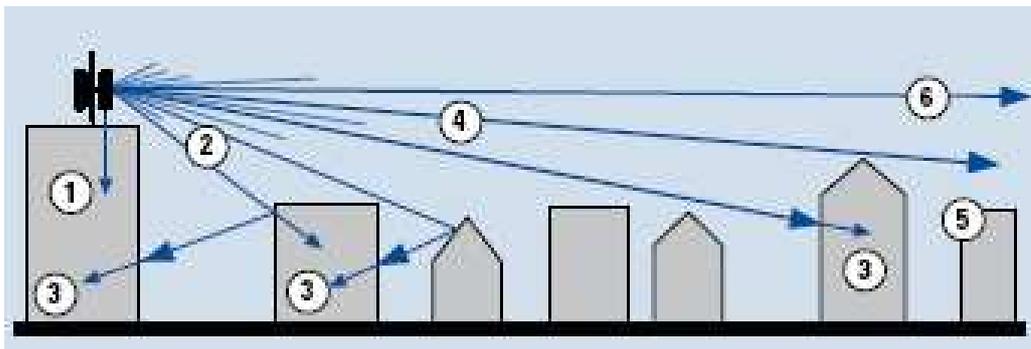
gab sich eine mittelmäßige Übereinstimmung. Die Autoren schlussfolgerten, dass die Limitationen der beiden Expositionsabschätzungsmethoden im Rahmen einer prospektiven Follow-up-Studie minimiert werden könnten, in der Daten der Mobilfunknetzbetreiber und zusätzlich erhobene Fragebogendaten miteinander kombiniert werden. [50]

Ein weiteres Problem besteht darin, dass die Sendeleistung eines Mobiltelefons je nach Abstand zur Basisstation, SAR-Wert des Mobiltelefons, Empfangsqualität und Nutzung einer Freisprecheinrichtung sehr unterschiedlich ausfallen kann [52]. Die Region, in der das Telefonat geführt wird, spielt ebenfalls eine Rolle. Hillert et al. (2006) überprüften in einer Pilotstudie zur Expositionsabschätzung von Mobiltelefonnutzern Faktoren, die das Ausmaß der Exposition durch Eigen-telefonate beeinflussen. Den größten Einfluss auf die Sendeleistung hatte der Faktor städtische versus ländliche Region. Der Zeitanteil, in dem das Mobiltelefon mit einer Sendeleistung von 1 bzw. 2 Watt/kg arbeitete, war in ländlichen Gegenden vier- bis fünfmal höher als in städtischen Regionen. Beim Telefonieren in einem fahrenden Auto war die Sendeleistung höher als bei Außennutzung, aber niedriger als in einem Gebäude [53]. Eine Studie von Lönn et al. (2004) zeigte, dass der Zeitanteil an Telefonaten mit einer Sendeleistung von 2 Watt/kg in ländlichen Gebieten doppelt so hoch war wie in Städten. Somit sind die Angaben zur Mobilfunknutzung oftmals kein ausreichend valides Expositionsmaß. [54]

### **2.2.2. Selbst eingeschätzter Abstand zur nächsten Basisstation**

In einigen Studien wurde mittels eines Interviews oder Fragebogens erhoben, wie weit die Probanden die Entfernung ihrer Wohnung zur nächsten Mobilfunkbasisstation einschätzten [55, 56]. Die Feldstärke von Mobilfunkfeldern sinkt mit dem Quadrat der Entfernung zur Sendeantenne [11, 13]. Aus verschiedenen Gründen besteht bei diesem Vorgehen ebenfalls das Problem einer Missklassifikation. Zum einen ist es wahrscheinlich, dass Personen, die ihre Symptome auf elektromagnetische Felder des Mobilfunks zurückführen, verstärkt auf das Vorhandensein von Basisstationen achten und daher den Abstand eher geringer einschätzen. Zum anderen werden Antennen von Basisstationen von den Anwohnern oftmals gar nicht als solche erkannt, da sie nicht immer sichtbar installiert sind [57].

Des Weiteren wird die Exposition gegenüber einer Mobilfunkbasisstation nicht allein vom räumlichen Abstand bestimmt. Abschirmeffekte, Reflektionen und topographische Gegebenheiten sowie die Sendeleistung und Hauptstrahlrichtung der Basisstation können zu erheblichen örtlichen Schwankungen der vorhandenen Feldstärken führen (Abbildung 3). So kann eine Person, die in unmittelbarer Nähe einer Basisstation wohnt, einer viel geringeren Exposition ausgesetzt sein als eine Person in beispielsweise 200 Meter Entfernung. Der Abstand zur Mobilfunkbasisstation ergibt somit keine zuverlässige Schätzung der individuellen Exposition [2, 58-60].



- 1) Kaum Abstrahlung nach unten in das Gebäude.
- 2) Seitenmaxima sind schwächer als Hauptstrahl.
- 3) Verlust durch Reflexion, Dämpfung bei Eindringen in das Gebäude > 70%.
- 4) Hauptstrahl trifft erst nach ca. 200 Metern auf den Boden (je nach Neigungswinkel).
- 5) Abschattung, eventuell Funkloch.
- 6) Aussendungen in die Ferne können andere Funkzellen stören.

**Abbildung 3: Ausbreitung elektromagnetischer Felder einer Mobilfunkbasisstation (nach [12])**

In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass die über die selbst eingeschätzte Entfernung zur nächsten Basisstation erhobene Mobilfunkexposition nicht mit der tatsächlich vorhandenen Exposition der Probanden übereinstimmte. In der Studie von Radon et. al. (2006) ergab sich keine Assoziation zwischen dem selbst berichteten Abstand zur nächsten Mobilfunkbasisstation und der von einem Personendosimeter gemessenen Exposition [8]. In einer anderen Studie wurde anhand von Geokoordinaten der Abstand der Wohnung der Probanden zur nächsten Basisstation berechnet. Lediglich 21% der Probanden, die nach den Berechnungen in einem Abstand von 500 Metern zur nächsten Basisstation wohnten, schätzten die Entfernung auch so ein [38].

### **2.2.3. Stationäre Messungen**

In anderen Studien wurde versucht, das Problem einer validen Expositionserfassung durch stationäre Messungen, z.B. in den Schlafräumen der Probanden, zu lösen [61, 62]. Bei stationären Messungen ist allerdings eine erhebliche Spannbreite der Ergebnisse in Abhängigkeit von der Ausrichtung des Messinstruments, der örtlichen Position, der Höhe des Messpunkts, der Witterung, der Jahreszeit und der Verwendung unterschiedlicher Messsonden möglich [63]. Sie stellen somit nur zeitlich begrenzte Punktmessungen dar und sind zudem keine gute Schätzung für die durchschnittliche Exposition, da sich ein Mensch gewöhnlich nicht den ganzen Tag über an der gleichen Stelle aufhält. Die persönliche Exposition kann zudem durch Einflüsse außerhalb der Wohnumgebung stark beeinflusst werden, z. B. durch berufliche Exposition und durch Eingentelefonate.

Außerdem ist die Durchführung stationärer Messungen bei jedem einzelnen Probanden sehr teuer und zeitaufwändig [51]. Wird nur an einem Hauptaufenthaltort gemessen, kann dies genauso zu einer Missklassifikation des Probanden (exponiert oder nicht-exponiert) führen, da die Felder anderer Quellen stärker sein können und auch die zeitliche Variation der elektromagnetischen Felder sowie die Mobilität der Personen nicht ausreichend berücksichtigt werden kann [58, 60].

### **2.2.4. Berechnung der Exposition**

Eine weitere Möglichkeit zur Expositionsbestimmung der Bevölkerung in der Umgebung von Basisstationen ist die Verwendung spezieller Computerverfahren. Diese nutzen detaillierte Informationen und technische Daten über die vorhandenen Basisstationen, deren Hauptstrahlrichtung und Leistung, bauliche Gegebenheiten in der Umgebung etc., um die Exposition rechnerisch abzuschätzen.

Solche Verfahren wurden unter anderem im Rahmen des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms<sup>2</sup> entwickelt und erprobt [58, 59, 64, 65]. Die Exposition kann hierbei für bestimmte Standorte berechnet werden. Ein Individuum hält sich allerdings im Tagesverlauf an verschiedenen Orten auf. Zudem unterliegt die Exposition an einem Ort, z.B. der Wohnung eines Probanden, temporären Schwankungen durch unterschiedliche Auslastung der umgebenden Mobilfunkbasisstationen und durch Eigentelefonate. So führt auch diese Methode nicht zu einer validen Abschätzung der individuellen Exposition.

Das Problem einer nicht möglichen individuellen Expositionsmessung erschwert die Interpretation der bisherigen Ergebnisse epidemiologischer Studien. Aus demselben Grund gibt es bisher auch nur wenige epidemiologische Studien. Die genaue Expositionsbestimmung war bisher nur im Laborsetting möglich. Da sich die Ergebnisse aus Laborstudien aber nicht ohne weiteres auf den Alltag übertragen lassen, ist es für eine Erweiterung des derzeitigen Erkenntnisstandes wesentlich, auch epidemiologische Feldstudien durchzuführen. Ein internationales Expertengremium betonte daher kürzlich die Notwendigkeit der Entwicklung von Personendosimetern, um eine individuelle und valide Expositionserfassung zu ermöglichen sowie die Notwendigkeit, alle relevanten Quellen hochfrequenter elektromagnetischer Felder zu erfassen [2].

### **2.2.5. Personendosimetrie**

Durch die Entwicklung von Personenmessgeräten wurde das Problem der bisher invaliden Expositionsbestimmung gelöst. Erstmals wurde die personenbezogene Dosimetrie in einer deutschen Pilotstudie erprobt, die das neu entwickelte ESM-140-Dosimeter der Firma Maschek verwendete [8, 9]. Inzwischen liegen auch Ergebnisse aus einer Studie an Erwachsenen vor [10]. Mit dem Personendosimeter steht eine valide Methode zur Objektivierung der individuellen Exposition zur Verfügung, so dass epidemiologische Studien zur Untersu-

---

<sup>2</sup> Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm ist durch das Bundesumweltministerium (BMU) und das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) initiiert worden und wird zu gleichen Teilen vom BMU und den Mobilfunkbetreibern gefördert. Trotz dieser anteiligen Finanzierung haben die Mobilfunkbetreiber kein Mitspracherecht bei der Auswahl der Forschungsprojekte oder bei der Auswertung der Forschungsergebnisse. Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm wird ausschließlich durch das BfS koordiniert und umgesetzt. Seit 2002 bis voraussichtlich 2008 werden zum Thema "Mobilfunk" Forschungsvorhaben aus den Bereichen „Biologie“, „Dosimetrie“, „Epidemiologie“ und „Risikokommunikation“ ca. 50 Studien durchgeführt. Ziel ist es, grundsätzliche biologische Wirkungen und Mechanismen wissenschaftlich zu untersuchen und unter Einbeziehung internationaler Forschungsergebnisse deren gesundheitliche Relevanz abzuschätzen (<http://www.emf-forschungsprogramm.de/>).

chung eines möglichen Zusammenhangs zwischen elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und akuten gesundheitlichen Effekten durchgeführt werden können.

## **2.3. Mobilfunk und Gesundheit**

### **2.3.1. Thermische und athermische Effekte des Mobilfunks**

Die thermische Wirkung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ist unumstritten. Wie in Kapitel 2.1.2. beschrieben, dient sie als Grundlage für die Grenzwertfestlegung zum Schutz vor adversen Effekten hochfrequenter elektromagnetischer Felder. Bei Einhaltung der empfohlenen ICNIRP-Grenzwerte sind thermische Wirkungen auszuschließen. So führt beispielsweise die Exposition durch ein Mobiltelefon nur zu lokalen Temperaturerhöhungen knapp unter 0,1° Celsius. Die Exposition durch eine Mobilfunkbasisstation bewirkt Temperaturerhöhungen von wenigen hunderttausendstel Grad, die allerdings praktisch nicht mehr messbar sind [66].

Umstritten ist die Frage, ob hochfrequente elektromagnetische Felder über die thermischen Effekte hinaus noch weitere Auswirkungen auf den Körper haben. Unter diesen sogenannten athermischen Effekten versteht man „mögliche Auswirkungen der elektromagnetischen Felder [...], die zwar keine Temperaturerhöhung im Körper hervorrufen (also unterhalb der thermischen Wirkungsschwelle liegen), möglicherweise jedoch andere Auswirkungen haben“ (Revermann, 2003, S. 44 [11]).

Im Rahmen dieser Diskussion ist die Unterscheidung zwischen einem biologischen Effekt und einer negativen gesundheitlichen Auswirkung wichtig. Unter einem biologischen Effekt versteht man „eine messbare (jedoch nicht notwendigerweise schädliche) physiologische Reaktion im biologischen System auf eine Exposition durch elektromagnetische Felder“ (Revermann, 2003, S. 42 [11]). Eine negative Auswirkung auf die Gesundheit hingegen „ist ein biologischer Effekt, dessen Wirkungen (Folgen) über die normale physiologische Kompensationsfähigkeit des Körpers hinausgehen und zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen oder Schädigungen führen“ (Revermann, 2003, S. 42/43 [11]). Ein biologischer Effekt der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks muss sich also nicht zwangsläufig negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken.

Im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks werden zahlreiche potentielle adverse Effekte auf die Gesundheit diskutiert, wie beispielsweise Krebs, kognitive Funktionsstörungen, Herz- und Kreislaufprobleme, EEG-Veränderungen, Schlafstörungen, Tinnitus, Sehstörungen, Wirkungen auf das kardiovaskuläre System und den Hormonhaushalt.

Die bisherigen Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung geben keine einheitlichen Hinweise auf gesundheitlich relevante Effekte. Bisher wurde auch kein plausibler und möglicher Wirkungsmechanismus gefunden, mit dem eine athermische Wirkung von elektromagnetischen Feldern erklärt werden könnte [67-70].

Trotzdem berichten viele Personen über unspezifische akute Symptome wie Kopfschmerzen und Schlafstörungen, die sie mit Mobilfunkexposition in Zusammenhang bringen. Die Definition der WHO von Gesundheit („Health is a state of complete physical, mental and social well-being, not merely the absence of disease or infirmity“ Repacholi 2001, S. 324 [71]) beinhaltet, dass Gesundheit eine wichtige subjektive Komponente enthält. Dies muss besonders bei der Bewertung von möglichen Gesundheitsrisiken durch elektromagnetische Felder des Mobilfunks berücksichtigt werden. Befindlichkeitsstörungen haben zwar keine lebensbedrohlichen Auswirkungen, dennoch führen sie bei den betroffenen Personen zu einer starken Beeinträchtigung der Lebensqualität, die ernst genommen werden muss. Die Prävalenz von Befindlichkeitsstörungen ist in der Allgemeinbevölkerung relativ hoch [3].

Da sich die hier vorliegende Arbeit mit möglichen Effekten des Mobilfunks auf den Schlaf und auf Kopfschmerzen bei Jugendlichen beschäftigt, wird im Folgenden lediglich auf Ergebnisse von epidemiologischen Studien und Laborstudien am Menschen aus dem entsprechenden Bereich eingegangen. Da es bisher erst eine Studie an Jugendlichen gibt (vgl. Kapitel 2.4.), werden im Folgenden Studien an Erwachsenen vorgestellt.

### ***2.3.2. Möglicher Einfluss elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf Kopfschmerzen***

Die Prävalenz von Kopfschmerzen ist in der Allgemeinbevölkerung relativ hoch. **Stovner et al.** (2006) berichteten für Erwachsene in Europa eine Einjahresprävalenz von 51%, sowie weltweit von 46% [72]. Damit sind Kopfschmerzen unter

den ersten zehn der die Gesundheit beeinträchtigenden Faktoren, bei Frauen sogar unter den ersten fünf [73]. Bereits bei Kindern und Jugendlichen treten Kopfschmerzen relativ häufig auf. In der Studie von **Kröner-Herwig et al.** (2007) ergab sich eine 6-Monatsprävalenz für Kopfschmerzen von 53% bei 7-14 Jährigen in Deutschland. Das Auftreten von Kopfschmerzen erhöht sich dabei mit steigendem Alter von 39% bei den 7-Jährigen bis zu 63% bei den 14-Jährigen [74]. **Fendrich et al.** (2007; 69% bei 12-15 Jährigen in Deutschland) [75] und **Roth-Isigkeit et al.** (2004; 66% bei deutschen 10-18 Jährigen) [76] berichteten vergleichbar hohe Drei-Monatsprävalenzen.

Kopfschmerzen sind ein Symptom, welches sehr häufig in Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks genannt wird. Im Rahmen einer Schweizer Studie an 394 Personen, die Befindlichkeitsstörungen auf elektromagnetische Felder zurückführen, wurden Kopfschmerzen mit 41% am zweithäufigsten angegeben [77]. Am häufigsten wurden mit 58% Schlafstörungen genannt. Bei einer vergleichbaren Studie in Deutschland mit allerdings geringerer Personenzahl (n = 158) waren Kopfschmerzen jedoch nicht unter den sieben am häufigsten genannten Beschwerden [78].

Neben den Studien bezüglich eventueller negativer Auswirkungen von Mobiltelefonnutzung auf die Prävalenz von Kopfschmerzen wurden auch Untersuchungen zur Überprüfung eines möglichen Effekts von elektromagnetischen Feldern durch Mobilfunkbasisstationen durchgeführt. Eine Unterscheidung ist sinnvoll, da sich die elektromagnetischen Felder von Mobiltelefonen und Mobilfunkbasisstationen unterscheiden. Die Felder der Basisstationen liegen in einem anderem Frequenzbereich, sie werden (im Gegensatz zur kürzeren Dauer von Eigentelefonaten) rund um die Uhr ausgestrahlt und liegen weit unter den von einem Mobiltelefon ausgesendeten Feldstärken. Zudem ist eine Einteilung der vorhandenen Studien in Human-Laborstudien und epidemiologische Studien möglich.

## **Laborstudien**

### Mobiltelefonnutzung

**Koivisto et al.** (2001) untersuchten in zwei einfach-blinden Laborstudien an je 48 Probanden den Einfluss elektromagnetischer Felder eines digitalen GSM-Mobiltelefons (902 MHz; 0,25 W) auf subjektive Symptome bei gesunden Probanden. Diese bewerteten die Stärke der bei ihnen auftretenden Symptome

(Kopfschmerzen, Schwindel, Müdigkeit, Hautrötungen etc.). Die Ergebnisse zeigten keinen Unterschied zwischen der Expositions- und der Kontrollbedingung. [79]

**Oftedal et al.** (2007) fanden in einer doppelblinden Provokationsstudie an 17 Probanden, die sich selbst als „elektrosensitiv“ gegenüber Mobiltelefonexposition einschätzten, ebenfalls keinen Hinweis darauf, dass die Exposition (902,4 MHz; SAR = 1 W/kg) bei den Probanden Kopfschmerzen verursachte [4].

### Mobilfunkbasisstationen

In einer experimentellen Studie von **Zwamborn et al.** (2003), der sog. TNO-Studie, zeigte sich weder bei gesunden noch bei sich selbst als „elektrosensitiv“ einschätzenden Probanden ein Unterschied bezüglich Kopfschmerzen bei An- bzw. Abwesenheit von elektromagnetischen Feldern, wie sie von Mobilfunkbasisstationen ausgesendet werden (Versuchsbedingungen: keine Exposition, 900 MHz, 1800 MHz und 2100 MHz mit jeweils einer Intensität von 1 V/m) [80]. Eine Schweizer Replikationsstudie der TNO-Studie kam zu einem vergleichbaren Ergebnis [81].

Eine Übersicht aller hier dargestellten Laborstudien zum Thema eines möglichen Einflusses von Mobilfunkfeldern auf Kopfschmerzen findet sich in Tabelle 3.

## **Epidemiologische Studien**

### Mobiltelefonnutzung

Viele der bisher durchgeführten epidemiologischen Studien fanden einen Zusammenhang zwischen der Mobilfunknutzung und Kopfschmerzen. **Hocking** führte 1998 in Australien eine Befragung (an lediglich 40 Personen) zu Symptomen durch, die auf die Mobiltelefonnutzung zurückgeführt wurden. Die Symptome der Befragten (z.B. dumpfer Kopfschmerz) fingen gewöhnlich wenige Minuten nach Beginn des Telefonats an und hörten meist innerhalb einer Stunde danach wieder auf. [82]

Insbesondere in Norwegen und Schweden berichteten viele Bürger von unspezifischen Symptomen wie Kopfschmerzen, Konzentrationsschwierigkeiten etc., die sie in Verbindung mit der Nutzung eines Mobiltelefons brachten. **Oftedal et al.** (2000) führten bezüglich dieser geschilderten Befindlichkeitsstörungen eine epidemiologische Querschnittsstudie an 17.000 Personen durch, die beruflich

ein Mobiltelefon benutzten. 31% der befragten Norweger und 13% der befragten Schweden berichteten Symptome, die sie mit der Nutzung des Mobiltelefons in Zusammenhang brachten. Am häufigsten wurden unter anderem Kopfschmerzen genannt. Die meisten Symptome begannen dabei nach Eigenangaben während oder innerhalb einer halben Stunde nach dem Telefonat und dauerten bis zu zwei Stunden an. Zudem ergab sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Telefonierdauer und -häufigkeit und der Prävalenz von EMF-bezogenen Symptomen. [83]

Am selben Probandenkollektiv verglich die Arbeitsgruppe von **Sandström et al.** (2001) die geschilderten Symptome von Nutzern eines analogen mit denen eines digitalen (GSM-Standard) Mobiltelefons. Die Hypothese der Autoren, dass die Nutzer eines GSM-Mobiltelefons (aufgrund gepulster Strahlung und höherer Intensität) eine höhere Prävalenz von Symptomen wie Kopfschmerzen haben könnten, konnte nicht bestätigt werden. Für einige Symptome ging der Trend für GSM-Nutzer sogar Richtung eines niedrigeren Risikos. Es ergab sich jedoch ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Telefonierdauer und -häufigkeit und der Prävalenz mehrerer Symptome, unter anderem auch für Kopfschmerzen. [84] Eine höhere Telefonierdauer und -häufigkeit könnten jedoch auch Anzeichen für beruflichen Stress sein, welcher wiederum Symptome wie Kopfschmerzen etc. auslösen kann. So zeigte sich in einer Studie von **Herr** (2005), dass Personen mit größerer Arbeits- und Stressbelastung häufiger ein Mobiltelefon benutzten [85] (siehe auch Kapitel 2.3.3.).

Eine weitere Auswertung des Datensatzes von **Sandström et al.** (2001) ergab, dass die Häufigkeit einiger Symptome wie Kopfschmerzen mit einem höheren SAR-Wert des von den Probanden benutzten Mobiltelefons ( $> 0,5 \text{ W/kg}$ ) korreliert war, vor allem bei längerer Gesprächsdauer pro Tag. Es konnte allerdings aufgrund der geringen Fallzahl nicht für die von **Sandström et al.** (2001) gefundenen Confoundern (z.B. Alter, Geschlecht, psychosoziale Faktoren) adjustiert werden, was einen methodischen Mangel darstellt. [86]

In einer Querschnittsuntersuchung von **Chia et al.** (2000) wurde an über 800 Probanden untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen neuronalen Symptomen und der Mobiltelefonnutzung besteht. Kopfschmerzen wurden von Nutzern statistisch signifikant häufiger berichtet als von Nicht-Mobiltelefonnutzern. Die Ergebnisse zeigten, dass Kopfschmerzen mit der Gesprächsdauer korrelierten.

Zudem wies die Untergruppe der Mobiltelefonnutzer, welche nie eine Freisprecheinrichtung nutzte, die höchste Prävalenz für Kopfschmerzen unter den Mobiltelefonnutzern auf. Bezüglich der anderen betrachteten Symptome konnte kein Zusammenhang festgestellt werden. Vorhandene methodische Mängel sind hier eine relativ niedrige Teilnahmebereitschaft (daher möglicher Selektionsbias), sowie die Tatsache, dass keine weiteren Kopfschmerz auslösenden Einflussfaktoren (wie z.B. beruflicher Stress) berücksichtigt wurden. [87]

In einer französischen Querschnittsstudie berichteten Mobiltelefonnutzer nicht häufiger über Kopfschmerzen als Probanden, die kein Mobiltelefon nutzten [88].

#### Mobilfunkbasisstationen

In einer epidemiologischen Studie erfassten **Santini et al.** (2002) in Frankreich bei 530 Personen unter anderem die selbst eingeschätzte Distanz der Wohnung zur nächsten Mobilfunkbasisstation und selbst berichtete Befindlichkeitsstörungen. Wie die Teilnehmer rekrutiert wurden, ist in der Studie nicht adäquat beschrieben. Bezüglich einer Non-Responder-Analyse wurden ebenfalls keine Angaben gemacht. Die Einteilung der Probanden in verschiedene Expositionsgruppen geschah nach der selbst eingeschätzten Entfernung der Wohnung zur Mobilfunkbasisstation. Mögliche Störgrößen scheinen nicht in die Auswertung eingegangen zu sein. Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der selbst berichteten Entfernung der Wohnung zur Basisstation und der Symptomprävalenz, welche sich mit wachsendem Abstand verringerte. Die Auswertung ergab, dass Anwohner im Umkreis von bis zu 200 Metern Entfernung von der Mobilfunkbasisstation signifikant häufiger unter Kopfschmerzen litten als nach eigener Einschätzung „nicht-exponierte“ und Anwohner, die nach eigener Angabe in über 300 Meter Entfernung zur Mobilfunkbasisstation wohnten. [55]

**Navarro et al.** (2003) untersuchten 2001 in Spanien die Bewohner einer Stadt mit einer Mobilfunkbasisstation (1800 MHz). Bezüglich der Rekrutierung der Probanden wurden keine näheren Angaben gemacht. 70% der angeschriebenen Personen nahmen teil, was 5% der Gesamteinwohnerzahl entsprach. Mittels eines Fragebogens wurden die gesundheitlichen Beschwerden der Teilnehmer sowie soziodemographische Daten und der selbst berichtete Abstand der Wohnung zur Basisstation erfasst. 101 Personen wurden in die Auswertung miteinbezogen (47% Männer und 53% Frauen ab einem Alter von 15 Jahren).

Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der selbst eingeschätzten Entfernung der Wohnung zur Basisstation und der Symptommhäufigkeit (unter anderen Kopfschmerzen). Mögliche Störgrößen wie Eigentelefonate scheinen bei der Auswertung nicht berücksichtigt worden zu sein. Aufgrund der schwerwiegenden methodischen Mängel sollte man die Ergebnisse der beiden zuletzt dargestellten Studien nicht kausal interpretieren. [56]

In weiteren Feldstudien wurde versucht, vor allem das Problem der Missklassifikation durch eine unvalide Expositionsabschätzung zu verringern. In Österreich führten **Hutter et al.** (2002, 2006) eine Pilotstudie bezüglich der möglichen Auswirkungen der Exposition gegenüber Mobilfunkbasisstationen auf die Gesundheit durch. Untersucht wurden Anwohner von zehn Basisstationen (900 MHz). Die Untersuchung umfasste neben der Erhebung von soziodemographischen Daten, Mobiltelefonnutzung, Gesundheitszustand, Besorgnis bezüglich verschiedener Umweltfaktoren etc. auch Erinnerungs- und Reaktionstests. Insgesamt nahmen 336 Personen im Alter zwischen 18 und 91 Jahren teil (davon 59% Frauen). Die Auswahl der Probanden erfolgte zufällig aus dem Telefonbuch. Die Autoren gaben an, dass etwas über 40% der kontaktierten Personen die Teilnahme verweigerten. Eine stationäre Messung der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks fand in den Schlafzimmern der Probanden statt und die Messresultate fielen mit Intensitäten zwischen 0,0001 und 0,57 mW/m<sup>2</sup> relativ gering aus. Der höchste Messwert entsprach umgerechnet ungefähr einem Prozent des in Deutschland gültigen Grenzwerts. Mögliche Störgrößen wurden bei der Auswertung berücksichtigt. Für Probanden der höchsten Expositions-kategorie (> 0,5 mW/m<sup>2</sup>) zeigte sich mit 79% eine statistisch signifikant höhere Prävalenz für Kopfschmerzen (Referenzkategorie ≤ 0,1 mW/m<sup>2</sup>; Kopfschmerzprävalenz 61%). [61, 62]

Im Rahmen einer dreimonatigen experimentellen Feldstudie untersuchten **Heinrich et al.** (2007), ob die elektromagnetischen Felder einer UMTS-Mobilfunkbasisstation einen Einfluss auf die Befindlichkeit von Personen hatten, deren Arbeitsplatz sich in unmittelbarer Umgebung der Basisstation befand. Die Sendeanlage wurde im Rahmen der Doppelblindung nach einem Zufallsplan über einen Zeitraum von drei Monaten ein- und ausgeschaltet. Mittels eines Online-Fragebogens wurde täglich erfasst, ob die 95 Probanden in der Lage waren, die elektromagnetischen Felder der Sendeanlage wahrzunehmen und

welche Beschwerden bei ihnen auftraten. Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen der gemessenen Exposition in den Büros der Teilnehmer und den berichteten Befindlichkeitsstörungen (unter anderen Kopfschmerzen). [89]

Im Rahmen des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms wurden in einer bevölkerungsbezogenen Querschnittsstudie mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen durch die Felder von Mobilfunkbasisstationen überprüft (sog. Quebeb-Studie). Bei 1.500 Personen erfolgte die Messung der Exposition mittels Personendosimeter der Firma Antennessa in den Schlafzimmern der Teilnehmer. Es fanden sich keine Zusammenhänge zwischen der Exposition und den einbezogenen gesundheitlichen Beschwerden wie Kopfschmerzen. [38]

**Thomas et al.** (2008) untersuchten eine bevölkerungsbezogene Zufallsstichprobe von 329 Erwachsenen. Die Exposition der Teilnehmer (Frequenzen von Mobiltelefonen und Basisstationen sowie DECT und WLAN) wurde mittels eines Personendosimeters jeweils über einen Zeitraum von 24 Stunden erfasst. Parallel dazu wurden chronische Beschwerden sowie am Untersuchungstag auftretende akute Beschwerden erhoben. Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Gesamtexposition der Probanden und chronischen oder akuten Kopfschmerzen. Abgesehen von einer Pilotstudie [9, 90] ist dies die erste epidemiologische Studie, in der Personendosimetrie zur Abschätzung der individuellen Exposition gegenüber Mobilfunkfrequenzen verwendet wurde. Dies ermöglichte erstmals die Berücksichtigung aller Expositionsquellen inklusive Eigentelefonaten, Telefonaten von Personen in der Umgebung, Feldern von Mobilfunkbasisstationen, schnurlosem Telefon zuhause und WLAN. Des Weiteren konnte die individuelle Exposition an allen Aufenthaltsorten der Probanden (zuhause, Schule, Arbeit, Freizeit) während des Messzeitraums berücksichtigt werden. [10]

Eine Übersicht aller hier dargestellten epidemiologischen Studien zum Thema eines möglichen Einflusses von Mobilfunkfeldern auf Kopfschmerzen findet sich in Tabelle 5.

## **Fazit**

Die Ergebnisse der bisherigen Studien sind inkonsistent. Bezüglich eines Zusammenhangs zwischen elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und Kopfschmerzen gibt es zwar mehr Hinweise auf eine mögliche Assoziation als bei anderen Symptomen, trotz allem ist eine abschließende Bewertung schwie-

rig. So weisen die vorhandenen epidemiologischen und experimentellen Studien z. T. sehr unterschiedliche Fragestellungen, Designs und Methoden auf und sind daher nur begrenzt miteinander vergleichbar. Des Weiteren lag in den meisten der epidemiologischen Studien keine valide Expositionsabschätzung für die Gesamtheit der elektromagnetischen Felder des Mobilfunkbereichs vor, so dass von einer differentiellen Missklassifikation auszugehen ist. Eine valide Expositionsabschätzung kann nur durch den Einsatz von Personendosimetern erreicht werden.

Weitere Studien mit ausreichend großer Fallzahl, valider Expositionsabschätzung und Adjustierung für Confounder sind notwendig, um die Frage einer möglichen Assoziation zu klären. Auch ist bisher kein plausibler Wirkungsmechanismus bekannt, der die Entstehung von Befindlichkeitsstörungen durch die Einwirkung von elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks mit Intensitäten weit unterhalb der geltenden Grenzwerte erklären könnte [67-69].

Alle in diesem Kapitel dargestellten Studien wurden an erwachsenen Probanden durchgeführt. Bezüglich eines möglichen Zusammenhangs zwischen elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und Kopfschmerzen gibt es erst eine Studie an Jugendlichen (vgl. Kapitel 2.4.).

### ***2.3.3. Möglicher Einfluss elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf Schlafstörungen sowie Müdigkeit***

Bei Schlafstörungen und Müdigkeit handelt es sich um zwei Befindlichkeitsstörungen, die sich oft gegenseitig bedingen. Sie wurden daher in diesem Kapitel zu einer Symptomgruppe zusammengefasst. Die berichteten Prävalenzen für Schlafstörungen variieren in Studien aus den USA, Europa und Australien zwischen 7 und 46 Prozent [3]. Die hohe Variation der Prävalenz ist darauf zurückzuführen, dass verschiedene Definitionen für den Begriff der Schlafstörungen verwendet wurden. Die Prävalenz von chronischer oder schwerer Schlafstörung liegt bei etwa 10-20 Prozent [3].

Elektromagnetische Felder des Mobilfunks werden häufig mit möglichen negativen Effekten auf die Schlafqualität in Zusammenhang gebracht. So wurden in der Befragung von **Röösli et al.** (2004) von sich selbst als „elektrosensitiv“ einschätzenden Teilnehmern Schlafstörungen mit 58% am häufigsten und Müdigkeit an vierter Stelle (18%) genannt [77]. Auch im Rahmen des Projekts „Main-

zer EMF-Wachhund“<sup>3</sup> wurden von den Betroffenen Schlafstörungen mit 51% am häufigsten und Müdigkeit am dritthäufigsten (44%) genannt [78].

Im Folgenden werden die Studien bezüglich eines möglichen Zusammenhangs zwischen elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und Schlafstörungen sowie Müdigkeit wiederum in Human-Laborstudien und epidemiologische Studien unterteilt. Es wurden sowohl potentielle Effekte einer Exposition durch Eigentelefonate als auch von Mobilfunkbasisstationen untersucht. Es ist anzumerken, dass in den Laborstudien bezüglich eines möglichen Einflusses elektromagnetischer Felder von Mobilfunkbasisstationen auf Schlafstörungen und Müdigkeit teilweise recht hohe Feldstärken verwendet wurden. Im Alltag treten Felder von Mobilfunkbasisstationen in der Regel nicht in solcher Höhe auf.

### **Laborstudien**

Die Schlafqualität lässt sich im Schlaflabor durch die Aufzeichnung von Gehirnströmen im Elektroenzephalogramm (EEG) objektiv beurteilen. Anhand des EEGs lassen sich verschiedene Schlafphasen wie z. B. der REM-Schlaf (REM = rapid eye movement) identifizieren. Die Dauer und die Latenzzeit dieser Phasen gelten als klassische Schlafparameter [91]. Verschiedene Human-Laborstudien untersuchten einen potentiellen Einfluss von Mobilfunkfeldern auf das Schlaf-EEG. Die bisher publizierten Studien verwendeten alle GSM-Signale mit einer Frequenz von ca. 900 MHz und einer Pulsung von 217 MHz, da GSM das weltweit am meisten verwendete System für Mobilfunknetze ist. Die verwendeten Studiendesigns sind unterschiedlich. Die Sendeleistung bzw. der SAR-Wert der Exposition variierte zwischen Werten, wie sie in der Nähe von Mobilfunkbasisstationen auftreten, bis zu Werten, wie sie bei der Nutzung von Mobiltelefonen auftreten. Die Dauer der Exposition reichte von 30 Minuten vor Schlafbeginn bis zu einer durchgängigen Exposition während des gesamten Nachtschlafs. Die Studien wurden einfach- oder doppelblind und meistens in einem Cross-Over-Design durchgeführt.

---

<sup>3</sup> Der Mainzer EMF-Wachhund ist eine gemeinsame Initiative des Ministeriums für Umwelt und Forsten in Rheinland-Pfalz und der Mainzer Johannes-Gutenberg-Universität. Das Projekt hatte es sich zur Aufgabe gemacht, gesundheitliche Beschwerden zu beobachten, welche mit elektromagnetischen Feldern in Zusammenhang gebracht werden. Ein entsprechender Fragebogen wurde im Internet angeboten und konnte online ausgefüllt oder ausgedruckt und per Post zurück gesandt werden. Zwischen Oktober 2003 und März 2005 berichteten 192 Personen von entsprechenden Beschwerden. 56% davon bezeichneten sich selbst als „elektrosensitiv“.

## Mobiltelefonnutzung

**Mann und Röschke** (1996) prüften in einer einfach-blinden Cross-Over-Studie den Effekt gepulster 900 MHz Exposition eines Mobiltelefons auf Schlafempfinden und EEG an 14 männlichen Probanden. Die durchschnittliche Leistungstärke des Signals betrug in 40 Zentimeter Entfernung vom Kopf  $0,5 \text{ W/m}^2$ . Jeder Teilnehmer verbrachte drei aufeinanderfolgende Nächte im Labor. Die erste Nacht diente der Adaption, dann folgten bei den Probanden in randomisierter Abfolge Exposition und Schein-Exposition. Es zeigten sich eine signifikant reduzierte Einschlafzeit sowie ein Anstieg der mittleren Leistungsdichte in allen Frequenzbändern im REM-Schlaf. Es war kein Einfluss des Expositionsstatus auf das subjektive Empfinden während der Nacht und am nächsten Tag festzustellen. Diesbezüglich das einzige statistisch signifikante Resultat war, dass sich die Probanden am Tag nach Nächten mit Feldexposition „ruhiger“ fühlten. [92]

In einer Replikationsstudie der gleichen Arbeitsgruppe wurde eine geringere Sendeleistung des Signals verwendet ( $0,2 \text{ W/m}^2$ ). Es traten generell die gleichen Ergebnisse auf, die gefundenen Effekte waren jedoch geringer und es erwies sich kein Ergebnis als statistisch signifikant. [93]

In einer weiteren Studie derselben Arbeitsgruppe war die durchschnittliche Sendeleistung mit  $50 \text{ W/m}^2$  deutlich höher. Es ergaben sich durch die Befeldung keine statistisch signifikanten Effekte auf die klassischen Schlafparameter und das EEG. [94]

**Huber et al.** (2002) exponierten Probanden in einer doppelblinden Cross-Over-Studie 30 Minuten lang mit einem 900 MHz-Signal ( $\text{SAR} = 1 \text{ W/kg}$ , drei Nächte: gepulste, nicht-gepulste und Schein-Exposition) vor dem Einschlafen. Die Exposition gegenüber dem pulsmodulierten elektromagnetischen Feld führte im Wach-EEG vor dem Einschlafen zu einer Aktivitätszunahme im Alpha-Bereich. Ein kontinuierliches Feld der gleichen Intensität hatte dagegen im Vergleich zur Scheinexposition keinen Einfluss auf das EEG vor dem Einschlafen. Die Autoren folgerten daraus, dass die gepulsten Felder für die EEG-Veränderung verantwortlich zu sein scheinen. [95]

**Loughran et al.** (2005) untersuchten in einer doppelblinden Cross-Over-Studie die Effekte einer 30-minütigen Exposition gegenüber eines GSM-Mobiltelefons (894,6 MHz,  $\text{SAR} = 0.11 \text{ W/kg}$ ) vor Schlafbeginn und fanden eine verminderte

REM-Schlaflatenz. Die Spektralanalyse ergab in den ersten 30 Minuten der ersten Non-REM-Schlafphase eine signifikante Zunahme der EEG-Aktivität im Frequenzbereich von 11,5 bis 12,25 Hz nach der Befeldung. [96]

In einer weiteren doppelt verblindeten Cross-Over-Studie von **Regel et al.** (2007) wurden 15 männliche Probanden vor dem Schlafen einer 30-minütigen Exposition (ähnlich derjenigen eines GSM-Mobiltelefons mit 900 MHz; SAR entweder 0.2 oder 5 W/kg) ausgesetzt. Das Schlafmuster wurde durch die Exposition nicht beeinflusst. Im Schlaf-EEG zeigte sich ein dosisabhängiger Anstieg der Leistung im Spindel-Frequenz-Bereich im Nicht-REM-Schlaf. [97]

In der Studie von **Fritzer et al.** (2007) verbrachten 20 Probanden (10 exponierte und 10 nicht-exponierte Personen) acht Nächte im Schlaflabor. Bei der Exposition handelte es sich um ein gepulstes GSM-Signal (900 MHz; über 1 g gemittelte SAR von 0.875 W/kg). Es zeigte sich für keinen der 17 klassischen Schlafparameter (Schlafeffizienz, Latenz bis zum Einschlafen, Anteil und Dauer der REM-Phasen etc.) ein signifikanter Unterschied zwischen exponierten und nicht-exponierten Probanden. Auch ließen sich keine kumulierten Effekte (nach sechs Nächten mit Exposition) nachweisen. [98]

#### Mobilfunkbasisstationen

**Borbély et al.** (1999) untersuchten in einer doppelblinden Cross-Over-Studie an 24 männlichen Personen die unmittelbaren Effekte eines 900 MHz GSM-Signals (15-minütige an/aus-Zyklen, SAR = 1 W/kg) auf den nächtlichen Schlaf. Es zeigten sich eine signifikante Verkürzung der Wachphasen nach Schlafbeginn sowie ein Anstieg der Leistungsdichte in den ersten Nicht-REM-Schlafphasen. [99]

In einer weiteren doppelblinden Cross-Over-Studie wurden 16 junge Männer vor dem Einschlafen 30 Minuten lang hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (900 MHz; SAR = 1 W/kg; gepulst oder kontinuierlich) ausgesetzt. Die verwendete Exposition führte im Vergleich zur Kontrollbedingung (Schein-Exposition) in den ersten 30 Minuten der nicht REM-Phasen zu einer Erhöhung der Leistungsdichte im Alpha-Band. Danach fand eine Angleichung an die Scheinexpositionssituation statt. Bezüglich der subjektiven Einschätzung von Schlafqualität und Schlaflatenzzeit durch die Probanden ergaben sich keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zur Kontrollbedingung. [100]

**Hinrichs et al.** (2005) untersuchten in einer Doppelblindstudie mit Cross-Over-Design die Auswirkungen einer Fernfeldexposition durch ein GSM-Mobilfunksignal (1800 MHz; maximale SAR wurde auf 72 mW/kg geschätzt) auf das Schlaf-EEG. Jeder der 14 Probanden verbrachte 5 aufeinander folgende Nächte im Schlaflabor. Die Auswertung der klassischen Schlafparameter ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Exposition und Scheinexposition. [101]

Eine Übersicht aller hier dargestellten Human-Laborstudien zum Thema eines möglichen Einflusses von Mobilfunkfeldern auf Schlafstörungen und Müdigkeit findet sich in Tabelle 4.

### **Epidemiologische Studien**

Die meisten der im Folgenden dargestellten Studien befassten sich nicht nur mit den Symptomen Schlafstörungen und Müdigkeit, sondern es wurde das Vorhandensein einer ganzen Reihe weiterer Befindlichkeitsstörungen erfasst. Im Rahmen der epidemiologischen Studien zum Thema wurden ebenfalls sowohl die potentiellen Effekte der Mobiltelefonnutzung als auch der Exposition durch Mobilfunkbasisstationen auf den Schlaf untersucht.

#### Mobiltelefonnutzung

In der bereits beschriebenen Querschnittsstudie von **Oftedal et al.** (2000) berichteten 8% der norwegischen und 2% der schwedischen Teilnehmer von auftretender Müdigkeit, die sie auf berufliche Mobiltelefonnutzung zurückführten [83]. In einer detaillierteren Auswertung durch **Sandström et al.** (2001) ergab sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Telefonierdauer sowie -häufigkeit und der Prävalenz von Müdigkeit [84]. Die weitere Auswertung zeigte auch, dass die Häufigkeit von Müdigkeit mit einem höheren SAR-Wert des von den Probanden benutzen Mobiltelefons ( $> 0,5 \text{ W/kg}$ ) assoziiert war, vor allem bei längerer Gesprächsdauer pro Tag [86]. Die Ergebnisse sind allerdings nur mit Vorsicht zu interpretieren, da mögliche Confounder (wie psychosoziale Arbeitsbelastung, Beruf und Geschlecht) bei der Auswertung nicht berücksichtigt wurden.

Eine französische Studie zum Thema Mobiltelefonnutzung zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich des Auftretens von Müdigkeit und Schlafstörungen zwischen Nutzern und Nicht-Nutzern. Ein statistisch signifikan-

ter Unterschied ergab sich zwischen Frauen und Männern. Weibliche Mobiltelefonnutzer gaben häufiger Schlafstörungen an als männliche Mobiltelefonnutzer. Bei den Nicht-Mobiltelefonnutzern konnte dieser geschlechtsspezifische Unterschied nicht gefunden werden. [88]

**Herr** untersuchte 2005 an 132 Probanden mittels Fragebogen einen möglichen Zusammenhang zwischen Mobiltelefonnutzung und selbst berichteter Schlafqualität. Für die Mobiltelefonnutzungsdauer konnte kein Zusammenhang zur Schlafqualität gefunden werden. Die Auswertung ergab jedoch statistisch signifikante Unterschiede in der Schlafqualität in Abhängigkeit von ungeklärten körperlichen Beschwerden, vom subjektiven Stressgefühl und von der täglichen Arbeitszeit (als Indikator für beruflichen Stress). Auch sprachen die Ergebnisse dafür, dass Personen mit größerer Arbeits- und Stressbelastung häufiger ein Mobiltelefon nutzten. [85]

#### Mobilfunkbasisstationen

In der bereits in Kapitel 2.3.2. näher dargestellten Studie von **Santini et al.** (2002) zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der selbst berichteten Nähe der Wohnung zur nächsten Basisstation und der Häufigkeit von Schlafstörungen und Müdigkeit. Die Auswertung ergab, dass Anwohner in bis zu 200 Metern selbst berichteter Entfernung der Wohnung zur Mobilfunkbasisstation statistisch signifikant häufiger über Schlafstörungen berichteten als „nicht-exponierte“ und Anwohner in über 300 Metern selbst berichteter Entfernung zur Basisstation. Müdigkeit trat bei Anwohnern, die in einer selbst berichteten Entfernung von bis zu 300 Metern um die Basisstation wohnen, statistisch signifikant häufiger auf als in der Referenzgruppe. [55] Wegen der bereits angesprochenen methodischen Mängel (vgl. Kapitel 2.3.2.) sollte man diese Ergebnisse jedoch mit Vorsicht interpretieren.

**Navarro et al.** (2003) fanden ebenfalls einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Entfernung zur nächsten Mobilfunkbasisstation und dem Auftreten von Schlafstörungen. Für Müdigkeit ergab sich hingegen keine statistisch signifikante Assoziation [56]. Aufgrund des sehr kleinen Untersuchungskollektivs ( $n = 101$ ) und wahrscheinlicher Missklassifikation der Exposition (selbst eingeschätzte Entfernung zur Mobilfunkbasisstation als Expositionsmaß) ist dieses Ergebnis nur begrenzt interpretierbar.

Eine österreichische Querschnittsstudie, die die Exposition der Probanden mittels stationärer Messungen im Schlafzimmer abschätzte, fand keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber Mobilfunkbasisstationen und der selbst berichteten Schlafqualität von Anwohnern. Bei den bezüglich Mobilfunk besorgten Probanden ergab sich eine statistisch signifikant schlechtere Schlafqualität. [61, 62]

Zum gleichen Ergebnis kamen **Berg et al.** (2007). Auch in dieser Studie wurde die Exposition mittels einmaliger Messung im Schlafzimmer erhoben. Die Schlafqualität wurde mittels Fragebogen erfasst. Es ergab sich eine höhere Prävalenz von Schlafstörungen bei Probanden, welche ihre gesundheitlichen Beeinträchtigungen auf Basisstationen attribuierten. [38]

Im Rahmen des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms wurde bei sich selbst als „elektrosensitiv“ einschätzenden Anwohnern von Mobilfunkbasisstationen die Schlafqualität unter häuslichen Bedingungen untersucht. Anlass für die Untersuchung war, dass die bisherigen Untersuchungen an „elektrosensitiven“ Personen primär als Provokationsexperimente im Labor erfolgten. Methodische Nachteile sind dabei, dass die Probanden in ungewohnter Umgebung schlafen müssen und dass die Laborsendeanlagen die realen Expositionsbedingungen vor Ort nicht ausreichend abbilden können. In der hier dargestellten Studie sollte daher die Reaktion auf elektromagnetische Felder von Basisstationen im häuslichen Umfeld der Betroffenen untersucht werden. [102]

In den Wohnungen der Probanden wurde der Schlafplatz durch einen mobilen „Baldachin“ aus HF-schirmendem Material abgeschirmt. Der Schirmfaktor betrug etwa 20 dB. Zusätzlich wurde ein äußerlich gleicher nicht schirmender Stoff verwendet („sham“). Unter der Kontrollbedingung war kein Baldachin vorhanden. Es wurden je drei Nächte unter den jeweiligen Bedingungen im randomisierten Doppelblind-Design untersucht. Die tatsächlichen Feldverhältnisse am Schlafplatz wurden durch Messungen überprüft. In der Feldstudie wurden 20 Probanden untersucht und deren Schlaf in insgesamt 214 Nächten polysomnographisch und durch subjektive Bewertungsfragebögen erfasst. Die Ergebnisse wurden mit Daten von 24 Probanden (261 Nächte) gepoolt, die in einer vorhergehenden Studie (EPROS Österreich) erhoben worden waren. In der Studie konnte kein Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein der elektromagnetischen Felder von Mobilfunkbasisstationen und der Schlafqualität ge-

funden werden. Bei acht Probanden (18%) konnte jedoch nachgewiesen werden, dass bereits der Glaube an eine Schirmwirkung zu einer subjektiv empfundenen Schlafverbesserung führte (Placebo-Effekt). [102]

In einem weiteren Projekt des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms wurde im Rahmen einer Doppelblind-Studie der Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder von Mobilfunkbasisstationen auf die Schlafqualität der anwohnenden Bevölkerung untersucht. Die Netzbetreiber stellten für die Durchführung der Studie einen mobilen Sendemast für die Erzeugung der Exposition zur Verfügung. Die Schlafqualität wurde mittels Befragung und Registrierung physiologischer Parameter (Schlaf-EEG) erhoben. Es wurden zehn Standorte aus fünf Bundesländern ausgewählt. Insgesamt nahmen 397 Probanden teil. Die Ergebnisse der Studie liegen derzeit noch nicht vor, da die Datenauswertung noch andauert. [103]

In der ersten epidemiologischen Studie, die Personendosimetrie zur Abschätzung der individuellen Exposition von Mobilfunkfrequenzen verwendete, zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Gesamtexposition der Probanden und chronischen oder akuten Schlafstörungen und Müdigkeit [10].

Eine Übersicht aller hier dargestellten epidemiologischen Studien zum Thema eines möglichen Einflusses von Mobilfunkfeldern auf Schlafstörungen und Müdigkeit findet sich in Tabelle 5.

## **Fazit**

Die Ergebnisse der bisher vorliegenden Laborstudien sind relativ homogen. Überwiegend zeigen die Resultate, dass elektromagnetische Felder des Mobilfunks einen Einfluss auf die menschlichen Gehirnströme haben können und leichte Effekte im Sinne einer schlaffördernden Wirkung auftreten. Dies steht in Kontrast zu den Berichten der Anwohner von Mobilfunkbasisstationen, die über eine subjektiv empfundene Beeinträchtigung ihres Schlafes berichten. Die verwendeten Studiendesigns sind nur begrenzt vergleichbar, da sie sich bezüglich der Sendeleistung des Signals, der Dauer und des Zeitpunkts der Exposition, Einfach- oder Doppelblindung etc. unterscheiden. Auch liegt bisher kein plausibler Wirkungsmechanismus vor, so dass momentan noch keine Einschätzung darüber möglich ist, ob die beobachteten biologischen Effekte Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben.

**Mann und Röschke** veröffentlichten 2004 einen Übersichtsartikel der Studien zu Auswirkungen der Hochfrequenzexposition auf den Schlaf. Sie kamen zu dem Resultat, dass die Ergebnisse der bisher vorliegenden experimentellen Studien nicht konsistent seien, aber insgesamt dafür sprechen würden, dass die Felder des Mobilfunks einen Einfluss auf den Schlaf und das Schlaf-EEG haben könnten. Am ehesten scheine ein leicht schlaffördernder Effekt und ein Anstieg der Alpha-Leistung des Schlaf-EEGs vorhanden zu sein. Es müsse in weiteren Untersuchungen evaluiert werden, ob diese biologischen Effekte gesundheitsrelevant sind. [104]

**Danker-Hopfe et al.** (2005) fassten ebenfalls die Erkenntnisse der bisherigen Laborstudien zusammen. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die beobachteten leichten Effekte nicht darauf hinweisen, dass die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks Schlafstörungen verursachen, die eine Beeinträchtigung der Gesundheit darstellen [3].

Die Ergebnisse der verschiedenen epidemiologischen Studien sind widersprüchlich. Teilweise findet sich ein Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und Müdigkeit oder Schlafstörungen, andere Studien konnten dies jedoch nicht belegen. Ebenso wie bei den Human-Laborstudien sind die Studienresultate aufgrund unterschiedlichen Designs nur eingeschränkt miteinander vergleichbar.

Da Schlafstörungen und Müdigkeit zudem in der Allgemeinbevölkerung relativ häufig auftreten, können sie auch durch eine große Anzahl unterschiedlicher Faktoren bedingt sein. Eine Berücksichtigung relevanter Confounder (z. B. psychosoziale Arbeitsbelastung, subjektiver Stress) ist daher unbedingt notwendig.

Alle in diesem Kapitel dargestellten Studien wurden an erwachsenen Probanden durchgeführt. Bezüglich eines möglichen Zusammenhangs zwischen elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und Schlafstörungen sowie Müdigkeit gibt es erst eine Studie an Jugendlichen (vgl. Kapitel 2.4.).

## **Gesamtfazit bezüglich eines möglichen Zusammenhangs zwischen elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und Befindlichkeitsstörungen**

Nach dem heutigen Stand der Wissenschaft liegen keine konsistenten Hinweise darauf vor, dass die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks gesundheitliche Beeinträchtigungen beim Menschen auslösen können [69, 70]. Trotz einer eventuell erhöhten Vulnerabilität von Kindern und Jugendlichen gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks (vgl. Kapitel 2.4.) und einer wiederholten Forderung nach entsprechenden Studien, wurden nahezu alle der bisher vorliegenden Studien an Erwachsenen durchgeführt.

Die Autoren eines Reviews bezüglich Befindlichkeitsstörungen durch elektromagnetische Felder des Mobilfunks schließen aufgrund der widersprüchlichen Studienresultate jedoch nicht aus, dass elektromagnetische Felder zu Befindlichkeitsstörungen führen könnten. Falls dies der Fall sei, würden die bisherigen Forschungsergebnisse jedoch auf eine individuell unterschiedliche Reaktion auf elektromagnetische Felder hinweisen und nicht auf einen charakteristischen Symptomkomplex [67].

**Tabelle 3: Human-Laborstudien bezüglich eines möglichen Einflusses elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf Kopfschmerzen**

Literatur	Design	Teilnehmer (n)	Exposition	Ergebnisse
Koivisto et al. (2001) [79]	einfach-blind, Cross-over	48 Personen	Mobiltelefon (902 MHz), mittlere Leistung 0,25 W, 30 bzw. 60 Minuten	kein Effekt bezüglich Kopfschmerzen
Oftedal et al. (2007) [4]	doppelblind, Cross-Over	17 EHS	Mobiltelefon (902 MHz), SAR = 1 W/kg, 30 Minuten	kein Effekt bezüglich Kopfschmerzen
Regel et al. (2006) [81]	doppelblind, Cross-Over	117 Personen (darunter 33 EHS)	UMTS-MBS (2140 MHz), 1 V/m und 10 V/m, jeweils 45 Minuten	kein Effekt bezüglich Kopfschmerzen
Zwamborn et al. (2003) [80]	Laborstudie, doppelblind	36 EHS, 38 nicht-EHS	MBS (GSM 900, GSM 1800, UMTS), 1 V/m, jeweils 45 Minuten	kein Effekt bezüglich Kopfschmerzen

EHS = sich selbst als „elektrosensibel“ bzw. „elektrosensitiv“ bezeichnende Personen

GSM = Global System for Mobile Communications

MBS = Mobilfunkbasisstation

SAR = spezifische Absorptionsrate

UMTS = Universal Mobile Telecommunication System

**Tabelle 4: Human-Laborstudien bezüglich eines möglichen Einflusses elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf Schlafstörungen und Müdigkeit**

Literatur	Design	Teilnehmer (n)	Exposition	Ergebnisse
Borbély et al. (1999) [99]	doppelblind, Cross-Over	24 Personen	MBS (900 MHz), SAR = 1 W/kg, 15-minütige an/aus-Zyklen	statistisch signifikante Verkürzung der Wachphasen nach Schlafbeginn, Anstieg der Leistungsdichte in den ersten Nicht-REM-Schlafphasen
Fritzer et al. (2007) [98]	k.A., kein Cross-Over	20 nicht-EHS	Mobiltelefon (900 MHz), SAR(1g) = von 0,875 W/kg, 6 aufeinander folgende Nächte	keine Auswirkungen auf Schlafparameter
Hinrichs et al. (2005) [101]	doppelblind, Cross-Over	14 Personen	MBS (1800 MHz), maximale SAR wurde auf 72 mW/kg geschätzt, 5 aufeinander folgende Nächte	keine statistisch signifikanten Effekte auf Schlafparameter

Literatur	Design	Teilnehmer (n)	Exposition	Ergebnisse
Huber et al. (2000) [100]	doppelblind, Cross-Over	16 Personen	MBS (900 MHz), SAR = 1 W/kg (gepulst oder kontinuierlich), 30 Minuten vor dem Einschlafen	in den ersten 30 Minuten der Nicht-REM-Phasen Erhöhung der Leistungsdichte im Alpha-Band, danach Angleichung an Kontrollbedingung; bezüglich der Schlaflatenzzeit und der selbst berichteten Schlafqualität keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zur Kontrollbedingung
Huber et al. (2002) [95]	doppelblind, Cross-Over	16 Personen	Mobiltelefon (900 MHz), SAR = 1 W/kg, jeweils 30 Minuten vor dem Einschlafen	im Wach-EEG vor dem Einschlafen Aktivitätszunahme im Alpha-Bereich, kein Effekt bei kontinuierlichem Feld
Loughran et al. (2005) [96]	doppelblind, Cross-Over	50 Personen	Mobiltelefons (894,6 MHz), SAR = 0.11 W/kg, 30 Minuten vor Schlafbeginn	verminderte REM-Schlaflatenz, in den ersten 30 Minuten der ersten Non-REM-Schlafphase signifikante Zunahme der EEG-Aktivität im Frequenzbereich von 11,5 bis 12,25 Hz
Mann und Röschke (1996) [92]	einfachblind, Cross-Over	12 Personen	Mobiltelefon (900 MHz), mittlere Leistung 0,5 W/m <sup>2</sup> , komplette Nacht (8 Stunden)	signifikant reduzierte Einschlaflatenz sowie Anstieg der mittleren Leistungsdichte in allen Frequenzbändern im REM-Schlaf, kein Einfluss des Expositionsstatus auf das subjektive Empfinden
Regel et al. (2007) [97]	doppelblind, Cross-Over	15 Personen	Mobiltelefon (900 MHz), SAR betrug entweder 0.2 oder 5 W/kg, 30 Minuten	kein Effekt auf Schlafmuster, im Schlaf-EEG dosisabhängiger Anstieg der Leistung im Spindel-Frequenz-Bereich im Nicht-REM-Schlaf
Wagner et al. (1998) [93]	einfachblind, Cross-Over	24 Personen	Mobiltelefon (900 MHz), mittlere Leistung 0,2 W/m <sup>2</sup> , komplette Nacht (8 Stunden)	keine statistisch signifikanten Effkte
Wagner et al. (2000) [94]	einfachblind, Cross-Over	20 Personen	Mobiltelefon (900 MHz), mittlere Leistung 50 W/m <sup>2</sup> , komplette Nacht (8 Stunden)	keine statistisch signifikanten Effekte

EEG = Elektroencephalogramm

EHS = sich selbst als „elektrosensibel“ bzw. „elektrosensitiv“ bezeichnende Personen

GSM = Global System for Mobile Communications

MBS = Mobilfunkbasisstation

REM = Rapid Eye Movement

SAR = spezifische Absorptionsrate

UMTS = Universal Mobile Telecommunication System

**Tabelle 5: Epidemiologische Studien bezüglich eines möglichen Einflusses elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf Kopfschmerzen sowie Schlafstörungen und Müdigkeit**

Literatur	Design	Teilnehmer (n)	Land	Zielgrößen	Exposition	Erfassung	Ergebnis
Berg et al. (2007) [38]	Querschnittsstudie	1.500 Personen	Deutschland	Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Zerssen-Beschwerdenliste, gesundheitsbezogene Lebensqualität	GSM- und UMTS-MBS	Messung in Schlafräumen	keine Effekte
Chia et al. (2000) [87]	Querschnittsstudie	808 Personen	Singapur	Kopfschmerzen; Müdigkeit; Schwindel; Kribbeln, Brennen und Wärmegefühl der Haut	Mobiltelefon	Fragebogen	signifikant häufiger Kopfschmerzen bei Mobiltelefonnutzern, keine Effekte bezüglich der anderen Beschwerden
Heinrich et al. (2007) [89]	Feldstudie	95 Büro-Angestellte	Deutschland	21 Beschwerden (z. B. Kopfschmerzen, Energielosigkeit, Schwindel, Ohrgeräusche)	UMTS-MBS	Messung in Büros der Teilnehmer	keine Effekte
Herr (2005) [85]	Umfrage	132 Personen	Deutschland	selbst berichtete Schlafqualität	Mobiltelefon	Fragebogen	keine Effekte
Hocking (1998) [82]	Umfrage	40 Personen	Australien	Kopfschmerzen, Wärmegefühl der Haut etc.	Mobiltelefon	Fragebogen	während des Telefonierens aufgetretene Symptomen wurden von den Befragten auf die Mobiltelefonnutzung zurückgeführt
Hutter et al. (2002 und 2006) [61, 62]	Querschnittsstudie	365 Anwohner von MBS	Österreich	Zerssen-Beschwerdenliste, Schlafqualität, kognitive Leistungen	GSM-MBS	Messung in Schlafräumen	signifikant häufiger Kopfschmerzen bei Personen aus der höchsten Expositions-kategorie, kein Effekt bezüglich Schlafqualität,
Leitgeb et al. (2007) [102]	Feldstudie, doppelblind	44 EHS 115 nicht-EHS	Österreich	objektive und selbst berichtete Schlafqualität	MBS	Abschirmung versus vorhandene Exposition	kein Effekt
Oftedal et al. (2000) [83]	Querschnittsstudie	ca. 11.000 Mobiltelefonnutzer	Norwegen Schweden	Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel etc.	Mobiltelefon	Fragebogen	Kopfschmerzen wurden am häufigsten genannt

Literatur	Design	Teilnehmer (n)	Land	Zielgrößen	Exposition	Erfassung	Ergebnis
Sandström et al. (2001) [84]	Querschnittsstudie	ca. 11.000 Mobiltelefonnutzer	Norwegen Schweden	Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel etc.	Mobiltelefon	Fragebogen	signifikanter Zusammenhang zwischen Telefonierdauer und Häufigkeit von Kopfschmerzen, Müdigkeit, Hautproblemen und Wärmegefühl der Haut
Santini et al. (2001) [88]	Querschnittsstudie	161 Mobiltelefonnutzer	Frankreich	Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlafstörungen, Wärmegefühl der Haut etc.	Mobiltelefon	Fragebogen	kein Effekt für Kopfschmerzen, bei Nutzern signifikant häufiger Müdigkeit und Schlafstörungen
Santini et al. (2002) [55]	Querschnittsstudie	530 Personen	Frankreich	Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlafstörungen, Übelkeit, Schwindel etc.	GSM-MBS	Fragebogen	signifikant häufiger Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlafstörungen und Schwindel bei selbst eingeschätzten "exponierten" Anwohner
Navarro et al. (2003) [56]	Querschnittsstudie	101 Anwohner von MBS	Spanien	Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Müdigkeit, Übelkeit, Schwindel, Appetitlosigkeit etc.	GSM-MBS	Fragebogen	signifikant häufiger Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Übelkeit und Schwindel bei selbst eingeschätzten "exponierten" Anwohner, bezüglich Müdigkeit kein Effekt
Thomas et al. (2008) [10]	Querschnittsstudie	329 Personen	Deutschland	Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlafstörungen, neurologische und kardiovaskuläre Symptome	MobiltelefonMBS, Wlan	Messung (Personendosimeter)	kein Effekt
Wilen et al. (2003) [86]	Querschnittsstudie	ca. 11.000 Mobiltelefonnutzer	Norwegen Schweden	Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel etc.	Mobiltelefon	Fragebogen	signifikant häufiger Kopfschmerzen und Müdigkeit bei Nutzung von Mobiltelefonen mit höherem SAR-Wert

EHS = sich selbst als „elektrosensibel“ bzw. „elektrosensitiv“ bezeichnende Personen

GSM = Global System for Mobile Communications

MBS = Mobilfunkbasisstation

SAR = spezifische Absorptionsrate

UMTS = Universal Mobile Telecommunication System

## **2.4. Möglichkeit einer besonderen Vulnerabilität von Kindern und Jugendlichen gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks**

Die Independent Expert Group on Mobile Phones (IEGMP) empfahl im Jahr 2000, dass Kinder das Benutzen von Mobiltelefonen möglichst unterlassen sollten. Diese Empfehlung erhielt weltweit große Aufmerksamkeit und noch heute sind sich die Wissenschaftler uneins, ob Kinder und Jugendliche bezüglich elektromagnetischer Felder besonders sensibel und somit gefährdeter sein könnten als die Allgemeinbevölkerung. [105]

Eine erhöhte Vulnerabilität von Kindern gegenüber potentiellen negativen Effekten elektromagnetischer Felder des Mobilfunks wird aufgrund der folgenden Aspekte diskutiert [20, 27, 69, 106, 107]:

- das Nervensystem befindet sich noch in der Entwicklung,
- das Gehirngewebe von Kindern und Jugendlichen hat aufgrund seines höheren Wassergehalts eine größere Leitfähigkeit,
- aus anatomischen Gründen wird in Köpfen von Kindern mehr hochfrequente Energie absorbiert als bei Erwachsenen,
- die längere Lebenszeitexposition, da die Mobilfunknutzung bereits in viel früherem Alter beginnt als noch vor wenigen Jahren.

Das Electromagnetic Fields Committee, Health Council of the Netherlands, teilt die oben genannte Auffassung der IEGMP allerdings nicht. Die Mitglieder des Komitees sind der Meinung, dass es keine überzeugenden wissenschaftlichen Daten gibt, die eine solche Empfehlung begründen [108]. Auch die Strahlenschutzkommission (SSK) stellte in einer Stellungnahme aus dem Jahr 2006 fest, dass nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand keine höhere Empfindlichkeit von Kindern und Jugendlichen gegenüber Hochfrequenzfeldern festgestellt werden kann [109].

Die Autoren einer neueren Übersichtsarbeit zu diesem Thema kamen zur gleichen Schlussfolgerung. Sie stellten dar, dass die anatomischen Parameter und der Entwicklungsstand des zentralen Nervensystems eines 5-Jährigen bereits mit dem eines Erwachsenen vergleichbar sind. Zudem nehmen die Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen bezüglich der Energieabsorption bereits

nach den ersten Lebensjahren stark ab und sind bei einem 5-Jährigen bereits kleiner als interindividuelle Unterschiede. [69]

Trotz einer generell längeren Lebenszeitexposition von Kindern und Jugendlichen gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks, wurden fast alle bisherigen Studien zu potentiellen gesundheitlichen Effekten elektromagnetischer Felder des Mobilfunks an erwachsenen Probanden durchgeführt. Lediglich aus dem Bereich der potentiellen kognitiven Funktionsstörungen gibt es zwei Studien, in denen überprüft wurde, ob die Mobilfunkexposition durch ein 902 MHz GSM-Mobiltelefon einen signifikanten Effekt auf die kognitive Funktion von Kindern und Jugendlichen hat. Bei Preece et al. (2005) erwies sich die Reaktionszeit unter der Expositionsbedingung zwar als tendenziell kürzer, dieser Effekt erreichte aber keine statistische Signifikanz [110]. In einer weiteren Studie an 10-14 Jährigen ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich Reaktionszeit und Bearbeitungsgenauigkeit zwischen Experimental- und Kontrollbedingung [106].

Derzeit läuft die Datenerhebung der „CEFALO“- Studie. Ziel dieser internationalen Fall-Kontroll-Studie ist die Klärung der Frage, ob die Nutzung von Mobiltelefonen das Hirntumorrisiko in der Altersgruppe der 7-19 Jährigen erhöht ([http://www.research.unibe.ch/abstracts/A\\_65962086.html](http://www.research.unibe.ch/abstracts/A_65962086.html)). Bezüglich des Themenbereichs der möglichen akuten Befindlichkeitsstörungen durch Mobilfunkexposition liegt derzeit erst eine Studie an Jugendlichen vor, die im Folgenden dargestellt wird.

Ganz aktuell ist eine Querschnittsstudie von Söderqvist et al. (2008), in welcher ein potentieller Zusammenhang zwischen der Nutzung von Mobiltelefonen sowie DECT und selbstberichteten gesundheitlichen Symptomen bei schwedischen Jugendlichen (15-19 Jahre) untersucht wurde. Die Angaben bezüglich der Nutzung wurden mittels eines Fragebogens erfasst. Reguläre Nutzer (mehr als zwei Minuten täglich) berichteten häufiger über Symptome wie Kopfschmerzen und Müdigkeit als Jugendliche, die seltener telefonierten. Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass die gefundenen Zusammenhänge auf Zufall oder Awareness-Bias zurückzuführen sein könnten. Zudem wurde keine objektive Expositionsabschätzung verwendet. [111]

## **2.5. Das Phänomen der „Elektrosensitivität“**

### **2.5.1. Definition**

Über das Phänomen der „Elektrosensitivität“ wurde erstmals in den 80er Jahren an Bildschirmarbeitsplätzen berichtet [112], mittlerweile stehen weltweit hauptsächlich die hochfrequenten Felder des Mobilfunks im Mittelpunkt der Diskussion [91]. Unter „Elektrosensitivität“ versteht man subjektive, adverse Effekte auf die Gesundheit, die auf elektromagnetische Felder zurückgeführt werden [7]. Ein kleiner Teil der Bevölkerung klagt über unspezifische Symptome, welche von den Betroffenen als von elektromagnetischen Feldern des Alltags verursacht angesehen werden. Die Tatsache, dass die Mehrheit der Allgemeinbevölkerung unter den gleichen Expositionsbedingungen keinerlei Symptome schildert, führen die Betroffenen auf ihre eigene „Elektrosensitivität“, also auf eine gesteigerte Empfindlichkeit gegenüber elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Feldern zurück [17, 113-116].

Das Phänomen der „Elektrosensitivität“ ist nicht auf Felder einer bestimmten Frequenz beschränkt, sondern tritt bei elektromagnetischen Feldern unterschiedlichster Quellen (auch im Niederfrequenzbereich) auf. Manche der Betroffenen klagen nur über leichte Symptome, andere haben so starke Symptome, dass sie ihren Arbeitsplatz aufgeben und ihr gesamtes Leben auf eine möglichst „EMF-freie“ Lebensweise umstellen [117].

Neben „Elektrosensitivität“ werden auch die Begriffe „Elektrosensibilität“, „elektromagnetische Hypersensibilität“ bzw. in englischsprachigen Studien „electromagnetic hypersensitivity syndrome (EHS)“, „sensitivity to electricity“ oder „electrohypersensitivity“ [118] mit mehr oder weniger äquivalenter Bedeutung verwendet. Leitgeb und Schröttner (2003) unterschieden zwischen „Elektrosensibilität“ als „the ability to perceive electric or electromagnetic exposures without necessarily developing health symptoms“ und „Elektrosensitivität“ als „the development of health symptoms caused by environmental electromagnetic field exposure“ Leitgeb und Schröttner, 2003, S.387 [118]). Diese Definitionen werden im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit übernommen. Auch andere Autoren betonen, dass „Elektrosensibilität“ nicht zwangsläufig eine „Elektrosensitivität“ nach sich führen muss [6].

Bei einem Workshop der Weltgesundheitsorganisation (WHO) im Oktober 2004 zum Thema der "Electrical Hypersensitivity (EHS)" wurde vorgeschlagen, EHS durch den Begriff „Idiopathic Environmental Intolerance (IEI) with attribution to EMF“ zu ersetzen, da EHS impliziert, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen den geschilderten Symptomen und elektromagnetischen Feldern bestehen würde [117]. Diese Definition hat sich aber bislang nicht durchgesetzt.

### **2.5.2. Prävalenz und Symptome**

Nach Leitgeb (1994, 1998, zitiert nach [113]) sind 2% der Allgemeinbevölkerung „elektrosensitiv“. Laut einer im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) im Jahr 2006 durchgeführten Umfrage attribuierten in Deutschland 9% der Allgemeinbevölkerung über 14 Jahren gesundheitliche Beeinträchtigungen auf elektromagnetische Felder des Mobilfunks [22]. Im Rahmen einer weiteren deutschlandweit durchgeführten Querschnittsstudie brachten 10% der Befragten (ab 14 Jahren) gesundheitliche Beeinträchtigungen mit elektromagnetischen Feldern von Mobilfunkbasisstationen in Zusammenhang [38]. In beiden Studien war ein Nord-Südgefälle zu erkennen. In Mecklenburg-Vorpommern war der Anteil derjenigen, die gesundheitliche Beschwerden auf elektromagnetische Felder von Mobilfunkbasisstationen zurückführen mit 6% am geringsten und in Bayern mit 13% am höchsten [38].

Populationsbezogene Umfragen aus anderen Ländern berichteten unterschiedliche Prävalenzen selbst berichteter „Elektrosensitivität“. Diese variieren zwischen 1,5% in Schweden [119], 3,2% in Kalifornien [120], 4% in Großbritannien [114] und bis zu 5% in der Schweiz [7]. In manchen Studien fanden sich Hinweise darauf, dass mehr Frauen als Männer von „Elektrosensitivität“ betroffen sind [77, 121].

Die Symptome, die von betroffenen Personen berichtet werden, sind alle unspezifisch und treten in der Allgemeinbevölkerung relativ häufig auf. Art, Häufigkeit und Intensität der Symptome sind bei den Betroffenen sehr verschieden. Die geschilderten Symptome reichen von Schlafstörungen, Müdigkeit und Konzentrationsstörungen über Ohrgeräusche und trockene Haut bis hin zu Appetitlosigkeit und kardiovaskulären Symptomen [63, 77, 113, 114, 116, 122, 123]. In einer von Schüz et al. (2004) untersuchten Gruppe von „Elektrosensitiven“ in Deutschland waren die häufigsten Beschwerden Schlafstörungen, Konzentrati-

onsstörungen, Müdigkeit, Mattigkeit, Erschöpfung, Vergesslichkeit und Reizbarkeit [78].

Bisher konnte kein einheitliches Symptommuster bzw. kein charakteristisches Krankheitsbild definiert werden [17, 112, 113]. Dies mag teilweise auch daran liegen, dass es nach wie vor kein allgemein anerkanntes Diagnosekriterium bzw. -instrument gibt.

### **2.5.3. Erhebungsinstrumente**

Für den deutschsprachigen Raum entwickelten Frick et al. (2006) eine Beschwerdenliste, welche die 4-Wochen-Prävalenz von Beschwerden erfasst, die in der wissenschaftlichen Literatur oder von sich selbst als „elektrosensitiv“ bezeichnenden Personen in Zusammenhang mit einer Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern genannt wurden. An einer repräsentativen Stichprobe von Bewohnern einer Großstadt (n = 758) wurden die Prävalenzen der 36 Beschwerden erfasst, um eine allgemeine Basisprävalenz von EMF-bezogenen, subjektiven Beschwerden in der Allgemeinbevölkerung zu erhalten. Die häufigsten Beschwerden waren Mattigkeit, Tagesmüdigkeit, Kopfschmerzen, Konzentrationsprobleme, Nackenschmerzen und Muskelverspannungen mit einer 4-Wochen-Prävalenz von jeweils über 50%. [123]

Eltiti et al. (2007) entwickelten eine Skala, die den Typ und die Schwere der Symptome von „elektrosensitiven“ Personen überprüft. Somit steht auch ein englischsprachiges Screeninginstrument (57 Symptome) zur Verfügung mit dessen Hilfe Wissenschaftler potentiell „elektrosensitive“ Personen identifizieren und für die Teilnahme in ihren Studien auswählen können [114].

Mit Hilfe der dargestellten Erhebungsinstrumente kann allerdings nur die selbst berichtete „Elektrosensitivität“ bestimmt werden, bei der Bezeichnung als „elektrosensitiv“ handelt es sich nicht um eine medizinische Diagnose.

### **2.5.4. Studien zum Phänomen der „Elektrosensitivität“**

Bei Studien zur „Elektrosensitivität“ handelt es sich in der Regel entweder um Provokationsstudien bezüglich einer möglichen Wahrnehmbarkeit von elektromagnetischen Feldern oder um Studien, die durch einen Vergleich von sich selbst als „elektrosensitiv“ einschätzenden Personen und Personen ohne diese Beschwerden versuchen, die zugrunde liegenden Ursachen bzw. Wirkmechanismen für die auftretende „Elektrosensitivität“ zu ergründen. Die nachfolgend

erwähnten Studien beschränken sich auf die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks. Studien an Jugendlichen gibt es zum Thema der „Elektrosensitivität“ bisher nicht, alle bisherigen Studien wurden an Erwachsenen durchgeführt.

#### 2.5.4.1. Provokationsstudien

In Provokationsstudien werden die verwendeten elektromagnetischen Felder ohne Wissen der Versuchsteilnehmer in bestimmten Abständen ein- und ausgeschaltet. Anschließend werden die Probanden jeweils zur An- bzw. Abwesenheit des Feldes befragt, um eine mögliche Wahrnehmungsfähigkeit für elektromagnetische Felder zu überprüfen [124, 125]. In anderen Provokationsstudien wurde nach den auftretenden Symptomen gefragt, um so zu untersuchen, ob ein kausaler Zusammenhang zwischen den elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und dem Auftreten von unspezifischen Beschwerden vorliegt [79, 80, 98, 102]. Manche Provokationsstudien kombinierten auch diese beiden Fragestellungen [4, 81, 89, 116, 126-128]. Die meisten der bisherigen Provokationsstudien wurden im Doppelblinddesign und im Labor durchgeführt. Es gibt jedoch auch zwei Feldstudien zum Thema [89, 102].

Bei den Probanden handelte es sich entweder um gesunde Probanden [79, 98] oder um sich selbst als „elektrosensibel“ bzw. „elektrosensitiv“ bezeichnende Personen [4, 102, 116, 125]. Oft wurden auch Probanden aus beiden Gruppen in den Studien beteiligt [80, 81, 89, 124, 126-129].

Dauer und Anzahl der Provokationen fielen in den Studien sehr unterschiedlich aus, zudem wurden verschiedene Expositionsbedingungen (Exposition, Scheinexposition) sowie verschiedene Frequenzen und Feldstärken verwendet. In den meisten Provokationsstudien wurde ein Signal ähnlich eines GSM-Mobiltelefons mit 900 MHz (D-Netz) verwendet. Es wurden aber auch Expositionen, wie sie von einer Basisstation ausgesendet werden, eingesetzt [80, 81, 89, 102, 125, 127]. Eine Übersicht der genannten Provokationsstudien findet sich in Tabelle 6.

#### 2.5.4.2. Wahrnehmung von elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks

In keiner der bisher vorliegenden Studien erwies sich die Wahrnehmungsfähigkeit der Probanden für elektromagnetische Felder des Mobilfunks als höher als die Zufallswahrscheinlichkeit [4, 81, 89, 116, 124-128]. In den neueren Studien wurden im Vergleich zu früheren Studien relativ große Fallzahlen [126, 127],

eine hohe Anzahl an Durchläufen [124] und relativ lange Expositionszeiten [98, 102, 128] erreicht.

Obwohl eine Wahrnehmungsfähigkeit für elektromagnetische Felder des Mobilfunks bisher nicht erwiesen werden konnte, kann jedoch nicht vollkommen ausgeschlossen werden, dass eine kleine Subgruppe der Bevölkerung in der Lage ist, auch niedrige Mobilfunkexpositionen des Alltags wahrzunehmen. Bisher konnten allerdings in keiner Studie solche Personen identifiziert werden [130].

#### 2.5.4.3. Symptome aufgrund elektromagnetischer Felder des Mobilfunks

Die meisten der bisherigen Provokationsstudien konnten nicht bestätigen, dass die sich selbst als „elektrosensitiv“ bezeichnenden Teilnehmer auf die verwendeten elektromagnetischen Felder mit akut auftretenden Befindlichkeitsstörungen reagierten [4, 79, 81, 89, 98, 102, 116, 127, 129, 131]. Bei Hillert et al. (2008) traten in der Gruppe der nicht-elektrosensitiven Probanden unter der Expositionsbedingung häufiger und stärkere Kopfschmerzen auf, jedoch nicht bei den „Elektrosensitiven“ [128]. In der Doppelblindstudie von Zwamborn et al. (2003) fiel das Befinden aller Probanden unter der UMTS-Bedingung signifikant schlechter aus als unter der Placebo-Bedingung und unter den GSM-Bedingungen [80]. Eine Replikationsstudie aus der Schweiz konnte dieses Ergebnis jedoch nicht bestätigen [81].

In einigen Studien fanden sich Hinweise für das Auftreten eines Nocebo-Effekts [4, 81, 89, 102, 126-128]. Dies bedeutet, dass die im Rahmen einer Provokationsstudie vermeintlich vorhandenen Felder mit einem schlechteren Befinden korreliert waren. Die Testsituation erzeugte negative Erwartungen, die ihrerseits Beschwerden verursachten. Allgemein wird mit „Nocebo“ das Phänomen bezeichnet, dass „subjektive Krankheitserwartungen und damit verbundene affektive Zustände tatsächlich Krankheiten verursachen“ können (Hahn 1996, S.64 [132]). Die von Nocebos hervorgerufenen Krankheiten können vorübergehend sein, aber auch chronisch werden. Für Nocebos ist zudem typisch, dass die jeweiligen Symptome je nach Land und Kultur sehr unterschiedlich ausfallen können, da Erwartungen im soziokulturellen Umfeld gelernt werden [132, 133].

#### 2.5.4.4. Fazit

Eine aktuelle Übersichtsarbeit zum Thema der „Elektrosensibilität“ und „Elektrosensitivität“ sah keine Hinweise auf eine vorhandene Wahrnehmungsfähigkeit elektromagnetischer Felder und nur eine geringe Evidenz dafür, dass elektromagnetische Felder des Mobilfunks gesundheitliche Symptome verursachen könnten. Des Weiteren wurde festgestellt, dass manche Studien Evidenz für das Auftreten eines Nocebo-Effekts geben [130]. In einem weiteren Review, welches auch Studien aus dem niederfrequenten Bereich mit einbezog, schlussfolgerten die Autoren, dass psychologische Mechanismen bei der Verursachung und Aufrechterhaltung der „Elektrosensitivitäts“-Symptome eine Rolle spielen könnten [6].

Somit ist nach dem heutigen Wissensstand die Existenz der „Elektrosensitivität“ nicht gesichert, auch wurde bisher kein plausibler und möglicher Wirkungsmechanismus entdeckt [117, 134]. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass bestimmte individuelle Wahrnehmungsinhalte noch nicht durch die zur Verfügung stehende und durch die Wissenschaft anerkannte valide Messtechnik und Messmethodik objektivierbar sind bzw. sich durch einen solchen Messvorgang nicht repräsentieren lassen [67].

### **2.5.5. Die Entstehung von „Elektrosensitivität“**

#### 2.5.5.1. Ursachenforschung

In verschiedenen Studien wurde versucht zu ergründen, was „elektrosensitive“ Personen von der Allgemeinbevölkerung unterscheidet. Bisher wurden aber keine biologischen Parameter gefunden, die Anhaltspunkte für einen Wirkungsmechanismus ergeben würden. So prüften Hillert et al. (2001) die Hypothese, dass die Müdigkeit von sich selbst als „elektrosensitiv“ bezeichnenden Personen auf Veränderungen in der Cholinesteraseaktivität zurückzuführen sei. Hinweise darauf hatten sich zuvor in einem Experiment mit Ratten ergeben. Die Ergebnisse stützten diese Hypothese allerdings nicht. Bei keinem der „elektrosensitiven“ Probanden wurde eine Reduktion der Cholinesteraseaktivität festgestellt [135].

Lyskov et al. (2001) erfassten in ihrer Studie mögliche neurophysiologische Effekte eines niederfrequenten magnetischen Feldes auf „Elektrosensitive“ und Kontrollpersonen. Aufgezeichnet wurden das EEG, visuell evozierte Potentiale,

elektrodermale Aktivität, EKG und Blutdruck. Das Magnetfeld zeigte weder bei gesunden noch bei „elektrosensitiven“ Teilnehmern einen Einfluss auf die erhobenen Variablen. Nach Ansicht der Autoren lieferten Gruppenunterschiede in den Ausgangswerten Anzeichen dafür, dass sich selbst als „elektrosensitiv“ bezeichnende Personen eine ausgeprägte Sensitivität gegenüber körperlichen und psychosozialen Umweltfaktoren haben. [136] In Einklang dazu stehen auch die Ergebnisse einer Fragebogenuntersuchung von Rööfli et al. (2004). Deren „elektrosensitive“ Probanden waren häufiger krank als die Allgemeinbevölkerung, was auf eine generell höhere Empfindlichkeit (nicht nur gegenüber elektromagnetischen Feldern) hinweisen könnte [77].

In einer weiteren Untersuchung bezüglich persönlicher Faktoren, die die Entwicklung von Befindlichkeitsstörungen durch EMF begünstigen könnten, zeigte sich ebenfalls ein häufigeres Auftreten von EMF-bezogenen Symptomen bei Personen, die eine höhere Tendenz zur Somatisierung haben [122].

#### 2.5.5.2. Mögliche Rolle psychosozialer Faktoren

Hinweise darauf, dass psychosoziale Faktoren bei der Entstehung und Aufrechterhaltung der „Elektrosensitivität“ eine Rolle spielen könnten, gibt es schon länger. Bereits die europäische Kommission um Bergqvist et al. (1998) stellte fest, dass es in manchen Provokationstests zu „psychologischen Effekten“ im Sinne eines Nocebo-Effekts kam [137]. Dies bestätigte sich auch in den oben dargestellten neueren Studien [4, 81, 89, 102, 126-128].

Weitere Hinweise lieferten auch Studien, in denen die Wirkung einer kognitiv-verhaltenstherapeutischen Behandlung auf die sich selbst als „elektrosensitiv“ bezeichnenden Probanden untersucht wurde und sich deren Befindlichkeit dadurch verbesserte (z.B. [119, 121, 138-140]).

In zahlreichen Studien wurde auch untersucht, ob Stress eine Rolle bei der Entstehung von „Elektrosensitivität“ an Bildschirmarbeitsplätzen spielt (z.B. [138, 141-143]. Hierbei wurde der Begriff „Technostress“ geprägt. Damit ist Stress gemeint, der bei der Nutzung einer neuen Technologie auftritt, die eine höhere Produktivität erlauben soll, aber für manche Personen schwer zu handhaben ist [144]. „Technostress“ könnte zur Entstehung von Elektrosensitivität gegenüber Bildschirmen beitragen. So konnte beispielsweise in der Studie von Hillert et al. (1997) gezeigt werden, dass bei den meisten „Bildschirmarbeit-Elektrosensitiven“ mehr psychosozialer Stress wie steigende Arbeitsbelastung,

Familienprobleme etc. vorhanden war [121]. Auch die berufliche Nutzung des Mobiltelefons kann zu erhöhtem Stress führen.

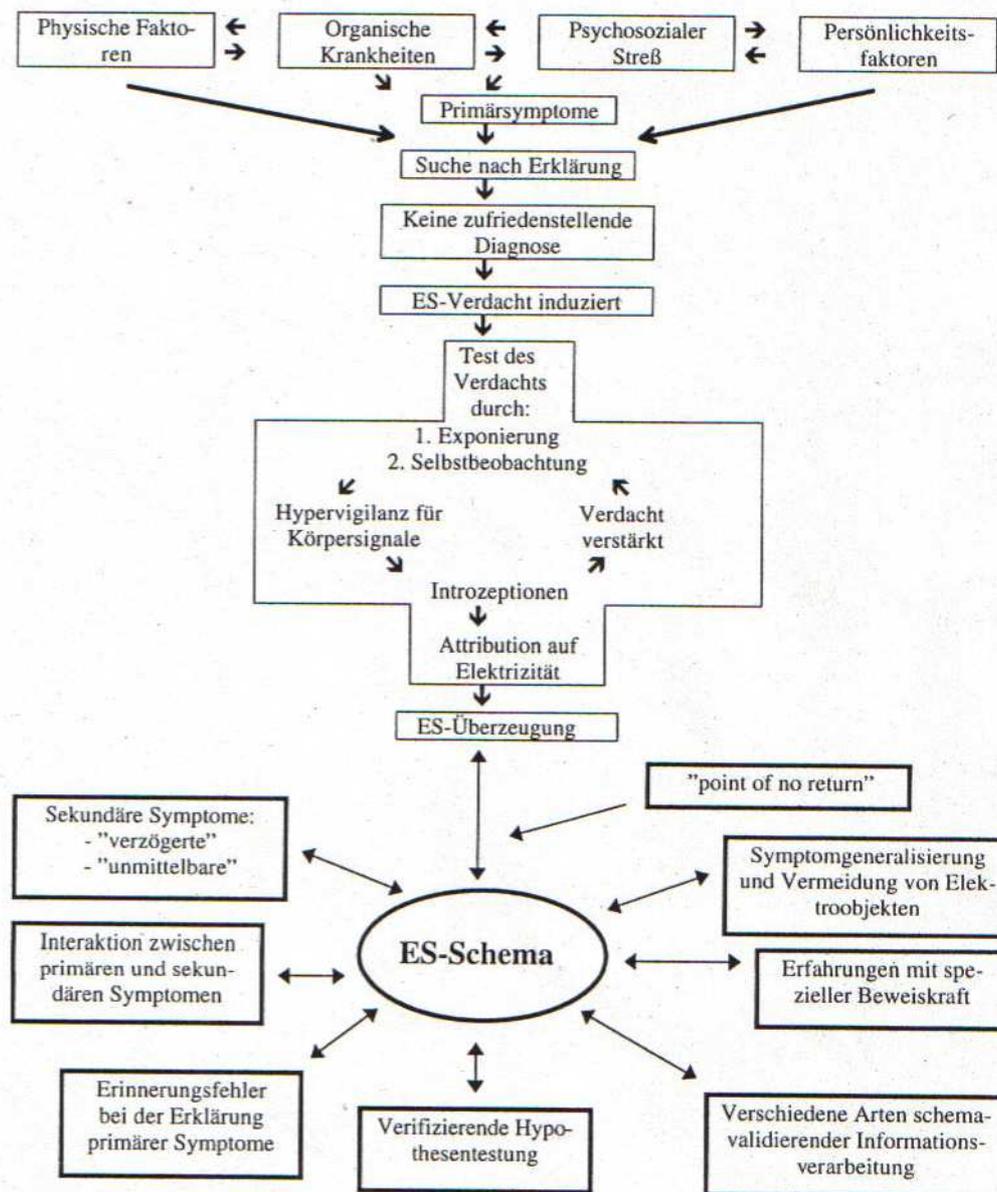
Allgemein ist bekannt, dass psychische Faktoren zur Entwicklung oder Aufrechterhaltung unspezifischer gesundheitlicher Beschwerden führen können (z. B. [145], siehe auch das biopsychosoziales Modell von Uexküll, 1997 [146]). Die Umwandlung von Stress und psychischen Problemen in physische Symptome ist somit ein elementares Mittel des Körpers, um mentalen Stress zu kompensieren [147].

Beim Phänomen der „Elektrosensitivität“ könnte es sich somit um eine Fehl-attribution handeln. Matyssek und Neuser (2002) beschreiben sehr ausführlich die Entstehung und Aufrechterhaltung von umweltbezogenen Fehlattritionen [36]. Bezüglich der Bildschirmarbeitsplätze würde dies bedeuten, dass die stressbezogenen Symptome auf die elektromagnetischen Felder des Geräts attribuiert werden. Ist die Attribution einmal gemacht, kann der Gebrauch jeder neuen Technologie von weiteren Symptomen wachsender Angst begleitet sein, was wiederum zu gesteigerter Symptomwahrnehmung führt. [148, 149]

Ein Risikofaktor für die Entstehung einer solchen Assoziation ist eine bereits vorhandene Besorgnis bezüglich gesundheitlicher Effekte elektromagnetischer Felder [122, 150-153]. So zeigten Studien, dass die Prävalenz von Symptomen, die mit Umweltrisiken in Zusammenhang gebracht werden, mit Besorgnis bezüglich dieser Aspekte assoziiert ist [38, 62, 134, 154]. Allerdings können viele Studienergebnisse aufgrund ihres Designs (z.B. Querschnittsstudie) keine Aussage darüber treffen, ob die Besorgnis bezüglich bestimmter Umweltrisiken eine Ursache oder ein Effekt der wahrgenommenen „Elektrosensitivität“ ist. In einigen experimentellen Studien konnte gezeigt werden, dass die Besorgnis die Entwicklung von Symptomen nach der Exposition durch einen besorgniserregenden Umweltstimulus fördern kann [151, 155]. Negative Erwartungen spielen somit eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung, Aufrechterhaltung und Generalisierung von gesundheitlichen Symptomen [134].

#### 2.5.5.3. Entstehungsmodelle der „Elektrosensitivität“

Harlacher und Schahn (1998) entwickelten aus ihren klinischen Erfahrungen mit sich selbst als „elektrosensitiv“ einschätzenden Personen in Schweden ein multifaktorielles Erklärungsmodell der „Elektrosensitivität“, welches sich in drei Phasen gliedert (Abbildung 4) [139].

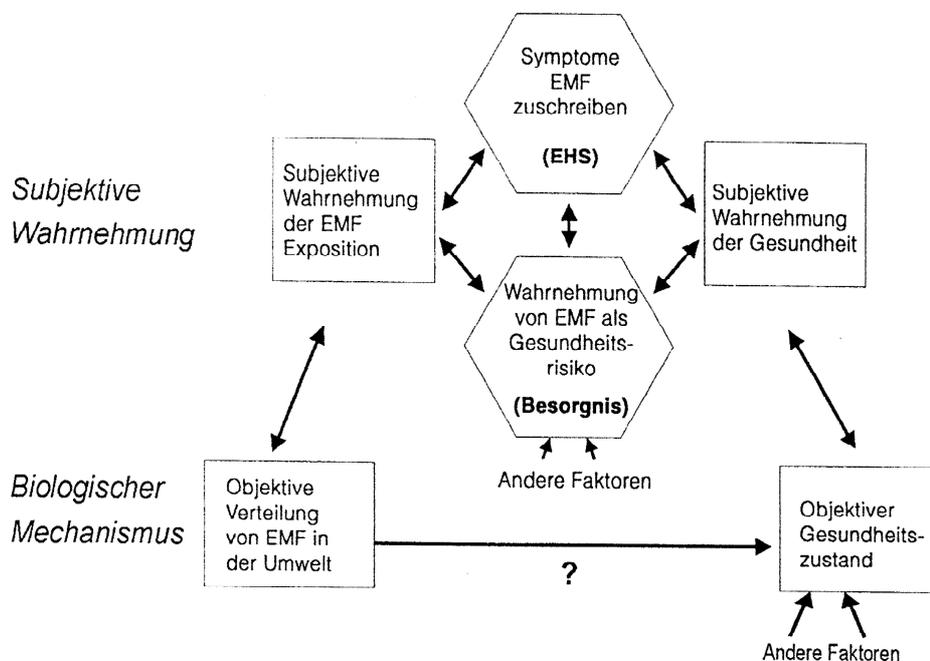


**Abbildung 4: Vorschlag eines Erklärungsmodells für „Elektrosensitivität“ nach Harlacher und Schahn (1998) [139]**

In Phase I erleben die betroffenen Personen gesundheitliche Beschwerden, für deren Entstehung sie nach einer zufriedenstellenden Erklärung suchen. In Phase II entsteht bei den Betroffenen der Verdacht, dass ihre Symptome auf „Elektrosensitivität“ zurückzuführen sein könnten. Über Selbstexpositions- und Selbstbeobachtungsexperimente entwickelt sich aus dem Verdacht eine Überzeugung, da die Wahrscheinlichkeit für Fehlattritionen hoch ist. Letztendlich entwickelt sich bei den betroffenen Personen in Phase III ein selbstvalidierendes kognitives Schema, durch welches die Elektrosensitivitätsüberzeugung aufrechterhalten wird. Laut den Autoren ist ein bereits weit entwickeltes „Elektro-

sensitivitäts-Schema“ ab einem bestimmten Punkt („point of no return“) nicht mehr zu korrigieren, weil das Schema bereits Bestandteil des Selbstkonzepts ist. Das Modell greift nicht auf, ob elektromagnetische Felder tatsächlich einen Effekt haben. Falls ja, wäre dieser im Modell als Ursache für die Primärsymptome einzuordnen. Die Autoren sehen ihr Modell lediglich als Ansatzpunkt für die Formulierung von prüfbaren Hypothesen, da es bisher nicht empirisch validiert ist. [139]

Ein neueres „Elektrosensitivitätsmodell“ stammt von Schreier et al. (2006) (Abbildung 5). Für eine Selbsteinschätzung als „elektrosensitiv“ ist es gemäß des Modells grundsätzlich unerheblich, ob elektromagnetische Felder tatsächlich eine biologische Wirkung haben. Man muss jedoch selbst gesundheitliche Beschwerden haben, glauben, exponiert zu sein, und elektromagnetische Felder als ein Gesundheitsrisiko ansehen [7]. Mobilfunkbesorgnis ist somit eine Grundvoraussetzung, um „elektrosensitiv“ zu sein. Die Besorgnis wiederum wird von folgenden Faktoren beeinflusst: Wahrnehmung, Kontrollierbarkeit und Nutzen der Exposition; Vertrautheit der Technik, wissenschaftlicher Kenntnisstand, Medienberichterstattung, Vertrauen in die Behörden, Vorsorgemaßnahmen, Persönlichkeitsmerkmale. [156]



**Abbildung 5: Modell für den Zusammenhang zwischen subjektiver und objektiver Exposition durch elektromagnetische Felder und Gesundheit nach Schreier et al. (2006) ([7])**

### **2.5.6. Gesamtfazit**

Abschließend lässt sich festhalten, dass durch wissenschaftliche Untersuchungen bisher kein Kausalzusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und den von Betroffenen geschilderten subjektiven Beschwerden nachgewiesen werden konnte [117, 130]. Basierend auf dem heutigen Wissen ist die Entstehung von „Elektrosensitivität“ wohl am besten als multikausal zu beschreiben, wobei sowohl psychologische Faktoren als auch Nocebo-Effekte eine Rolle zu spielen scheinen [4, 126].

Nichtsdestotrotz besteht auf dem Gebiet der „Elektrosensibilität“ und „Elektrosensitivität“ nach wie vor Forschungsbedarf, um das Phänomen genauer beschreiben und mögliche Ursachen für die auftretenden Symptome identifizieren zu können. Von Vorteil wäre es, wenn sich die Wissenschaft auf eine einheitliche Definition einigen könnte, um so die Verwendung eines einheitlichen Diagnoseinstruments und eine größere Vergleichbarkeit der Forschungsergebnisse zu ermöglichen. Wichtig ist es auch, die gesundheitlichen Beschwerden der Betroffenen ernst zu nehmen, da diese darunter leiden und teilweise sehr stark in ihrer Lebensführung beeinträchtigt sind. Der Entwicklung adäquater Therapiekonzepte sollte daher Priorität eingeräumt werden.

Alle bisherigen Studien zum Thema der „Elektrosensitivität“ wurden an Erwachsenen durchgeführt. Bislang liegen noch keine Studien vor, die überprüft haben, ob bereits bei Jugendlichen eine hohe Besorgnis zu einer erhöhten Prävalenz von Beschwerden bzw. zu „Elektrosensitivität“ führt. Es gibt allerdings Hinweise darauf, dass sich bereits Jugendliche Sorgen bezüglich der potentiellen gesundheitlichen Effekte von Mobilfunkfeldern machen [22, 34, 38, 43].

**Tabelle 6: Überblick über Provokationsstudien zur Wahrnehmung von und Symptomentstehung durch elektromagnetische Felder des Mobilfunks**

Literatur	Design	Teilnehmer (n)	Exposition	Intensität	Dauer	Ergebnis
Cinel et al. (2008) [157]	Laborstudie, doppelblind	496 nicht-EHS	888 MHz gepulst, 888 MHz ungepulst, Scheinexposition	SAR = 1,4 W/kg	jeweils 40 Minuten	kein Zusammenhang zwischen EMF und Symptomen
Eltiti et al. (2007) [127]	Laborstudie, doppelblind	44 EHS 115 nicht-EHS	Basisstation GSM (Kombination 900 und 1800 MHz), UMTS, Scheinexposition	10 mW/m <sup>2</sup>	3x 5 Minuten und 3x 50 Minuten (Scheinexposition, GSM, UMTS)	keine Wahrnehmung von EMF; kein Zusammenhang zwischen EMF und Symptomen
Fritzer et al. (2007) [98]	Laborstudie, k.A. ob doppel- oder einfachblind	20 nicht-EHS	GSM 900 Antenne oder Scheinexposition	SAR(1g) = 0,875 W/kg	6 aufeinanderfolgende Nächte	keine Auswirkungen von EMF auf Schlafparameter
Heinrich et al. (2007) [89]	Feldstudie, doppelblind	6 EHS 89 nicht-EHS	Basisstation UMTS, Scheinexposition	im Mittel 0,1 V/m	während 70 Tagen MBS an der Hälfte der Tage in Betrieb	keine Wahrnehmung von EMF
Hietanen et al. (2002) [116]	Laborstudie, doppelblind	20 EHS	Mobiltelefon: analog (NMT 900 MHz), GSM 900, GSM 1800, Scheinexposition	1 W (NMT), 0,25 W (GSM 900), 0,125 (GSM 1800)	jeweils 30 Minuten	keine Wahrnehmung von EMF, kein Zusammenhang zwischen EMF und Symptomen
Hillert et al. (2008) [128]	Laborstudie, doppelblind	38 EHS 33 nicht-EHS	884 MHz Mobiltelefon, Scheinexposition	SAR10 = 1,95 W/kg	3 Stunden	keine Wahrnehmung von EMF; bei Exposition häufiger Kopfschmerzen als bei Scheinexposition
Koivisto et al. (2001) [79]	Laborstudie, einfach-blind	48 nicht-EHS	Mobiltelefon GSM 900, Scheinexposition	mittlere Leistung 0,25 W	30 Minuten, 60 Minuten	kein Zusammenhang zwischen EMF und Symptomen
Kwon et al. (2008) [124]	Laborstudie, doppelblind	6 EHS, 78 nicht-EHS	Mobiltelefon GSM 900, Scheinexposition	SAR10 = 0,86 W/kg	5 s an oder aus und eine Pause für die Reaktion plus 1 s, 100 mal wiederholt für jede Ver-	keine Wahrnehmung von EMF

Literatur	Design	Teilnehmer (n)	Exposition	Intensität	Dauer	Ergebnis
					suchsbedingung	
Leitgeb (2007) [102]	Feldstudie, doppelblind	44 EHS 115 nicht-EHS	Abschirmung vor Ort statt zusätzlicher Exposition bzw. Scheinabschirmung	80 MHz - 2,5 GHz	jeweils 3 Nächte	kein Zusammenhang zwischen EMF und Schlaf
Oftedal et al. (2007) [4]	Laborstudie, doppelblind	17 EHS	Mobiltelefon GSM 900, Scheinexposition	SAR10(max) = 0,8 W/kg	jeweils 30 Minuten	kein Zusammenhang zwischen EMF und Symptomen
Radon und Maschke (1998) [125]	Laborstudie, doppelblind	11 EHS	GSM 900 Basisstation, Scheinexposition	0,24 W/m <sup>2</sup>	12 Durchgänge à 3x 2 Minuten an/10 Sekunden aus	keine Wahrnehmung von EMF
Regel et al. (2006) [81]	Laborstudie, doppelblind	33 EHS 84 nicht-EHS	Basisstation UMTS, Scheinexposition	SAR10(max) = 0,15mW/kg und SAR10(max) = 15 mW/kg	3x 45 Minuten (Scheinexposition, 1 V/m, 10 V/m)	kein Zusammenhang zwischen EMF und Symptomen
Rubin et al. (2006) [126]	Laborstudie, doppelblind	60 EHS 60 nicht-EHS	Mobiltelefon GSM 900, Scheinexposition	SAR = 1,4 W/kg	3x 50 Minuten (Scheinexposition, GSM 900 pulsiert und nicht-pulsiert)	keine Wahrnehmung von EMF, kein Zusammenhang zwischen EMF und Symptomen
Wilén et al. (2006) [129]	Laborstudie, k.A. ob doppel- oder einfachblind	20 EHS, 20 nicht-EHS	Mobiltelefon GSM 900, Scheinexposition	SAR10(max) = 0,8 W/kg	2x 30 Minuten	kein Zusammenhang zwischen EMF und Symptomen
Zwamborn et al. (2003) [80]	Laborstudie, doppelblind	36 EHS, 38 nicht-EHS	Basisstationsignale: GSM 900, GSM 1800, UMTS, Scheinexposition	1 V/m	jeweils 45 Minuten	schlechteres Befinden bei UMTS-Exposition

EHS = sich selbst als „elektrosensibel“ bzw. „elektrosensitiv“ bezeichnende Personen

EMF = elektromagnetische Felder des Mobilfunks

SAR = spezifische Absorptionsrate

GSM = Global System for Mobile Communications

UMTS = Universal Mobile Telecommunication System

### 3. Zielsetzung

Trotz einer eventuell erhöhten Vulnerabilität und der längeren Lebenszeitexposition von Jugendlichen gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks, wurden fast alle der bisherigen Studien zu potentiellen gesundheitlichen Effekten elektromagnetischer Felder des Mobilfunks an Erwachsenen durchgeführt. Auch bezüglich Besitz und Nutzung von Mobiltelefonen sowie Risikowahrnehmung bzw. Mobilfunkbesorgnis bei Jugendlichen gibt es bislang nur wenige Studien.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollten deshalb die folgenden Untersuchungsfragen beantwortet werden:

1. Wie viele Jugendliche besitzen ein Mobiltelefon, wie ist ihr Nutzungsverhalten und inwieweit sind sie bezüglich möglicher gesundheitlicher Effekte des Mobilfunks besorgt?
2. Wie hoch ist die objektiv gemessene Exposition der Jugendlichen? Gibt es Unterschiede bezüglich der Wohnortgröße?
3. Wie hoch ist die Prävalenz der chronischen Beschwerden bei den Jugendlichen? Gibt es Unterschiede bezüglich der Wohnortgröße?
4. Besteht ein Zusammenhang zwischen der objektiv gemessenen Exposition und der subjektiven, selbst eingeschätzten Exposition der Jugendlichen?
5. Ist die objektive Exposition der Jugendlichen gegenüber Feldern aus dem Mobilfunkbereich assoziiert mit den chronischen Beschwerden Kopfschmerzen, Einschlafproblemen und Müdigkeit?
6. Ist die selbst eingeschätzte subjektive Exposition der Jugendlichen gegenüber Mobilfunkfeldern assoziiert mit den chronischen Beschwerden Kopfschmerzen, Einschlafprobleme und Müdigkeit?
7. Besteht ein Zusammenhang zwischen der allgemeinen Umweltbesorgnis bzw. der speziellen Mobilfunkbesorgnis der Jugendlichen und der objektiven Exposition?
8. Besteht ein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht sowie der allgemeinen Umweltbesorgnis bzw. der speziellen Mobilfunkbesorgnis der Jugendlichen und den betrachteten chronischen Beschwerden? Modifiziert dieser Zusammenhang die Assoziation zwischen Exposition und den chronischen Beschwerden?



## 4. Angewandte Methoden

### 4.1. Planung und Ablauf der Studie

Die hier vorliegende Auswertung basiert auf Daten einer bevölkerungsbezogenen Querschnittsstudie zu den möglichen gesundheitlichen Effekten durch Mobilfunk („**MobilEe** – **Mobilfunk: Exposition und Befinden**). Ziel der Studie war die Beschreibung der Gesamtmobilfunkexposition bayerischer Kinder und Jugendlicher sowie die Überprüfung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der objektiven Exposition gegenüber Mobilfunk und dem subjektiven Befinden der Teilnehmer unter Berücksichtigung potentieller Störgrößen (Confounder).

Die MobilEe-Studie wurde von der Arbeitsgruppe Arbeits- und Umweltepidemiologie & NetTeaching des Instituts für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München von 2006 bis 2008 durchgeführt. Auftraggeber war das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) im Rahmen des deutschen Mobilfunkforschungsprogramms. Die ethisch-rechtliche Unbedenklichkeit wurde der Studie von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der LMU München zuerkannt. Insgesamt nahmen 1.498 Kinder (8-12 Jahre) und 1.524 Jugendliche (13-17 Jahre) an der MobilEe-Studie teil.

Für die Studie wurden unterschiedliche Erhebungsinstrumente aus validierten Fragebögen verwendet. Diese deckten die Bereiche Soziodemographie, allgemeine Befindlichkeit über einen Zeitraum von sechs Monaten vor der Erhebung, Schlaf, psychische Gesundheit, Medienkonsum, aktuelle Befindlichkeit, Lebensqualität, Einstellung zu Mobilfunk, Umweltbesorgnis sowie soziale Unterstützung ab. Die objektive Mobilfunkexposition wurde mittels Personendosimetrie über 24 Stunden gemessen. Darüber hinaus wurden die Teilnehmer zur subjektiv empfundenen Mobilfunkexposition in ihrem Wohnumfeld befragt.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Zusammenhang zwischen der (objektiven und subjektiven) Mobilfunkexposition und Kopfschmerzen sowie Schlafproblemen unter besonderer Berücksichtigung der Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis untersucht. Die hier beschriebenen Zusammenhänge beziehen sich nur auf die Gruppe der Jugendlichen. Es werden daher im Methoden-, Ergebnis- und Diskussionsteil nur die Befunde für die jugendlichen Teilnehmer dargestellt.

## 4.2. Durchführung der Befragung

Um eine möglichst breite Variation der Mobilfunkexposition zu erfassen, wurden vier verschiedene Studienorte ausgewählt. Zur Repräsentation der Mobilfunkbelastung in einer Millionenstadt wurde München ausgewählt, Augsburg als Großstadt, die Kreisstadt Rosenheim sowie die Kleinstadt Landsberg mit vermuteter geringerer Mobilfunkbelastung. Eine graphische Darstellung der Feldphase findet sich in Abbildung 6.

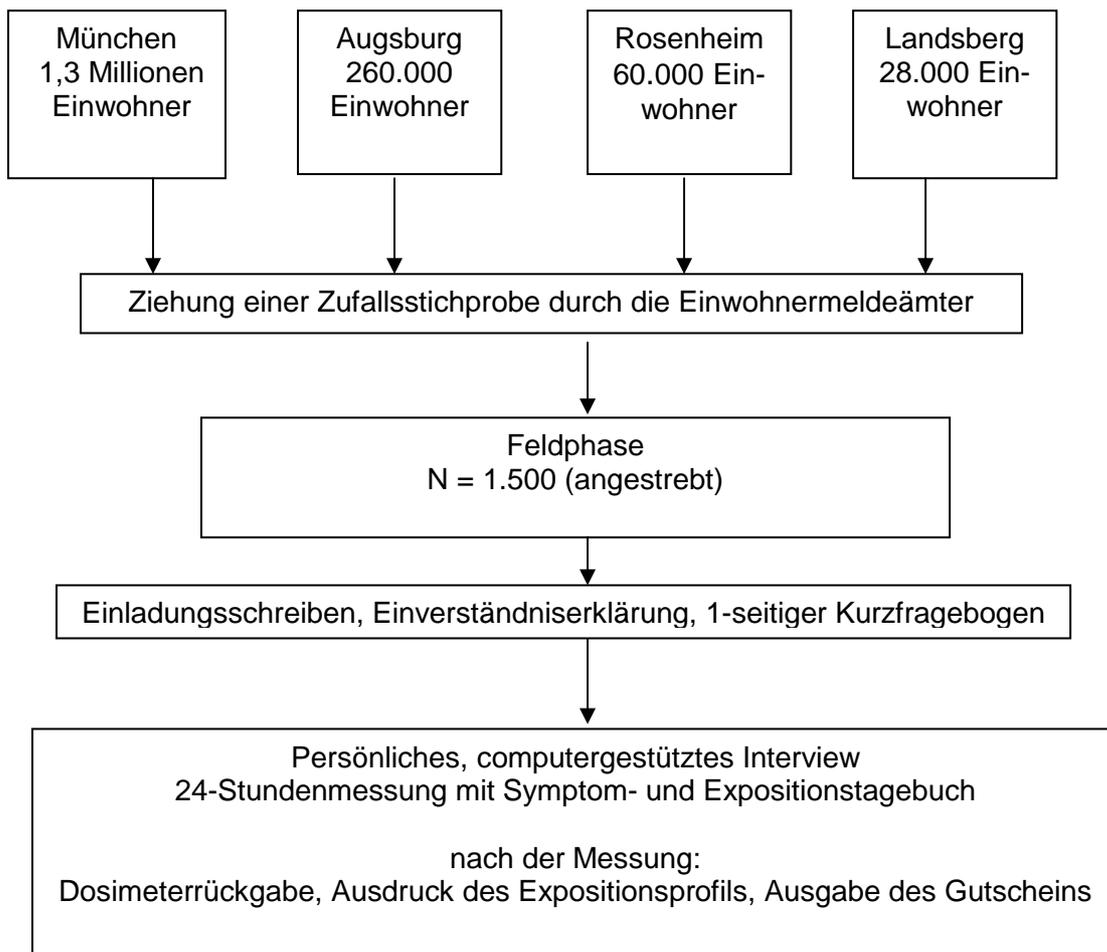


Abbildung 6: Darstellung der Feldphase

### 4.2.1. Rekrutierung der Stichprobe

Insgesamt sollten in München 600 Jugendliche sowie jeweils 300 Jugendliche in den drei anderen Studienorten untersucht werden. Die potentiellen Studienteilnehmer wurden durch eine Zufallsstichprobe der jeweiligen Einwohnermeldeämter ausgewählt. Zur Vermeidung eines Clustereffekts wurden Geschwister ausgeschlossen.

Die Stichprobenziehung erfolgte für die verschiedenen Regionen gesondert. Die erste Ziehung wurde für die Münchner Stadtteile Altstadt/Lehel, Sendling/Westpark sowie Hadern durch das Münchner Einwohnermeldeamt im Dezember 2005 durchgeführt. Die Auswahl der Stadtteile in München erfolgte anhand der Daten des Statistischen Amtes München (Quelle: [www.muenchen.info/sta/m-stat/](http://www.muenchen.info/sta/m-stat/)). Hierbei wurden die Stadtteile repräsentativ in Bezug auf den Anteil von Migranten und Erwerbslosen ausgewählt. Zudem wurde eine gute Erreichbarkeit des Untersuchungszentrums per U-Bahn berücksichtigt. Noch während der Datenerhebung in München erfolgte im August 2006 eine Stichprobenziehung für die Stadt Augsburg durch das dortige Einwohnermeldeamt. Im September 2006 startete die Datenerhebung in Augsburg. In Rosenheim fand die Datenerhebung zwischen Februar und September 2007 statt (Stichprobenziehung Januar 2007), in Landsberg zwischen Juni und Dezember 2007 (Stichprobenziehung April 2007).

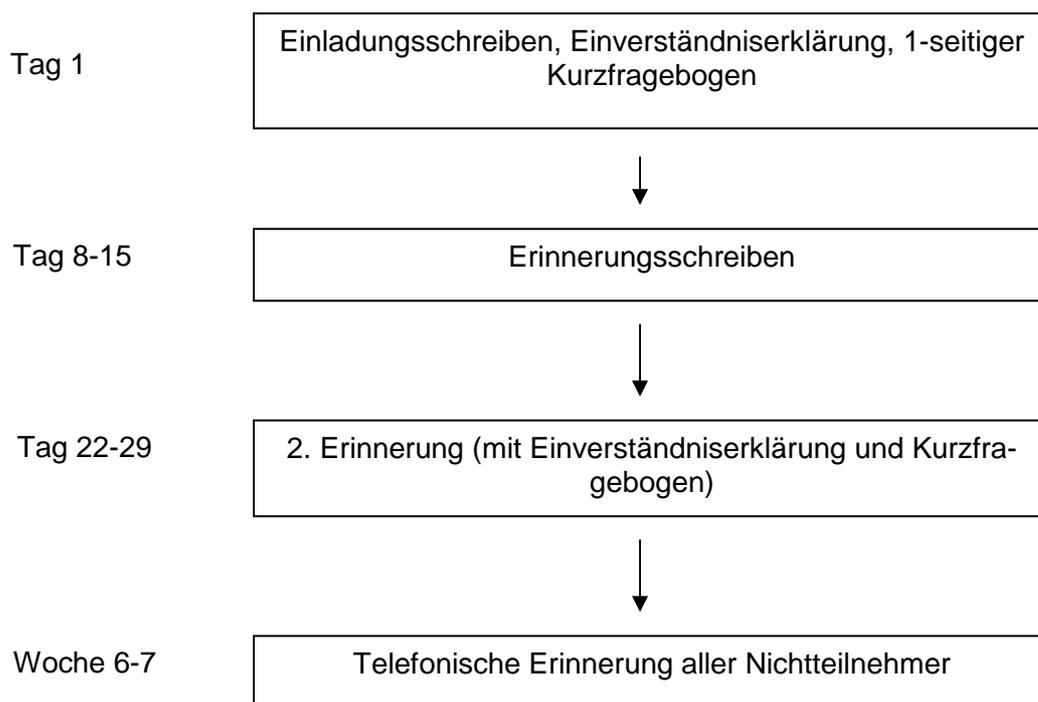
#### **4.2.2. Kontaktierung der Probanden**

Die ausgewählten Jugendlichen wurden ab Februar 2006 schriftlich-postalisch zur Teilnahme an der Studie eingeladen. Hierzu wurde ein Einladungsschreiben an die Eltern versandt. Die potentiellen Studienteilnehmer erhielten ein Informationsschreiben über den Zweck und den Inhalt der Studie mit der Bitte um Teilnahme sowie der Versicherung, dass die Daten pseudo-anonymisiert und ausschließlich zu Forschungszwecken ausgewertet werden. Darüber hinaus wurden sie auf die Freiwilligkeit der Teilnahme hingewiesen. Ebenso erhielten die angeschriebenen Personen eine Einverständniserklärung, in der sie ihre Teilnahmebereitschaft bekunden konnten, sowie einen Kurzfragebogen mit frankiertem Rückumschlag, der auch bei Nichtteilnahme ausgefüllt zurückgeschickt werden sollte, um später die Möglichkeit zu haben, in einer Non-Responder-Analyse eine mögliche Stichprobenverzerrung abzuschätzen. Sobald dem Studienteam die Einverständniserklärung vorlag, wurden die Teilnehmer telefonisch kontaktiert, um einen individuellen Interviewtermin zu vereinbaren.

Die Anschreiben erfolgten in mehreren Wellen von jeweils 30 bzw. 45 Adressen, damit ein erster Kontaktversuch zur Vereinbarung eines Interviewtermins innerhalb von spätestens zwei Wochen nach Erhalt der Rückantwort erfolgen konnte. Um die Teilnahmebereitschaft zu erhöhen, erhielten Personen, die nach 8-15 Tagen noch nicht auf das Anschreiben geantwortet hatten, ein Erinne-

rungsschreiben (Abbildung 7). Ein zweites Erinnerungsschreiben wurde nach ca. drei Wochen zugeschickt. Dieses enthielt neben der Einverständniserklärung nochmals den Kurzfragebogen sowie einen frankierten Rückumschlag.

In einem weiteren Schritt erfolgte bei den Personen, die auch auf das zweite Motivationsschreiben nicht reagiert hatten und deren Telefonnummer ermittelt werden konnte, nach sechs bis sieben Wochen eine telefonische Kontaktaufnahme. Insgesamt wurden maximal fünf telefonische Kontaktversuche zu unterschiedlichen Tageszeiten unternommen.



**Abbildung 7: Zeitlicher Ablauf der Kontaktaufnahme**

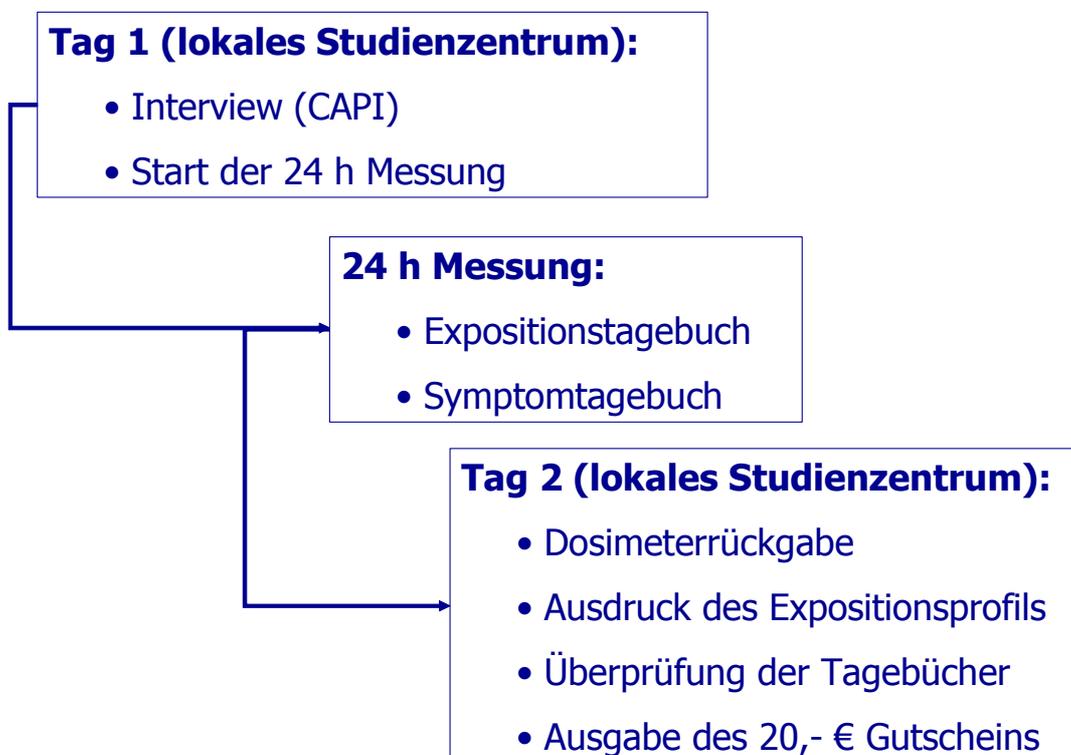
### **4.3. Ablauf der Feldphase**

Die Probanden in München wurden gebeten, zur Feldphase in das Dr. von Haunersche Kinderspital zu kommen, in dem zwei Interviewräume zur Verfügung standen. In Augsburg, Rosenheim und Landsberg wurde aus logistischen Gründen zur Durchführung der Interviews von den Gemeinden Räume in öffentlichen Gebäuden wie dem Rathaus, Gesundheitsamt oder Schulen angemietet bzw. (wie in Augsburg) kostenlos zur Verfügung gestellt. Falls die Probanden zum Beispiel aus zeitlichen Gründen nicht ins lokale Untersuchungszentrum kommen konnten, wurden auch Interviews bei den Probanden zuhause durchgeführt. Dieses Angebot wurde allerdings nur in München und Augsburg von den Probanden genutzt. Dies lag teilweise an dem höheren zeitlichen Aufwand

durch die weitere Anfahrt in München und Augsburg als in den kleineren Städten Rosenheim und Landsberg (Abbildung 8).

Zu Beginn des Untersuchungstermins wurde den Probanden der Zweck der Studie noch einmal erklärt. Im Anschluss folgten die computer-assistierte persönlichen Interviews (CAPI), die durchschnittlich 25 Minuten dauerten und von zuvor intensiv geschulten und regelmäßig nachgeschulten Interviewern durchgeführt wurden. Nach Ende des Interviews legte der Interviewer dem Probanden das Mobilfunkdosimeter an und erklärte ihm den Umgang mit dem Gerät. Je nach Vereinbarung holte der Interviewer am nächsten Tag (mindestens 24 Stunden später) das Dosimeter beim Probanden zuhause ab oder nahm es (in den meisten Fällen) im Untersuchungszentrum in Empfang (Abbildung 8).

Abschließend wurde der Proband noch gefragt, ob und inwiefern er sich durch das Dosimeter eingeschränkt gefühlt hatte und ob er in den letzten 24 Stunden seinen üblichen Aktivitäten nachgegangen war. Mit diesen Fragen sollte die Geräteakzeptanz und die Repräsentativität der Messungen beurteilt werden. Als Aufwandsentschädigung für die Teilnahme erhielten die Probanden einen Einkaufsgutschein in Höhe von 20,- Euro. Des Weiteren erhielten alle Teilnehmer eine Graphik ihrer individuellen Expositionsmessung (Abbildung 8).



**Abbildung 8: Ablauf der Untersuchung**

Zur Erhöhung der Teilnahmebereitschaft wurde in allen vier Studienorten bereits im Vorfeld der Feldphase eine Pressemitteilung über Hintergründe und Ablauf der Studie veröffentlicht und in der örtlichen Tagespresse publiziert. Parallel zur Presse wurde die Studie in verschiedenen Radio- und Fernsehsendungen vorgestellt.

#### **4.3.1. Maßnahmen zur Qualitätssicherung**

Zur Qualitätssicherung wurden bei der Datenerhebung folgende Maßnahmen angewendet:

- Intensive Interviewerschulung mit praktischem Übungsteil
- Regelmäßige Nachschulungen der Interviewer
- Stichprobenhafte Anrufe bei bereits interviewten Teilnehmern
- Regelmäßige Überprüfung eingehender Daten
- Plausibilitätschecks schon bei der Dateneingabe um versehentliche Falscheingaben zu minimieren (z. B. Werte außerhalb des definierten Gültigkeitsbereichs)

#### **4.4. Objektive Expositionserfassung**

##### **4.4.1. Personenbezogene Erfassung der Exposition**

Kernstück der Studie war die individuelle, personenbezogene Expositionserfassung mittels Personendosimetrie. Die Erfassung der Exposition erfolgte bei jedem Probanden über einen Zeitraum von 24 Stunden. Hierdurch war erstmals eine personenbezogene Abschätzung der Expositionsbelastung im Bereich der hochfrequenten elektromagnetischen Felder des Mobilfunkbereichs im Tagesprofil möglich. Die Messung der Exposition erfolgte über ein am Oberarm fixiertes Messgerät. Vor Beginn der Messung wurde die Händigkeit des Probanden erfragt und das Dosimeter am jeweils gegenüberliegenden Arm befestigt.

Die technischen Daten des verwendeten Personendosimeters ESM-140 (Abbildung 9) der Firma Maschek ([www.maschek.de](http://www.maschek.de)) sind in Tabelle 7 zusammengestellt.

**Tabelle 7: Technische Daten des Maschek Dosimeters**

<b>Maschek Dosimeter ESM 140</b>	
Frequency bands	
GSM 900 Uplink	890 – 915 MHz
GSM 900 Downlink	935 – 960 MHz
GSM 1800 Uplink	1725 – 1780 MHz
GSM 1800 Downlink	1820 – 1875 MHz
DECT	1880 – 1900 MHz
UMTS Uplink	1920 – 1980 MHz
UMTS Downlink	2110 – 2170 MHz
WLAN	2400 – 2485 MHz
Messbereich	0.01 V/m – 5 V/m
Aufzeichnungsrate	0.5 s – 10 s
Speicher	130.000 Datensätze (pro Kanal)
Größe (L x W x H)	106 x 47 x 28 mm
Gewicht	76 g

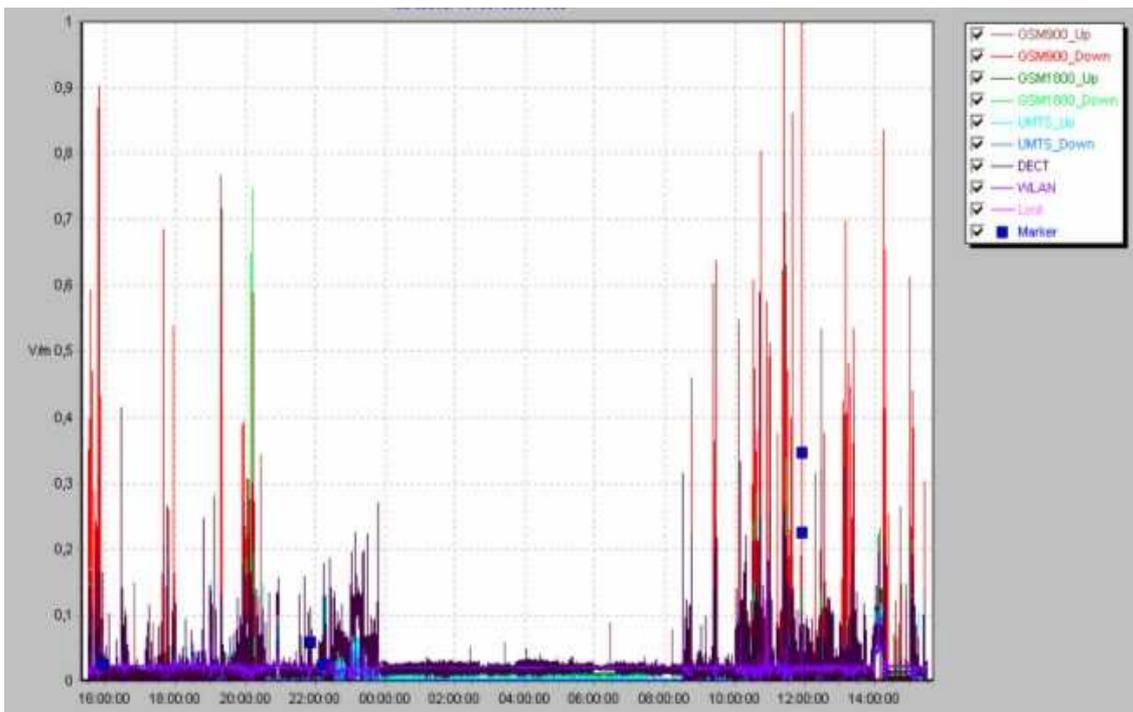


**Abbildung 9: Das Personendosimeter ESM-140**

Um die Beeinträchtigung des Teilnehmers durch das Dosimeter am Messtag so gering wie möglich zu halten, wurde besonderer Wert auf eine Minimierung der Größe des Geräts ohne entscheidenden Verlust der Güte der Expositionsabschätzung gelegt. Die Akzeptanz der Dosimeter konnte in einer Pilotstudie gezeigt werden [90].

Es sollte die Exposition beschrieben werden, der jede Person in ihrem Alltag mehr oder weniger unwillkürlich ausgesetzt ist. Gemessen wurden die Frequenzen der Mobil- und DECT-Telefone sowie deren Basisstationen und die WLAN-Frequenz (Wireless Local Area Network). Die einzelnen Mobilfunkbereiche wurden getrennt erfasst durch Bandpässe im D/E/UMTS-Band. Die Exposition durch Fernsehsender, Tetra- und Bündelfunk wurde nicht miterfasst. Es wurde nicht davon ausgegangen, dass diese Expositionen als Störfaktoren in der möglichen Beziehung zwischen Exposition und Beschwerden wirken, da nicht zu erwarten ist, dass sie mit der Mobilfunkexposition in Zusammenhang stehen. Darüber hinaus wurden die Studienorte so ausgewählt, dass sich keine starken Radio- und Fernsehsender in unmittelbarer Umgebung befanden.

Die Exposition wurde über den gesamten Messzeitraum hinweg einmal pro Sekunde erfasst (86.400 Einzelmesswerte pro Tag). Die Verteilung der Höhe der Exposition wurde in Form eines Tagesprofils ermittelt. Spitzen der Exposition gegenüber Mobilfunk entstehen z.B. kurzfristig durch Mobiltelefonnutzung. Wie die Pilotstudie zeigte, gehen diese in die kumulative Gesamtexposition kaum ein, da die wenigsten Menschen über längere Zeiträume mit dem Mobiltelefon telefonieren [90]. Ein typisches Expositionsprofil über 24 Stunden ist in Abbildung 10 dargestellt. Hierbei zeigt sich die Dominanz von Feldern aus dem D-Netz Bereich (GSM 900 MHz). Die maximale Exposition dieses Probanden lag bei 1,4 V/m. Nahezu alle nächtlichen Werte lagen bei diesem Probanden für alle Frequenzen unter 0,05 V/m und damit unter der Bestimmungsgrenze des Dosimeters.



**Abbildung 10: Typisches Messprofil über 24 Stunden**

Die Teilnehmer hatten zudem die Möglichkeit, Ereignisse, wie z.B. den Zeitpunkt von Eigentelefonaten oder das Verweilen an einem bestimmten Ort, mittels Drückens eines am Dosimeter angebrachten Ereignisknopfes zu markieren (in der Graphik als „Marker“ bezeichnet).

#### **4.4.2. Überprüfung der nächtlichen Messwerte**

Während des Schlafens wurden die Teilnehmer gebeten, das Dosimeter an einer Plastikwasserflasche zu befestigen und möglichst bettnah aufzustellen. Da die Exposition in Räumen stark variieren kann, sind hier Abweichungen zur personenbezogenen Erfassung denkbar. Um die Güte der nächtlichen Messwerte am abgelegten Gerät überprüfen zu können, wurden die Probanden zusätzlich gebeten, abends vor Ablage des Geräts sowie morgens nach Anlegen des Dosimeters für zwei Minuten einen Rundgang durch ihr Schlafzimmer zu machen. Anfang und Ende des Rundgangs wurden dabei durch Drücken des Ereignisknopfes kenntlich gemacht. Dies ermöglichte es, zu überprüfen, inwieweit die nächtlichen ortsfesten Werte mit den „Bewegungswerten“ übereinstimmten.

Es zeigte sich, dass bei niedrigen Werten im Bereich der Bestimmungsgrenze der Dosimeter (0,05 V/m) die Mittelwerte aus der nächtlichen Messung bei abgelegtem Dosimeter und aus dem Rundgang relativ gut übereinstimmten. Bei

höheren Messwerten zeigte sich hingegen eine nicht ausreichende Übereinstimmung. Zudem wurde bei einer Überprüfung der Personendosimeter beim TÜV-Süd (vgl. Kapitel 4.4.3.) festgestellt, dass die Messresultate der Dosimeter durch die Richtungsabhängigkeit im Feld beeinflusst werden. Somit können die Geräte nur valide Messwerte erzielen, wenn sie in Bewegung sind und nicht, wenn sie in einer festen Position fixiert sind.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurden die nächtlichen, bei abgelegtem Dosimeter gemessenen Expositionswerte, in der Auswertung nicht verwendet. Daher konnten in der weiteren Auswertung lediglich die Werte während der Wachphase in die Berechnung der kumulierten Exposition einbezogen werden.

#### **4.4.3. Maßnahmen zur Qualitätssicherung der Dosimetermessungen**

Im April 2006 wurden vier Mobilfunkdosimeter durch den TÜV Süd geprüft, um die Gerätekenndaten der Dosimeter zu ermitteln sowie einen Nachweis zu erbringen, inwieweit die Herstellerangaben richtig und verschiedene Baureihen und -typen vergleichbar sind. Für die Dosimeter ergaben sich eine gute Vergleichbarkeit sowie ausreichende technische Charakteristika. Aufgrund der erhaltenen Prüfergebnisse und weiteren Testmessungen im Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin wurde die Bestimmungsgrenze für alle Dosimeter auf 0,05 V/m und damit eher konservativ festgelegt [90].

Um sicherzustellen, dass alle Dosimeter bis zum Ende der Studie verlässliche Messdaten lieferten, wurden alle Geräte zu Beginn, zur Halbzeit (Dezember 2006/Januar 2007) und zum Ende der Datenerhebung vom Hersteller kalibriert. Leider erwies sich bei der letzten Kalibrierung ein Messgerät als defekt. Nach Bekanntwerden der Fehlfunktion des Dosimeters wurden alle mit diesem Gerät erfolgten Messungen im Detail gesichtet, so dass genau festgestellt werden konnte, ab wann das Dosimeter defekt war. Dadurch mussten 8 Messungen an jugendlichen Teilnehmern aus den Ergebnisanalysen ausgeschlossen werden.

#### **4.5. Erfassung der subjektiven Exposition**

Neben der objektiven Expositionsabschätzung durch die Personendosimetrie wurde jeder Teilnehmer um eine Selbsteinschätzung seiner subjektiv empfundenen Exposition gebeten. Im ausführlichen Interview wurden die Entfernung der Wohnung sowie der Schule bzw. des Arbeitsplatzes zur nächsten Mobil-

funkbasisstation sowie das persönliche Nutzungsverhalten von Mobil- und DECT-Telefonen erfragt.

#### **4.6. Zusammenstellung der Erhebungsinstrumente**

Neben der Exposition und dem subjektiven Befinden der Teilnehmer wurden in den Untersuchungen potentielle Störvariablen berücksichtigt, die einen möglichen Zusammenhang zwischen Mobilfunkfeldern und dem Befinden beeinflussen könnten. Darunter fallen neben soziodemographischen Variablen eine generelle sowie die mobilfunkspezifische Umweltbesorgnis, die Nutzung anderer Medien wie Fernsehen und Computer, familiäre oder schulische Probleme, Stress wie auch verschiedene Persönlichkeitsfaktoren. Alle genannten Variablen wurden mit standardisierten und validierten Messinstrumenten im Rahmen des Interviews (siehe Anhang) erhoben.

Das Interview bestand aus folgenden Erhebungsinstrumenten:

- Soziodemographie: analog dem Kinder- und Jugendgesundheitssurvey (KIGGS) des Robert Koch-Instituts [158]. Insgesamt wurden (je nach Alter und Beantwortung von Filterfragen) bis zu 14 Fragen zum Alter, der Anzahl der Geschwister, der schulischen und beruflichen Ausbildung, der Wohnsituation, der Erwerbstätigkeit der Eltern, der Haushaltsgröße und dem Haushaltseinkommen gestellt.
- Chronische Beschwerden: elf psychosomatische Beschwerden aus der HBSC-Studie (Health Behaviour in School-aged Children, Zeitachse sechs Monate) [159].
- Schlaf: vier Fragen zur Schlafdauer und Schlafproblemen aus dem Kinder- und Jugendgesundheitssurvey (KIGGS) des Robert Koch-Instituts [158].
- Rauchverhalten: je nach Beantwortung von Filterfragen bis zu zwei Fragen.
- Lebensqualität: Kindl-Fragebogen des Robert Koch-Instituts (Körper, Psyche, Familie, Selbstwert, Freunde, Schule) mit 24 Items [160, 161].
- Psychische Gesundheit: deutsche Version des Strength and Difficulties Questionnaire (emotionale Probleme, Verhaltensprobleme, Hyperaktivi-

tät, prosoziales Verhalten, Probleme mit Gleichaltrigen) mit 25 Items [162-164].

- Umweltbesorgnis: 12 Items (revidiert und auf 12 Items verkürzt durch das Institut für Hygiene und Umweltmedizin der Universität Gießen [165]).
- Einstellung zum Mobilfunk: je nach Beantwortung von Filterfragen bis zu acht Fragen zur persönlichen Einstellung gegenüber Mobilfunkfeldern (in Anlehnung an die seit 2003 jährlich vom infas Institut für das Bundesamt für Strahlenschutz durchgeführte telefonische Umfrage „Ermittlung der Befürchtungen und Ängste der breiten Öffentlichkeit hinsichtlich möglicher Gefahren der hochfrequenten elektromagnetischen Felder des Mobilfunks“) [166].
- Soziale Unterstützung: acht Items aus dem Kinder- und Jugendgesundheitssurvey (KIGGS) des Robert Koch-Instituts [158]: die deutsche Version der "Social Support Scale" [167, 168].
- Medienkonsum: acht Items (Fernsehen, Spielkonsole, Computer, Musik) aus dem Kinder- und Jugendgesundheitssurvey (KIGGS) des Robert Koch-Instituts [158].
- Mobiltelefon- und DECT-Nutzung: je nach Beantwortung von Filterfragen bis zu acht Fragen angelehnt an die Studie des Instituts für angewandte Sozialwissenschaften (infas) [166].

Eine Übersicht aller verwendeten Erhebungsinstrumente findet sich in Tabelle 8.

**Tabelle 8: Übersicht der verwendeten Erhebungsinstrumente**

Variable	Erhebungsinstrument
<b>Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks</b>	
Mobilfunkbasisstationen, Eigen- und Fremdtypelefonate	individuelle Personendosimetrie
Mobilfunkbasisstationen	selbst berichtete Entfernung der Wohnung und der Schule bzw. des Arbeitsplatzes zur nächsten Mobilfunkbasisstation
Mobiltelefon- und DECT-Nutzung	analog der Studie des Instituts für angewandte Sozialwissenschaften (infas) [166]
<b>Allgemeine Befindlichkeit und potentielle Confounder</b>	
chronische Beschwerden	Fragen aus der HBSC-Studie (Health Behaviour in School-aged Children) [159]
psychische Gesundheit	SDQ (Strength and Difficulties Questionnaire) [162-164]
Schlaf	analog des Kinder- und Jugendgesundheits surveys des Robert Koch-Instituts [158]
Lebensqualität	Kindl-Fragebogen des Robert Koch-Instituts (Körper, Psyche, Familie, Selbstwert, Freunde, Schule) [160, 161]
soziale Unterstützung	deutsche Version der "Social Support Scale" (SSS) [167, 168]
Medienkonsum (Computer, Fernsehen, Spielkonsolen, Musik)	analog des Kinder- und Jugendgesundheits surveys des Robert Koch-Instituts [158]
Umweltbesorgnis	Einstellung zur Umwelt [165, 169]
Soziodemographie	Teile der soziodemographischen Fragen des Kinder- und Jugendgesundheits survey des Robert Koch-Instituts [158]

Im Weiteren werden nur die Variablen näher beschrieben, die für die vorliegende Analyse verwendet wurden. Dabei handelt es sich um die objektive und die subjektive Mobilfunkexposition, Teile der HBSC-Beschwerdenliste, die Umweltbesorgnis, die Mobilfunkbesorgnis und soziodemographische Merkmale. Es wurden nur das allgemeine Nutzungsverhalten sowie die chronischen Beschwerden (beides im Interview erhoben) betrachtet.

#### **4.7. Aufbereitung der betrachteten Variablen**

##### **4.7.1. Objektive Exposition**

Da die nächtlichen Messwerte nicht in die Auswertung mit einbezogen werden konnten, wurde für jeden Probanden die individuelle Schlafenszeit bestimmt. Durch dieses Vorgehen sollte verhindert werden, dass nicht valide Werte in die Berechnung der kumulierten Gesamtexposition eingehen. In den Analysen wurde somit nur die kumulierte Gesamtexposition während des Tagesverlaufs (Wachzeitexposition) verwendet. Aufgrund der besseren Interpretierbarkeit wurde die kumulative Gesamtexposition als mittlerer prozentualer Anteil am

ICNIRP-Grenzwert [170] während der Wachphase für jeden Teilnehmer ermittelt und als Hauptmaß für die Exposition verwendet.

Bei der Einteilung der Exposition wurden die Messwerte, die unterhalb der Bestimmungsgrenze der Dosimeter (0,05 V/m) lagen, durch die Hälfte der Bestimmungsgrenze (0,025 V/m) ersetzt. Diese Methode erscheint sinnvoll, da alle Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze zwischen 0 und der Bestimmungsgrenze liegen müssen. Sie wird deshalb häufig angewendet [171].

Für die Auswertung wurde die kumulierte Gesamtexposition der Probanden über alle Frequenzen hinweg als mittlerer prozentualer Anteil am Grenzwert verwendet und wie folgt berechnet:

Der D-Netzbereich besteht aus den Messwerten des Up-(Mobiltelefonat) und Downlinks (Mobilfunkbasisstation). Dabei errechnet sich die quadrierte mittlere Feldstärke für diesen Bereich nach der Formel:

$$\bar{E}^2_{D\text{-Netz}} = \sum_t D\text{-Netz}^2_{\text{uplink}}(t) / \text{Dauer}_{\text{Wachphase}} + \sum_t D\text{-Netz}^2_{\text{downlink}}(t) / \text{Dauer}_{\text{Wachphase}}$$

Die quadrierte mittlere Feldstärke während der Wachphase des E-Netzbereiches setzt sich nach folgender Formel aus den Feldern des E-Netzes (Up- und Downlink), UMTS (Up- und Downlink) sowie DECT (schnurloses Heimtelefon) zusammen:

$$\begin{aligned} \bar{E}^2_{E\text{-Netz}} = & \sum_t E\text{-Netz}^2_{\text{uplink}}(t) / \text{Dauer}_{\text{Wachphase}} + \sum_t E\text{-Netz}^2_{\text{downlink}}(t) / \text{Dauer}_{\text{Wachphase}} \\ & + \sum_t \text{UMTS}^2_{\text{uplink}}(t) / \text{Dauer}_{\text{Wachphase}} + \sum_t \text{UMTS}^2_{\text{downlink}}(t) / \text{Dauer}_{\text{Wachphase}} \\ & + \\ & + \sum_t \text{DECT}^2(t) / \text{Dauer}_{\text{Wachphase}} \end{aligned}$$

Die quadrierte mittlere Feldstärke des WLAN-Bereichs während der Wachphase beinhaltet lediglich die Messwerte dieses Frequenzbereichs:

$$\bar{E}^2_{\text{WLAN}} = \sum_t \text{WLAN}^2(t) / \text{Dauer}_{\text{Wachphase}}$$

Nach der International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) gilt für den Frequenzbereich um 900 MHz (D-Netz) ein Grenzwert (GW) von 42 V/m, für den Frequenzbereich um 1800 MHz (E-Netz) ein Grenzwert von 59 V/m und für den Bereich um 2400 MHz (WLAN) von 61 V/m ) [170].

Der mittlere prozentuale Anteil der Gesamtexposition gegenüber Feldern mit unterschiedlichen Frequenzen am Grenzwert,  $\bar{G}\%$ , berechnet sich aus der

Wurzel der mit dem Inversen der quadrierten Grenzwerte gewichteten Summe aller drei quadrierten mittleren Feldstärken.

Das Ziehen der Quadratwurzel aus der entstandenen Summe ergibt die Gesamtexposition in Form einer grenzwertbezogenen Feldstärke. Dieser Beurteilungswert hat den Vorteil, dass er mit dem Anteil der Feldstärke einer einzelnen Frequenz am Grenzwert (in %) vergleichbar ist. Zudem bleibt die Grenzwertbedingung bezüglich des Ausschöpfungsgrades nach Ziehen der Quadratwurzel unverändert [172].

$$\bar{G} \% = \text{Wurzel}(\bar{E}^2_{D\text{-Netz}} / GW^2_{D\text{-Netz}} + \bar{E}^2_{E\text{-Netz}} / GW^2_{E\text{-Netz}} + \bar{E}^2_{WLAN} / GW^2_{WLAN}) * 100$$

Der mittlere prozentuale Anteil der Gesamtexposition am Grenzwert während der Wachphase,  $\bar{G} \%$ , wurde bei der Auswertung als Maß für die Exposition eines Probanden gegenüber elektromagnetischen Feldern verwendet.

#### **4.7.2. Subjektive Exposition**

Im Interview wurde das persönliche Nutzungsverhalten von Mobiltelefonen erhoben. Zuerst wurde erfragt, wie häufig der Proband im Alltag mit einem Mobiltelefon telefoniert. Mögliche Antwortkategorien waren: „täglich oder fast täglich“ – „mehrmals in der Woche“ – „seltener“ – „gar nicht“. Bei den Analysen wurden die letzten drei Kategorien aufgrund der geringen Fallzahlen zusammengefasst (neue Kategorien: „täglich oder fast täglich“, „seltener als fast täglich“).

Anschließend sollte der Proband seine durchschnittliche tägliche Nutzungsdauer angeben. Hier lauteten die möglichen Antwortkategorien: „bis zu 5 Minuten“ – „6 bis 15 Minuten“ – „16 bis 30 Minuten“ – „mehr als 30 Minuten“. Die letzten drei Antwortkategorien wurden wiederum aufgrund der geringen Fallzahlen zusammengefasst (neue Kategorien: „bis zu 5 Minuten“, „mehr als 5 Minuten“).

Außerdem wurde im Kurzfragebogen um eine Abschätzung der Entfernung der Wohnung des Probanden zur nächsten Mobilfunkbasisstation gebeten. Mögliche Antwortmöglichkeiten waren: „< 50m“ – „50 - < 100 m“ – „100 - < 500 m“ – „500 m oder mehr“ – „weiß nicht“. Bei den Analysen wurden die ersten drei Kategorien aufgrund der geringen Fallzahlen zusammengefasst (neue Kategorien: „< 500 m“, „≥ 500 m“, „weiß nicht“). Im Interview wurde auf gleiche Art und Weise die Entfernung der Schule bzw. des Arbeitsplatzes zur nächsten Basisstation erfragt.

#### **4.7.3. Zusammenhang zwischen subjektiver und objektiver Exposition**

Für die Ermittlung eines potentiellen Zusammenhangs zwischen der selbst eingeschätzten subjektiven Exposition und der gemessenen objektiven Exposition der Probanden wurde ein Gesamtwert für die selbst eingeschätzte Exposition aus der Entfernung zur nächsten Basisstation und den Eigentelefonaten gebildet. Hierbei wurden die Einzelitems wie folgt codiert:

Entfernung der Wohnung und der Schule bzw. Arbeitsplatz zur nächsten Basisstation:

≥ 500 Meter = 0

ich weiß nicht = 0

< 500 Meter = 1

Tägliche Nutzungsdauer des Mobiltelefons:

≤ 5 Minuten = 0

> 5 Minuten = 1

Der Gesamtwert wurde aus der Summe der Einzelitems gebildet und umfasste den Wertebereich von 0 (alle Eigenangaben „niedrig“) bis 3 (alle Eigenangaben „hoch“). Anschließend wurde der Gesamtwert mit den Quartilen der objektiven Exposition verglichen.

#### **4.7.4. Kopfschmerzen und Schlafstörungen**

Bei den Zielgrößen Kopfschmerzen, Müdigkeit und Einschlafprobleme handelt es sich um chronische Beschwerden, die auch in der HBSC-Studie [159] abgefragt wurden. Sie waren ursprünglich mehrkategorial. Die möglichen Antwortkategorien lauteten: „selten oder nie“ – „etwa einmal im Monat“ – „fast jede Woche“ – „mehrmals pro Woche“ – „fast täglich“. Aufgrund geringer Prävalenzen in den höchsten beiden Kategorien wurde dichotomisiert. Dabei wurden die chronische Beschwerden als vorhanden definiert, wenn sie „fast jede Woche“ oder häufiger auftraten und als nicht vorhanden, wenn sie nur „etwa einmal im Monat“ oder seltener auftraten.

#### **4.7.5. Umweltbesorgnis**

Die Umweltbesorgnis wurde mit der Skala zur Erfassung der Umweltbesorgnis erfasst. Es wurde die verkürzte Version der ursprünglich 16 Items umfassenden Skala von Hodapp et al. (1996) verwendet [169]. Die Skala umfasst 12 Items zur Erfassung der potentiellen Besorgnis bezüglich Lärm, Geruch und elektro-

magnetischer Felder (EMF) (Tabelle 9). Der Gesamtindex der Umweltbesorgnis ergibt sich aus Summation aller zwölf Items. Zusätzlich lassen sich unter anderem die Subskalen Makro-Besorgnis (Umwelt im Allgemeinen: Item 1,2,3,4,8,9) und Mikro-Besorgnis (Einfluss der Umwelt auf die eigene Gesundheit: Item 5,6,7,10,11,12) beschreiben [165]. Die Aussagen wurden auf Basis einer vierstufigen Likert-Skala („trifft nicht zu“, „trifft kaum zu“, „trifft eher zu“, „trifft genau zu“) gemacht.

Um Befragte mit geringer und hoher Umweltbesorgnis voneinander unterscheiden zu können, wurde das Merkmal anschließend dichotomisiert. Da für die Umweltbesorgnisskala keine Werte einer deutschen Normstichprobe vorliegen, wurde a priori der Median der Verteilung als Schwellenwert gewählt. Die Skala wurde ursprünglich für Erwachsene entwickelt. Aufgrund der Befunde einer Pilotstudie erscheint sie für Jugendliche geeignet [90].

**Tabelle 9: Skala zur Erfassung der Umweltbesorgnis**

Nr.	Subskala	Itemtext
1	Allgemeine Umweltbesorgnis	Je mehr Informationen ich über die Umweltbelastungen bekomme, desto unsicherer fühle ich mich.
2	Allgemeine Umweltbesorgnis	Unsere Nachkommen werden für die Folgen der Umweltbelastung büßen müssen
3	Allgemeine Umweltbesorgnis	Ich habe Angst vor der Zukunft, wenn ich an unsere Umwelt denke.
4	Allgemeine Umweltbesorgnis	Die Menschen haben die Kontrolle über die Auswirkungen der Technik auf die Umwelt verloren.
5	Chemie	Ich denke oft darüber nach, dass ich Schadstoffe in meinen Körper aufnehme.
6	Chemie	Ich mache mir Sorgen, dass Umweltgifte meine geistigen Fähigkeiten beeinträchtigen
7	Elektromagnetische Felder	Ich denke oft darüber nach, dass ich elektromagnetische Felder mit meinen Sinnen (Körper) nicht wahrnehmen kann.
8	Elektromagnetische Felder	Die Abgase der chemischen Industrie haben die vielen Allergien erzeugt; jetzt bleibt abzuwarten, welche Folgen die Zunahme der Elektrosmogbelastung hat
9	Lärm	Die dauernde Lärmbelästigung durch unsere Zivilisationsgesellschaft hat bestimmt große Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.
10	Lärm	Lärm kann starke Auswirkungen auf zwischenmenschliche Beziehungen haben.
11	Geruch	Wenn belästigende Gerüche in meinem Wohngebiet auftreten, mache ich mir Sorgen um meine Gesundheit.
12	Geruch	Belästigende Gerüche im Wohngebiet beeinträchtigen nachbarschaftliche und private Aktivitäten.

#### **4.7.6. Mobilfunkbesorgnis**

Im Interview wurde erhoben, ob sich die Jugendlichen Sorgen wegen der elektromagnetischen Felder machen, die von Mobilfunkbasisstationen, Mobiltelefonen oder schnurlosen Telefonen ausgehen oder sich durch diese sogar in ihrer Gesundheit beeinträchtigt fühlen. Diese Fragen wurden bereits bei Probanden ab 14 Jahren eingesetzt [166]. Bei vorhandenen Sorgen wurde der Teilnehmer anschließend gefragt, wie stark die Besorgnis ausfällt. Mögliche Antwortkategorien waren: „wenig besorgt“ – „ziemlich besorgt“ – „stark besorgt“ – „weiß nicht“. Die Probanden, die angaben nicht besorgt zu sein, wurden der Antwortkategorie „gar nicht“ zugeteilt. Um Befragte mit niedriger und hoher Mobilfunkbesorgnis voneinander unterscheiden zu können, wurde das Merkmal anschließend dichotomisiert. Teilnehmer, die angegeben hatten „stark“ oder „ziemlich“ besorgt zu sein, wurden als Personen mit einer hohen Mobilfunkbesorgnis definiert.

#### **4.8. Statistische Analysen**

In die Auswertung gingen nur Probanden ein, die das Dosimeter mindestens sechs von 24 Stunden getragen hatten. Zudem mussten insgesamt 16 Probanden aufgrund von Fehlmessungen aus den statistischen Analysen ausgeschlossen werden, so dass sich ein Datensatz von  $n = 1508$  ergab. Da die nächtlichen Messwerte nicht personenbezogen erhoben werden konnten, wurde für jeden Teilnehmer die individuelle Schlafenszeit bestimmt. Die nächtlichen Werte gingen nicht in die Berechnung der kumulierten Gesamtexposition ein. In den Analysen wurde nur die kumulierte Gesamtexposition während des Tagesverlaufs (Wachzeit) verwendet (vgl. Kapitel 4.4.2.).

Nach der deskriptiven Beschreibung der Daten und bivariaten Analysen wurden mittels logistischer Regressionsmodelle die Zusammenhänge zwischen Exposition und Befinden untersucht. Dazu wurde die kumulierte Gesamtexposition in Quartile eingeteilt. Die von den Probanden selbst eingeschätzte Exposition gegenüber Mobilfunkfeldern wurde als Maß für die subjektive Exposition verwendet. Hierbei wurden analog zu früheren Studien die selbst eingeschätzte Entfernung der Wohnung sowie der Schule bzw. des Arbeitsplatzes zur nächsten Mo-

bilfunkbasisstation und die Dauer der Mobiltelefon- und DECT-Nutzung als kategoriales Expositionsmaß eingesetzt.

Aufgrund möglicher Effektmodifikationen durch das Geschlecht wurden die multiplen logistischen Regressionsmodelle getrennt für männliche und weibliche Jugendliche erstellt. Auf die gleiche Weise wurde überprüft, ob es sich bei der Umweltbesorgnis und der Mobilfunkbesorgnis um Effektmodifikatoren handelt.

Die statistischen Analysen wurden mit dem Programmpaket SAS Version 9.1.3 (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina) von der Autorin dieser Arbeit durchgeführt.

#### **4.8.1. Deskriptive und bivariate Darstellung**

Für kategoriale Daten wurden absolute und relative Häufigkeiten berechnet. Stetige Variablen wurden als Mittelwert mit Standardabweichung sowie als 25%-, 50%- (Median) und 75%-Quartil dargestellt. Bei stetigen, nicht normalverteilten Variablen wurden die Unterschiede zwischen zwei Gruppen (z.B. Teilnehmer und Nicht-Teilnehmer) mit Hilfe des Wilcoxon-Rangsummentests untersucht, bei kategorialen Variablen mit Hilfe des Chi<sup>2</sup>-Tests.

#### **4.8.2. Bildung der logistischen Regressionsmodelle**

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen der Exposition und den chronischen Beschwerden zu untersuchen, wurden logistische Regressionsmodelle berechnet. Die Exposition wurde als kategoriale Variable verwendet und dazu in Quartile eingeteilt. Eine Betrachtung der Exposition als kontinuierliche Variable war nicht möglich, da zu viele Einzelmesswerte unterhalb der Bestimmungsgrenze des Dosimeters lagen. Die Einteilung in Quartile ermöglichte dennoch die Abschätzung eines Dosis-Wirkungszusammenhangs.

Die ursprünglich mehrkategorialen Zielgrößen (Ausprägungen: „selten oder nie“, „etwa einmal im Monat“, „fast jede Woche“, „mehrmals pro Woche“, „fast täglich“) wurden aufgrund geringer Prävalenzen in den beiden oberen Kategorien dichotomisiert. Dabei wurden die chronischen Beschwerden als vorhanden definiert, wenn sie „fast jede Woche“ oder häufiger auftraten und als nicht vorhanden, wenn sie nur „etwa einmal im Monat“ oder seltener angegeben wurden.

A-priori wurden Alter, Geschlecht, Schulbildung, Umweltbesorgnis, Mobilfunkbesorgnis, Dauer der Mobiltelefon- und DECT-Telefonate<sup>4</sup> sowie die selbst eingeschätzte Entfernung der nächsten Mobilfunkbasisstation zur Wohnung<sup>5</sup> und zur Schule bzw. zum Arbeitsplatz<sup>6</sup> als mögliche Confounder definiert. In der multivariaten Analyse wurden die Odds Ratios für diese a-priori definierten potentiellen Confounder adjustiert. Es wurden sowohl adjustierte als auch unadjustierte Odds Ratios dargestellt.

Die Modelle wurden mit einer complete-case Analyse berechnet, d.h. nur Probanden mit einem vollständigen Datensatz gingen in die Berechnung ein, während Beobachtungen mit fehlenden Werten aus der Berechnung ausgeschlossen wurden. Deshalb ergab sich bezüglich der logistischen Regressionsmodelle ein Datensatz von  $n = 1426$ .

#### ***4.8.3. Problem des multiplen Testens***

Da der Zusammenhang zwischen der Exposition und verschiedenen Zielgrößen untersucht werden sollte, entstand das Problem des multiplen Testens. Diesem wird durch die Diskussion der Ergebnisse vor dem Hintergrund einer Bonferroni Korrektur begegnet. Weiterhin ist bei der Ergebnisdarstellung zu berücksichtigen, dass durch das Auffinden von Assoziationen in einer einzelnen epidemiologischen Studie keine kausalen Zusammenhänge abgeleitet werden sollten.

---

<sup>4</sup> In Modellen mit über Eigen-Telefonate selbsteingeschätzter Exposition nicht als Confounder betrachtet.

<sup>5</sup> In Modellen mit über Entfernung der Wohnung von der Basisstation selbsteingeschätzter Exposition nicht als Confounder betrachtet.

<sup>6</sup> In Modellen mit über Entfernung der Schule/Arbeitsplatz von der Basisstation selbst eingeschätzter Exposition nicht als Confounder betrachtet.

## 5. Ergebnisse

### 5.1. Ausschöpfung der untersuchten Stichprobe

Insgesamt wurden 3.261 Jugendliche im Alter zwischen 13 und 17 Jahren postalisch kontaktiert und zur Studienteilnahme eingeladen. Von den kontaktierten Personen waren 223 (6,8% der Bruttostichprobe) verzogen oder weniger als 50% am Studienort anwesend. 27 Jugendliche (0,8%) konnten aus gesundheitlichen Gründen und 11 (0,3%) aufgrund von Verständigungsproblemen nicht an der Studie teilnehmen. Aufgrund dieser Ausfälle resultierte eine Nettostichprobe von 3.000 Personen (siehe Tabelle 10).

**Tabelle 10: Ausschöpfung von Brutto- und Nettostichprobe und Gründe für Ausfall und Nicht-Teilnahme**

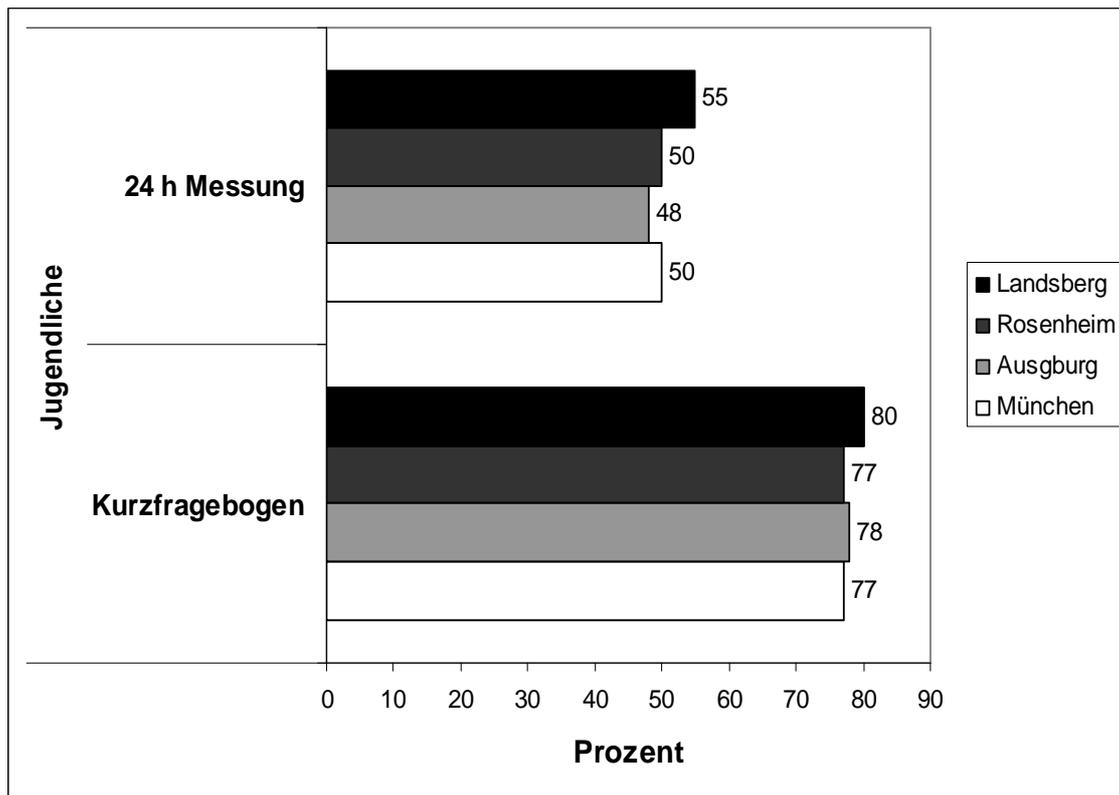
	<b>absolute Anzahl</b>	<b>% der Bruttostichprobe</b>	<b>% der Nettostichprobe</b>
<b>Bruttostichprobe</b>	3.261		
<b>Ausfall aufgrund von</b>			
gesundheitlichen Gründen	27	0,8	
verzogen oder weniger als 50% am Studienort anwesend	223	6,8	
Verständigungsschwierigkeiten	11	0,3	
<i>Ausfälle gesamt</i>	<i>261</i>	<i>8,0</i>	
<b>Nettostichprobe</b>	3.000	92,0	100
<b>Teilnahme Kurzfragebogen</b>	2.331	71,5	77,7
<b>Nicht-Teilnahme an der 24h-Messung aufgrund von</b>			
allgemeine Ablehnung, Misstrauen, Desinteresse, Annahme verweigert, Beeinflussung durch Angehörige	410	12,6	13,7
Zeitmangel	75	2,3	2,5
kein Telefonbucheintrag, telefonisch nicht erreicht	504	15,5	16,8
Gründe unbekannt	487	14,9	16,2
<i>Nichtteilnehmer gesamt</i>	<i>1.476</i>	<i>45,3</i>	<i>49,2</i>
<b>Teilnahme an 24h-Messung</b>	1.524	46,7	50,8

Ausgehend von der Nettostichprobe waren 1.476 Jugendliche nicht bereit, an der 24h-Messung teilzunehmen (49,2%). Grund hierfür war für 75 Jugendliche (2,5%) Zeitmangel, 410 Personen (13,7%) nannten als Verweigerungsgrund „allgemeine Ablehnung“, „Misstrauen“, „Desinteresse“, verweigerten die Annahme des Einladungsschreibens oder wurden nach eigenen Angaben von Angehörigen beeinflusst. Von 487 (16,2%) Jugendlichen wurde kein Grund für die Nicht-Teilnahme genannt. 504 Jugendliche (16,8%) reagierten nicht auf die Einladungsschreiben und konnten vom Studienteam auch nach fünf Anrufen telefonisch nicht erreicht werden bzw. waren nicht im Telefonbuch eingetragen (Tabelle 10).

807 (55,0%) der Nicht-Teilnehmer beantworteten den ihnen zugesandten Kurzfragebogen, insgesamt lagen für 2.331 Jugendliche (77,7% der Nettostichprobe) Angaben aus dem Kurzfragebogen vor.

Für alle Studienorte ergab sich erwartungsgemäß eine deutlich höhere Bereitschaft, den Kurzfragebogen auszufüllen, als an der 24h-Messung mit ausführlichem Interview (im weiteren „Feldphase“ genannt) teilzunehmen. In München nahmen 614 Jugendliche an der Studie teil, in Augsburg 310 Probanden, in Rosenheim waren es 304 Teilnehmer und in Landsberg wurden insgesamt 296 Jugendliche eingeschlossen (Abbildung 11).

Die Teilnahmebereitschaft an der Feldphase fiel in Augsburg mit 48% am geringsten und in Landsberg am höchsten (55%) aus. Dies könnte durch z.T. längere Anfahrtswege zum Studienzentrum in Augsburg bedingt sein, da die Stichprobe in Augsburg (im Gegensatz zu München) aus dem gesamten Stadtgebiet gezogen wurde. In der Kleinstadt Landsberg fielen die Anfahrtswege generell kürzer aus, so dass hier der Aufwand für die Teilnehmer geringer und somit die Bereitschaft zur Studienteilnahme höher war (Abbildung 11).



**Abbildung 11: Teilnahmebereitschaft der Jugendlichen am Kurzfragebogen und an der Feldphase in den vier Studienorten**

## 5.2. Vergleich von Nichtteilnehmern und Teilnehmern

Die Angaben der Kurzfragebögen von den Teilnehmern an der Feldphase wurden mit denjenigen verglichen, die lediglich den zugesandten Kurzfragebogen ausfüllten (Tabelle 11). Dies diente der Untersuchung einer potentiellen Verzerrung der Studienergebnisse durch selektive Nichtteilnahme. Es ist zu beachten, dass nicht alle der Nichtteilnehmer den Kurzfragebogen beantworteten (Abbildung 11). Des Weiteren wurden die Fragen nach der Besorgnis bezüglich elektromagnetischer Felder des Mobilfunks sowie über das Herkunftsland von Mutter und Vater erst etwa ein halbes Jahr nach Beginn der Feldphase in den Kurzfragebogen aufgenommen. Daher weisen diese drei Variablen einen höheren Anteil fehlender Werte auf.

Mädchen, jüngere Jugendliche und Gymnasiasten, waren eher bereit, an der Feldphase teilzunehmen. Der Anteil der Eltern, die in Deutschland geboren waren, war bei den Teilnehmern höher als bei den Nicht-Teilnehmern. Jugendliche, die ein Mobiltelefon besaßen, nahmen ebenfalls häufiger teil. Sowohl Teilnehmer als auch Nichtteilnehmer benutzten das Mobiltelefon primär privat. Die

tägliche Dauer der Telefonate mit dem Mobiltelefon lag bei 77% der teilnehmenden und 74% der nichtteilnehmenden Jugendlichen in der niedrigsten Kategorie (bis zu 5 Minuten).

Die Nicht-Teilnehmer gaben häufiger (17%) als die Teilnehmer (3%) an, die Entfernung ihrer Wohnung zur nächsten Mobilfunkbasisstation nicht zu kennen. Über die Hälfte sowohl der Teilnehmer als auch der Nichtteilnehmer schätzte, dass die nächste Mobilfunkbasisstation mehr als 100 Meter von der Wohnung entfernt sei.

Bezüglich der Besorgnis gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks zeigten sich Jugendliche, die an der Feldphase teilnahmen, insgesamt eher besorgt als Jugendliche, die nicht teilnahmen.

**Tabelle 11: Non-Response Analyse: Vergleich der Jugendlichen, die an der Feldphase teilnahmen, mit denjenigen, die nur den Kurzfragebogen ausfüllten<sup>7</sup>**

Variable	Teilnehmer (n = 1508)		Nicht- teilnehmer (n = 814)		p-Wert (Chi <sup>2</sup> )
	Mittelwert (Standardab- weichung)	fehlende Werte (n)	Mittelwert (Standardab- weichung)	fehlende Werte (n)	
<i>Alter (Jahre)</i>	14,7 (1,5)	0	15,0 (1,5)	4	<b>&lt;0,0001</b>
	Häufigkeit (%)	fehlende Werte (n)	Häufigkeit (%)	fehlende Werte (n)	p-Wert (Chi <sup>2</sup> )
<i>Geschlecht: männlich</i>	730 (48,4)	0	440 (54,1)	0	<b>0,009</b>
<i>Schulbildung</i>		3		4	<b>&lt;0,0001</b>
Gymnasiast	743 (49,4)		253 (31,2)		
<i>Herkunftsland Mutter</i>		396		193	<b>&lt;0,0001</b>
Deutschland	946 (85,1)		465 (74,9)		
<i>Herkunftsland Vater</i>		398		195	<b>&lt;0,0001</b>
Deutschland	912 (82,2)		454 (73,3)		
<i>Mobiltelefonbesitz</i>	1373 (91,2)	2	711 (87,4)	0	<b>0,004</b>
<i>Mobiltelefonnutzung überwiegend</i>		11		8	0,24
geschäftlich	6 (0,4)		2 (0,3)		
privat	1313 (96,4)		669 (95,2)		
privat und geschäftlich	43 (3,2)		32 (4,6)		
<i>durchschnittliche Dauer der Mobiltelefon- telefonate pro Tag</i>		12		8	0,25
≤ 5 Minuten bzw. gar nicht	1153 (77,1)		593 (73,6)		
6-15 Minuten	239 (16,0)		142 (17,6)		
16-30 Minuten	69 (4,6)		48 (6,0)		
> 30 Minuten	35 (2,3)		23 (2,9)		
<i>selbst eingeschätzte Entfernung der Woh- nung zur nächsten Ba- sisstation</i>		36		11	<b>&lt;0,0001</b>
< 50 Meter	113 (7,7)		74 (9,2)		
50-100 Meter	277 (18,8)		120 (14,9)		
100-500 Meter	532 (36,1)		196 (24,4)		
≥ 500 Meter	503 (34,2)		273 (34,1)		
weiß nicht	47 (3,2)		139 (17,3)		
<i>Besorgnis bezüglich elektromagnetischer Felder des Mobilfunks</i>		402		193	<b>&lt;0,0001</b>
gar nicht	369 (33,4)		269 (43,3)		
wenig	600 (54,3)		303 (48,8)		
ziemlich	120 (10,9)		38 (6,1)		
stark	17 (1,5)		11 (1,8)		

<sup>7</sup> Angaben aus dem Kurzfragebogen

## 5.3. Deskriptive Daten

### 5.3.1. Soziodemographische Daten der an der Feldphase teilnehmenden Jugendlichen

Die soziodemographischen Daten der an der Feldphase teilnehmenden Jugendlichen sind in Tabelle 12 dargestellt. Die Angaben dieser Tabelle stammen aus den durchgeführten ausführlichen Interviews und können daher leicht von den zuvor dargestellten Ergebnissen aus den Kurzfragebögen abweichen. Es nahmen etwas mehr Mädchen (51%) als Jungen (49%) an der Feldphase teil. 64% der Probanden entstammten der Altersgruppe der 13-15 Jährigen. Vor allem bei den Mädchen beteiligten sich eher Jüngere an der Studie. Die Hälfte der Teilnehmer (51%) besuchte das Gymnasium.

**Tabelle 12: Soziodemographische Daten<sup>8</sup>**

Variable	Gesamt (n = 1508)		Jungen (n = 731)		Mädchen (n = 777)	
	Häufigkeit (%)	fehlende Werte (n)	Häufigkeit (%)	fehlende Werte (n)	Häufigkeit (%)	fehlende Werte (n)
<i>Geschlecht:</i>			731		777	
männlich	731 (48,5)	0	(100,0)	0	(100,0)	0
<i>Alter</i>		0		0		0
13-15 Jahre	963 (63,9)		448 (61,3)		515 (66,3)	
<i>Schulbildung</i>		7		2		5
Gymnasium	771 (51,4)		368 (50,5)		403 (52,2)	

### 5.3.2. Mittels Personendosimetrie ermittelte Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks

82% der Wachphasen-Messwerte<sup>9</sup> erreichten die Bestimmungsgrenze nicht und wurden daher durch die Hälfte der Bestimmungsgrenze ersetzt. Die relative Häufigkeit der Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze war für die männlichen und die weiblichen Teilnehmer nahezu identisch (Tabelle 13).

<sup>8</sup> Angaben der Jugendlichen aus dem Interview

<sup>9</sup> Mittlerer prozentualer Anteil am ICNIRP-Grenzwert für die Wachzeit (ohne nächtliche Messwerte)

**Tabelle 13: Anteil der Einzelmesswerte unterhalb der Bestimmungsgrenze<sup>10</sup>**

<b>% der Messwerte unter der Bestimmungsgrenze</b>	<b>Gesamt (n = 1508)</b>	<b>Jungen (n = 731)</b>	<b>Mädchen (n = 777)</b>
Range	9,5 - 99,8	9,5 - 99,6	14,2 - 99,8
Quartile			
25%	75,2	75,2	75,3
50%	86,7	86,5	87,1
75%	92,9	93,3	92,5
Mittelwert (Standardabweichung)	82,0 (15,4)	82,0 (15,6)	81,9 (15,2)

Die objektive Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks während der Wachphase wird im Folgenden als mittlerer prozentualer Anteil am ICNIRP-Grenzwert ausgedrückt (vgl. Kapitel 4.7.1.). Die mittlere Gesamtexposition während der Wachphase lag für alle Probanden bei weniger als 1% des Grenzwerts. Das Expositionsminimum von 0,13% des Grenzwerts entspricht der Gesamtexposition, die sich ergab, wenn alle Einzelmesswerte des Probanden unterhalb des messbaren Bereichs lagen und durch die Hälfte der Bestimmungsgrenze (0,025 V/m) ersetzt wurden.

Die Verteilung der Exposition fiel bei den männlichen und den weiblichen Teilnehmern nahezu identisch aus. Bei den Mädchen lag zwar der Maximalwert etwas höher (0,78% des ICNIRP-Grenzwerts), dennoch war die mittlere und mediane Exposition für Jungen und Mädchen gleich (Tabelle 14).

**Tabelle 14: Mittlere Gesamtexposition während der Wachphase in Prozent des ICNIRP-Grenzwerts**

<b>Wachexposition in % des ICNIRP-Grenzwerts</b>	<b>Gesamt (n = 1508)</b>	<b>Jungen (n = 731)</b>	<b>Mädchen (n = 777)</b>
Range	0,13 - 0,78	0,13 - 0,57	0,13 - 0,78
Quartile			
25%	0,15	0,15	0,15
50%	0,17	0,17	0,18
75%	0,21	0,21	0,21
Mittelwert (Standardabweichung)	0,19 (0,06)	0,19 (0,06)	0,19 (0,06)

Die Vergleiche zwischen den Studienorten bezüglich des Anteils der Messwerte unter der Bestimmungsgrenze und der mittleren Gesamtexposition während der Wachphase sind in Tabelle 15 und Tabelle 16 dargestellt. Es zeigte sich, dass

<sup>10</sup> Alle Einzelfrequenzen < 0,05 V/m

eine höhere mittlere Gesamtexposition mit zunehmender Größe des Studienorts assoziiert war. Somit wiesen die Teilnehmer aus München die höchste mittlere Gesamtexposition und die Probanden aus Landsberg die niedrigsten Expositionen auf (Tabelle 16). Dementsprechend war der Anteil der Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze bei den größeren Studienorten etwas geringer (Tabelle 15).

**Tabelle 15: Vergleich des Anteils der Einzelmesswerte unterhalb der Bestimmungsgrenze während der Wachphase in den Studienorten**

<b>% der Messwerte unter der Bestimmungsgrenze</b>	<b>Gesamt</b>	<b>München</b>	<b>Augsburg</b>	<b>Rosenheim</b>	<b>Landsberg</b>
Jugendliche	n = 1508	n = 610	n = 309	n = 297	n = 292
Range	9,5 - 99,8	9,5 - 99,1	28,1 - 99,6	14,2 - 99,3	23,5 - 99,8
Quartile					
25%	75,2	71,3	73,5	75,9	86,4
50%	86,7	84,4	83,7	87,8	93,2
75%	92,9	91,0	90,7	93,6	96,5
Mittelwert (Standardabweichung)	82,0 (15,4)	79,2 (16,5)	80,1 (14,0)	82,6 (15,2)	89,1 (11,7)

**Tabelle 16: Vergleich der mittleren Gesamtexposition während der Wachphase in den Studienorten**

<b>Wachexposition in % des ICNIRP-Grenzwerts</b>	<b>Gesamt</b>	<b>München</b>	<b>Augsburg</b>	<b>Rosenheim</b>	<b>Landsberg</b>
Jugendliche	n = 1508	n = 610	n = 309	n = 297	n = 292
Range	0,13 - 0,78	0,14 - 0,60	0,14 - 0,78	0,14 - 0,47	0,13 - 0,44
Quartile					
25%	0,15	0,17	0,16	0,15	0,14
50%	0,17	0,20	0,18	0,17	0,15
75%	0,21	0,24	0,21	0,19	0,17
Mittelwert (Standardabweichung)	0,19 (0,06)	0,21 (0,07)	0,19 (0,06)	0,18 (0,05)	0,16 (0,04)

### **5.3.3. Subjektive Mobilfunkexposition**

#### **5.3.3.1. Besitz und Nutzungshäufigkeit von Mobil- und DECT-Telefonen**

Fast alle Jugendlichen besaßen ein eigenes Mobiltelefon (91%). Die meisten Jugendlichen gaben an, seltener als mehrmals pro Woche mit dem Mobiltelefon zu telefonieren (51%). Im Haushalt von 86% der Probanden gab es ein schnur-

loses DECT-Telefon. Die Mehrheit der Jugendlichen nutzte das DECT-Telefon täglich oder fast täglich (55%) (Tabelle 17).

**Tabelle 17: Besitz und Nutzungshäufigkeit von Mobil- und DECT-Telefon  
(n = 1508)**

<b>Variable</b>	<b>Häufigkeit (%)</b>	<b>fehlende Werte (n)</b>
<i>Mobiltelefonbesitz</i>	1377 (91,4)	2
<i>Häufigkeit der Telefonate mit dem Mobiltelefon</i>		1
gar nicht	150 (10,0)	
seltener als mehrmals pro Woche	761 (50,5)	
mehrmals pro Woche	248 (16,5)	
täglich oder fast täglich	348 (23,1)	
<i>Besitz eines schnurlosen Telefons (DECT)</i>	1295 (85,9)	1
<i>Häufigkeit der Telefonate mit dem DECT-Telefon</i>		1
gar nicht	237 (15,7)	
seltener als mehrmals pro Woche	155 (10,3)	
mehrmals pro Woche	280 (18,6)	
täglich oder fast täglich	835 (55,4)	

#### 5.3.3.2. Selbst eingeschätzte Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern von Mobilfunkbasisstationen

Für die Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der subjektiven Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und den betrachteten chronischen Beschwerden wurde die Entfernung der nächsten Basisstation zur Wohnung (Kurzfragebogen) und zur Schule bzw. zum Arbeitsplatz (Interview) erfragt. 65% der Jugendlichen schätzten, dass sich die nächste Mobilfunkbasisstation weniger als 500 Meter von ihrer Wohnung entfernt befände (Tabelle 18).

Zur Entfernung der nächsten Mobilfunkbasisstation zur Schule bzw. zum Arbeitsplatz konnte fast die Hälfte der Jugendlichen (47%) keine Angaben machen. Die meisten Jugendlichen schätzten, dass die nächste Basisstation mehr als 500 Meter von ihrer Schule bzw. ihrem Arbeitsplatz entfernt läge (Tabelle 18).

### 5.3.3.3. Selbst eingeschätzte Exposition gegenüber Feldern des Mobilfunkbereichs durch Eigentelefonate

Für die Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der subjektiven Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und den betrachteten chronischen Beschwerden wurde außerdem die durchschnittliche Dauer der täglichen Telefonate mit dem Mobil- und dem DECT-Telefon erfragt. Ein Großteil der Jugendlichen (75%) telefonierte nach eigenen Angaben täglich bis zu 5 Minuten mit dem Mobiltelefon. Im Gegensatz dazu wurde das DECT-Telefon von 69% der Jugendlichen länger als 5 Minuten pro Tag genutzt (Tabelle 18).

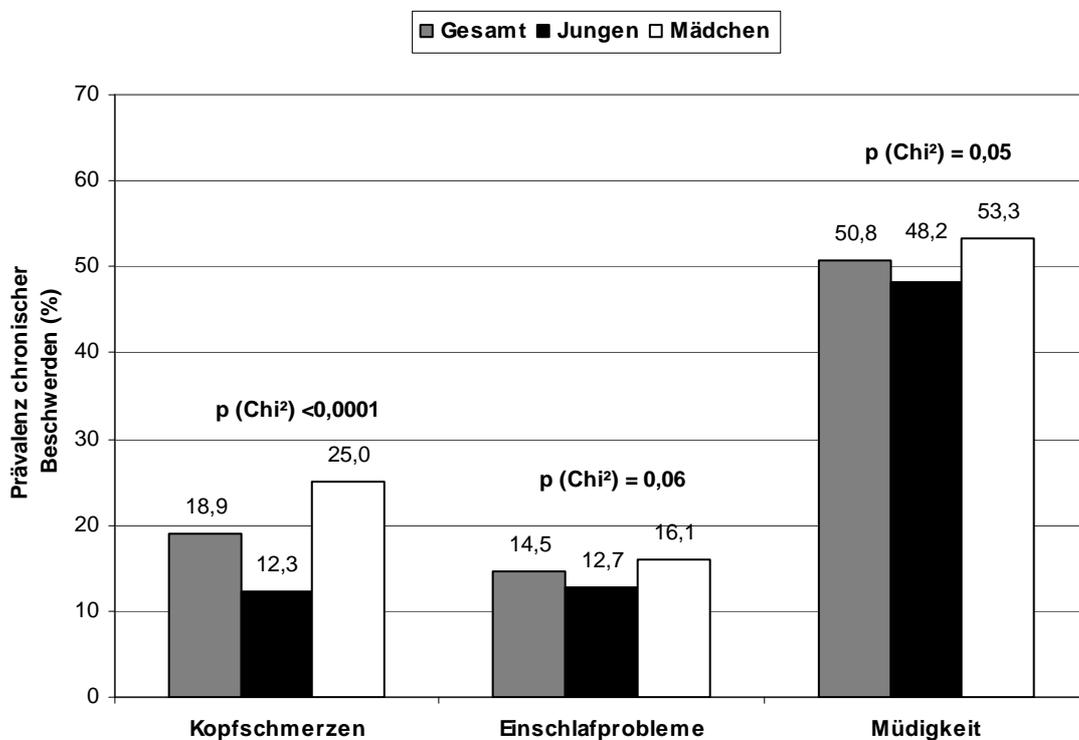
**Tabelle 18: Selbst eingeschätzte Exposition durch Mobilfunkbasisstationen und Eigentelefonate der Jugendlichen<sup>11</sup>**

<b>Variable</b>	<b>Häufigkeit (%)</b>	<b>fehlende Werte (n)</b>
<i>selbst eingeschätzte Entfernung der nächsten Basisstation von der Wohnung</i>		
< 500 Meter	922 (62,6%)	36
≥ 500 Meter	503 (34,2%)	
weiß nicht	47 (3,2%)	
<i>selbst eingeschätzte Entfernung der nächsten Basisstation von der Schule bzw. vom Arbeitsplatz</i>		
< 500 Meter	189 (12,6)	5
≥ 500 Meter	611 (40,7)	
weiß nicht	703 (46,8)	
<i>durchschnittliche Dauer der Telefonate mit dem Mobiltelefon pro Tag</i>		
≤ 5 Minuten	1124 (74,5)	0
> 5 Minuten	384 (25,5)	
<i>durchschnittliche Dauer der Telefonate mit dem DECT-Telefon pro Tag</i>		
≤ 5 Minuten	461 (31,1)	26
> 5 Minuten	1021 (68,9)	

<sup>11</sup> Angaben aus dem Interview

### 5.3.4. Prävalenz chronischer Beschwerden

Die chronischen Beschwerden Kopfschmerzen, Einschlafprobleme sowie Müdigkeit wurden im Interview erfragt und in die Kategorien „vorhanden“ („fast jede Woche“ oder häufiger) und „nicht vorhanden“ („etwa einmal im Monat“ oder seltener) zusammengefasst (vgl. Kapitel 4.7.4.). „Müdigkeit“ trat mit einer Prävalenz von 51% am häufigsten auf, gefolgt von „Kopfschmerzen“ (19%) und „Einschlafproblemen“ (15%). Mädchen wiesen eine etwas höhere Prävalenz von „Müdigkeit“ und „Einschlafproblemen“ auf als die männlichen Jugendlichen, dieser Unterschied war jedoch gerade nicht statistisch signifikant ( $p_{\text{Chi}^2} = 0,05$  bzw.  $p_{\text{Chi}^2} = 0,06$ ). „Kopfschmerzen“ wurden von Mädchen statistisch signifikant häufiger berichtet als von Jungen ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,0001$ ) (Abbildung 12).



**Abbildung 12: Prävalenz chronischer Beschwerden stratifiziert für Geschlecht**  
( $n_{\text{Jungen}} = 730$ ;  $n_{\text{Mädchen}} = 777$ )

Beim Vergleich der Symptommhäufigkeit nach Studienort wurde über „Müdigkeit“ von Jugendlichen aus München am häufigsten (55%) und von Jugendlichen aus Rosenheim am seltensten berichtet (42%,  $p_{\text{Chi}^2} = 0,002$ ). Die Prävalenz von „Einschlafproblemen“ und „Kopfschmerzen“ unterschied sich hingegen nicht nach Studienort (Tabelle 19).

**Tabelle 19: Vergleich der Prävalenz chronischer Beschwerden in den Studienorten**

<b>chronische Beschwerde</b>	<b>Gesamt n = 1508</b>	<b>fehlende Werte (n)</b>	<b>München n = 609</b>	<b>Augs- burg n = 309</b>	<b>Rosen- heim n = 297</b>	<b>Lands- berg n = 292</b>	<b>p-Wert (Chi<sup>2</sup>)</b>
Kopf- schmerzen	284 (18,9)	1	111 (18,2)	56 (18,1)	61 (20,5)	56 (19,2)	0,84
Einschlaf- probleme	218 (14,5)	1	83 (13,6)	39 (12,6)	47 (15,8)	49 (16,8)	0,41
Müdigkeit	766 (50,8)	1	335 (55,0)	151 (48,9)	124 (41,8)	156 (53,4)	0,002

### **5.3.5. Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis**

Der Median der allgemeinen Umweltbesorgnis lag bei 30 und somit im mittleren Bereich der Skala (12-48). Bezüglich möglicher gesundheitlicher Effekte durch elektromagnetische Felder des Mobilfunks gaben die meisten Jugendlichen an, sich weder Sorgen zu machen noch gesundheitliche Beeinträchtigungen auf Grund elektromagnetischer Felder zu spüren (58%). 24% der Teilnehmer äußerten sich „ziemlich“ oder „stark“ besorgt und 4% fühlten sich „ziemlich“ oder „stark“ beeinträchtigt. Bezogen auf die einzelnen Quellen der Besorgnis oder Beeinträchtigung gaben die Jugendlichen am häufigsten das Mobiltelefon an (16%) (Tabelle 20).

**Tabelle 20: Vorhandene Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis der teilnehmenden Jugendlichen (n = 1508)**

<b>Variable</b>	<b>Quartile</b>	<b>fehlende Werte (n)</b>
<i>Umweltbesorgnis</i>		7
Wertebereich: 12 - 48	26, 30, 33	
<b>Variable</b>	<b>Häufigkeit (%)</b>	<b>fehlende Werte (n)</b>
<i>Besorgnis bezüglich elektromagnetischer Felder des Mobilfunks</i>		
weder besorgt noch beeinträchtigt	868 (58,0)	11
nur besorgt	498 (33,3)	
nur beeinträchtigt	39 (2,6)	
sowohl besorgt als auch beeinträchtigt	92 (6,2)	
<i>Stärke der Beeinträchtigung</i>		
gar nicht*	1366 (91,4)	14
wenig	68 (4,6)	
ziemlich	48 (3,2)	
stark	12 (0,8)	
<i>Stärke der Besorgnis bezüglich elektromagnetischer Felder des Mobilfunks</i>		
gar nicht**	868 (58,1)	15
wenig	267 (17,9)	
ziemlich	319 (21,4)	
stark	39 (2,6)	
<i>Besorgnis oder Beeinträchtigung bezüglich folgender Quellen</i>		
keiner Quelle **	868 (58,2)	17
Mobilfunkbasisstation	90 (6,0)	
Mobiltelefon	235 (15,8)	
DECT-Telefon	29 (2,0)	
Mobilfunkbasisstation und DECT-Telefon	10 (0,7)	
Mobilfunkbasisstation und Mobiltelefon	91 (6,1)	
DECT-Telefon und Mobilfunktelefon	43 (2,9)	
allen drei Quellen	125 (8,4)	

\* Diese Ausprägung wurde allen Jugendlichen zugewiesen, die zuvor angegeben hatten, bezüglich der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks „weder besorgt noch beeinträchtigt“ oder „nur besorgt“ zu sein.

\*\* Diese Ausprägung wurde allen Jugendlichen zugewiesen, die zuvor angegeben hatten, bezüglich der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks „weder besorgt noch beeinträchtigt“ oder „nur beeinträchtigt“ zu sein.

## 5.4. Bivariate Ergebnisse

### 5.4.1. Faktoren, die den Mobiltelefonbesitz, die Nutzungsdauer sowie die Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis der Jugendlichen beeinflussten

#### 5.4.1.1. Faktoren, die im Zusammenhang mit dem Besitz eines Mobiltelefons standen

Die Jugendlichen in der Altersgruppe der 16-17 Jährigen besaßen statistisch signifikant häufiger ein Mobiltelefon als die jüngeren Teilnehmer ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,0001$ ).

Des Weiteren verfügten Mädchen häufiger über ein Mobiltelefon als die Jungen ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,0001$ ). Schulbildung und Studienort hatten keinen statistisch signifikanten Einfluss auf den Besitz eines Mobiltelefons. Jugendliche mit Zugang zu einem DECT-Telefon besaßen statistisch signifikant häufiger auch ein Mobiltelefon ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,0001$ ). Zudem ergab sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Nutzungsdauer des DECT-Telefons und dem Mobiltelefonbesitz ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,0001$ ) (Tabelle 21).

**Tabelle 21: Häufigkeit des Mobiltelefonbesitzes in Abhängigkeit von der Ausprägung möglicher Confounder**

Variable	Ausprägung	Mobiltelefonbesitz (%)	p-Wert (Chi <sup>2</sup> )	fehlende Werte (n)
Alter	13-15 Jahre	89,1	<0,0001	2
	16-17 Jahre	95,6		
Geschlecht	Jungen	87,5	<0,0001	2
	Mädchen	95,1		
Bildung	anderer Schultyp	91,4	0,96	8
	Gymnasium	91,4		
Studienort	München	93,1	0,08	0
	Augsburg	88,4		
	Rosenheim	90,2		
	Landsberg	92,4		
Besitz DECT-Telefon	nein	84,4	<0,0001	2
	ja	92,6		
Dauer der DECT-Telefonate	≤ 5 Minuten	84,8	<0,0001	27
	> 5 Minuten	94,8		
Umweltbesorgnis	niedrig (≤ Median)	92,4	0,23	9
	hoch (> Median)	90,7		
Mobilfunkbesorgnis	niedrig	91,7	0,70	17
	hoch	91,1		

#### 5.4.1.2. Faktoren, die im Zusammenhang mit der Nutzungsdauer des Mobiltelefons standen

16-17 Jährige Jugendliche telefonierten statistisch signifikant häufiger länger als 5 Minuten pro Tag mit dem Mobiltelefon als die jüngeren Teilnehmer ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,001$ ). Das Geschlecht ( $p_{\text{Chi}^2} = 0,003$ ), die Schulbildung ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,0001$ ) und der Studienort ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,0001$ ) hatten ebenfalls einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Nutzungshäufigkeit des Mobiltelefons.

Der Besitz eines DECT-Telefons beeinflusste die Nutzungsdauer des Mobiltelefons nicht. Allerdings nutzten Jugendliche, die länger als 5 Minuten pro Tag mit dem DECT-Telefon telefonierten, auch das Mobiltelefon häufiger länger als 5

Minuten täglich ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,0001$ ). Der inverse Zusammenhang zwischen der Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis und der täglichen Dauer der Mobiltelefonnutzung war gerade nicht statistisch signifikant ( $p_{\text{Chi}^2} = 0,07$ ) (Tabelle 22).

**Tabelle 22: Dauer der Mobiltelefonnutzung in Abhängigkeit von der Ausprägung möglicher Confounder**

Variable	Ausprägung	hohe Mobiltelefon- nutzung pro Tag (> 5 Minuten) in %	p-Wert (Chi <sup>2</sup> )	fehlende Werte (n)
Alter	13-15 Jahre	22,6	<0,001	0
	16-17 Jahre	43,2		
Geschlecht	Jungen	22,0	<0,003	0
	Mädchen	28,7		
Bildung	anderer Schultyp	30,8	<0,0001	7
	Gymnasium	20,0		
Studienort	München	31,5	<0,0001	0
	Augsburg	17,2		
	Rosenheim	28,3		
	Landsberg	18,9		
Besitz DECT- Telefon	nein	24,1	0,61	1
	ja	25,7		
Dauer der DECT- Telefonate	≤ 5 Minuten	16,5	<0,0001	26
	> 5 Minuten	29,1		
Umweltbesorgnis	niedrig (≤ Median)	25,5	0,99	7
	hoch (> Median)	25,5		
Mobilfunkbesorgnis	niedrig	26,6	0,07	15
	hoch	21,8		

#### 5.4.1.3. Faktoren, die im Zusammenhang mit der Umweltbesorgnis der Jugendlichen standen

Mädchen ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,0001$ ) und Jugendliche, die nicht das Gymnasium besuchten ( $p_{\text{Chi}^2} = 0,02$ ), gaben statistisch signifikant häufiger eine hohe Umweltbesorgnis an. Alter, Wohnort, Besitz und Nutzungsdauer des DECT- und Mobiltelefons hatten keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Umweltbesorgnis. Es ergab sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der selbst eingeschätzten Entfernung der Wohnung bzw. Schule/Arbeitsplatz zur nächsten Mobilfunkbasisstation und der angegebenen Umweltbesorgnis. Jugendliche, die die Entfernung der nächsten Basisstation von ihrer Wohnung als unter 500 Meter einstufen oder diese nicht angeben konnten, gaben tendenziell häufiger eine hohe Umweltbesorgnis an ( $p_{\text{Chi}^2} = 0,09$ ). Eine hohe Mobilfunkbesorgnis war statistisch signifikant häufiger mit einer hohen Umweltbesorgnis ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,0001$ ) assoziiert (Tabelle 23).

**Tabelle 23: Prävalenz der Umweltbesorgnis in Abhängigkeit von der Ausprägung möglicher Confounder**

Variable	Ausprägung	hohe Umweltbesorgnis (> Median) in %	p-Wert (Chi <sup>2</sup> )	fehlende Werte (n)
Alter	13-15 Jahre	43,3	0,73	7
	16-17 Jahre	44,2		
Geschlecht	Jungen	37,5	<0,0001	7
	Mädchen	49,4		
Bildung	anderer Schultyp	46,7	0,02	14
	Gymnasium	40,9		
Studienort	München	42,4	0,48	7
	Augsburg	41,5		
	Rosenheim	46,6		
	Landsberg	45,6		
Besitz Mobiltelefon	nein	48,8	0,23	9
	ja	43,2		
Dauer der Telefonate mit dem Mobiltelefon	≤ 5 Minuten	43,7	0,99	7
	> 5 Minuten	43,6		
Besitz DECT-Telefon	nein	48,3	0,14	8
	ja	42,9		
Dauer der DECT-Telefonate	≤ 5 Minuten	44,4	0,69	33
	> 5 Minuten	43,3		
Entfernung Basisstation von der Wohnung	≥ 500 Meter	39,6	0,09	43
	< 500 Meter	45,6		
	weiß nicht	44,7		
Entfernung Basisstation von der Schule bzw. Arbeitsplatz	≥ 500 Meter	42,6	0,15	7
	< 500 Meter	50,3		
	weiß nicht	42,7		
Mobilfunkbesorgnis	niedrig	34,0	<0,0001	16
	hoch	74,2		

**5.4.1.4. Faktoren, die im Zusammenhang mit der Mobilfunkbesorgnis der Jugendlichen standen**

Bei Mädchen trat statistisch signifikant häufiger eine hohe Mobilfunkbesorgnis auf ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,0001$ ). Alter, Bildung, Studienort, Besitz und Nutzungsdauer des DECT- und Mobiltelefons sowie die selbst eingeschätzte Entfernung der Wohnung zur nächsten Mobilfunkbasisstation hatten keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Mobilfunkbesorgnis. Jugendliche, die nach eigenen Angaben länger als 5 Minuten pro Tag mit dem Mobiltelefon telefonierte, gaben jedoch tendenziell seltener eine hohe Mobilfunkbesorgnis an ( $p_{\text{Chi}^2} = 0,07$ ). Bei Studienteilnehmern, die Zugang zu einem DECT-Telefon hatten, trat ebenfalls tendenziell seltener eine hohe Mobilfunkbesorgnis auf ( $p_{\text{Chi}^2} = 0,05$ ).

Jugendliche, die die Entfernung der nächsten Basisstation von ihrer Schule als unter 500 Meter einstufen, gaben tendenziell häufiger eine hohe Mobilfunkbesorgnis an ( $p_{\text{Chi}^2} = 0,07$ ) (Tabelle 24). Die Assoziation zwischen der selbst berichteten Entfernung der Wohnung zur nächsten Basisstation und einer hohen Mobilfunkbesorgnis fällt ebenfalls tendenziell statistisch signifikant aus, wenn die Antwortkategorie „weiß nicht“ von der Analyse ausgeschlossen wird (Daten nicht gezeigt).

**Tabelle 24: Prävalenz der Mobilfunkbesorgnis in Abhängigkeit von der Ausprägung möglicher Confounder**

Variable	Ausprägung	hohe Mobilfunkbesorgnis in %	p-Wert (Chi <sup>2</sup> )	fehlende Werte (n)
Alter	13-15 Jahre	24,0	0,95	15
	16-17 Jahre	23,9		
Geschlecht	Jungen	17,6	<0,0001	15
	Mädchen	29,9		
Bildung	anderer Schultyp	23,3	0,51	22
	Gymnasium	24,7		
Studienort	München	23,4	0,97	15
	Augsburg	24,6		
	Rosenheim	23,9		
	Landsberg	24,7		
Besitz Mobiltelefon	nein	25,4	0,70	17
	ja	23,9		
Dauer der Telefonate mit dem Mobiltelefon	≤ 5 Minuten	25,2	0,07	15
	> 5 Minuten	20,5		
Besitz DECT-Telefon	nein	29,3	0,05	16
	ja	23,1		
Dauer der DECT-Telefonate	≤ 5 Minuten	25,6	0,37	41
	> 5 Minuten	23,4		
Entfernung Basisstation von der Wohnung	≥ 500 Meter	21,2	0,18	51
	< 500 Meter	25,5		
	weiß nicht	21,8		
Entfernung Basisstation von der Schule bzw. Arbeitsplatz	≥ 500 Meter	22,2	0,07	15
	< 500 Meter	30,5		
	weiß nicht	23,8		
Umweltbesorgnis	niedrig (≤ Median)	10,9	<0,0001	16
	hoch (> Median)	40,7		

#### **5.4.2. Zusammenhang zwischen der subjektiven und der objektiven Exposition**

Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der subjektiven und der objektiven Exposition wurden die Eigenangaben der Teilnehmer bezüglich ihrer subjektiven Exposition zu einem Gesamtwert<sup>12</sup> zusammengefasst (vgl. Kapitel 4.7.3.) und mit der gemessenen Wachexposition in Quartilen verglichen (Tabelle 25). Die Auswertung zeigte, dass lediglich bei 31% der Teilnehmer (grau hinterlegte Felder) die selbst eingeschätzte Exposition mit der gemessenen Exposition übereinstimmte.

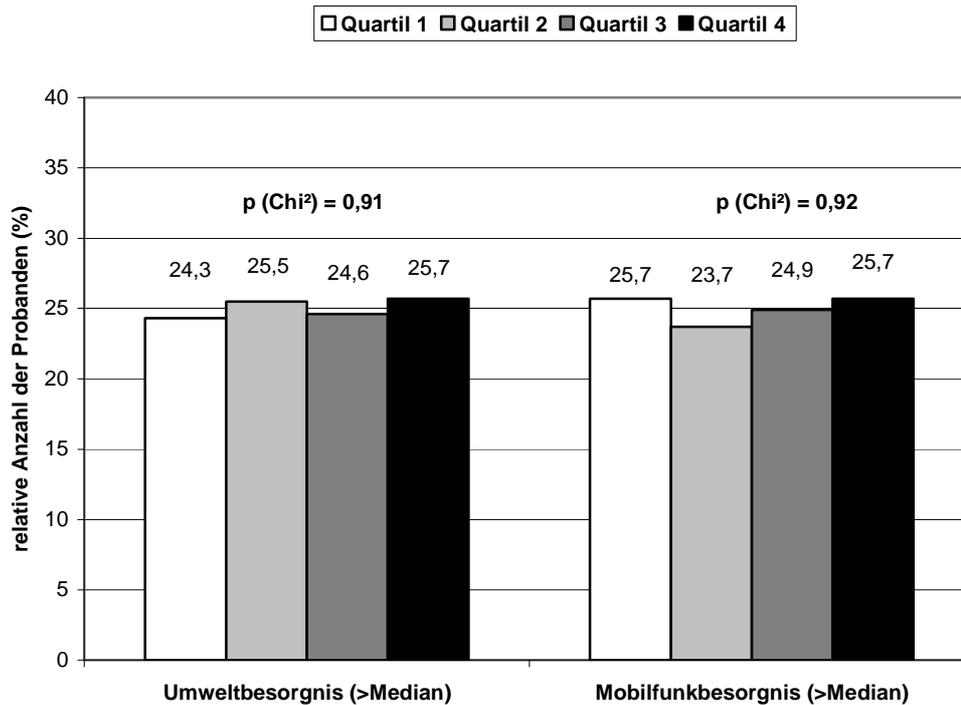
**Tabelle 25: Übereinstimmung von selbst eingeschätzter und gemessener Exposition**

		Wachexposition in Quartilen (% der Teilnehmer)			
		1	2	3	4
selbst eingeschätzte Exposition (% der Teilnehmer)	0	4,6	1,9	2,2	1,5
	1	9,9	9,0	7,3	6,6
	2	9,1	10,3	12,2	11,9
	3	1,6	3,5	3,1	5,2

#### **5.4.3. Zusammenhang zwischen Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis und der objektiven Exposition**

Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis einerseits und der Wachexposition in Quartilen andererseits (Abbildung 13).

<sup>12</sup> Ein Wert von 0 entspricht einer niedrigen und ein Wert von 3 einer hohen selbst eingeschätzten Exposition.



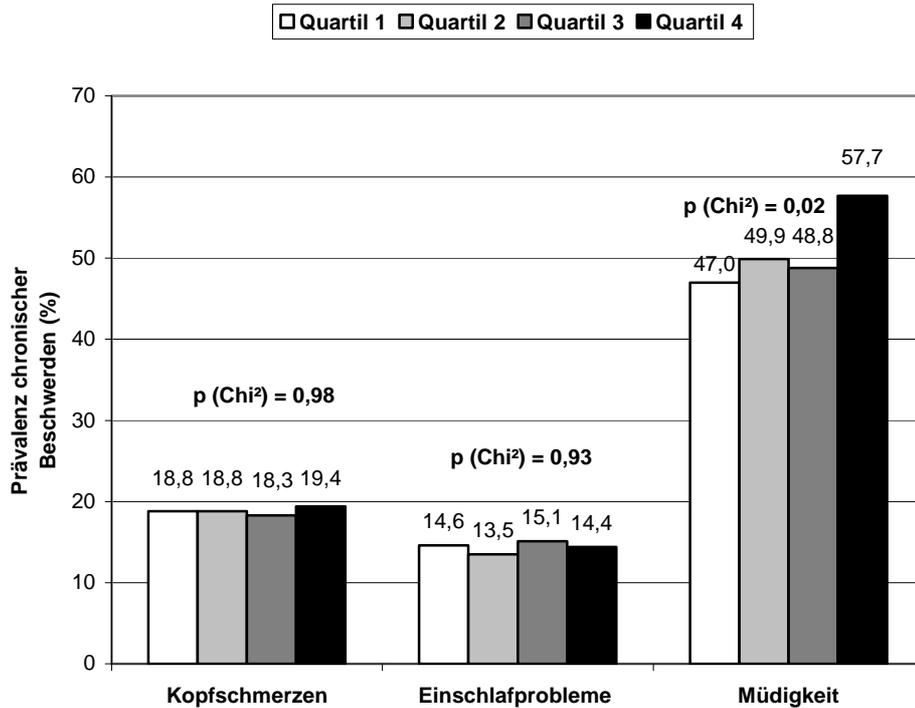
**Abbildung 13: Wachexposition gegenüber Mobilfunkfeldern in Abhängigkeit von der Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis**

#### **5.4.4. Zusammenhang zwischen der objektiven Exposition und den chronischen Beschwerden**

In Abbildung 14 ist der Zusammenhang zwischen der Wachexposition in Quartilen<sup>13</sup> und den chronischen Beschwerden Kopfschmerzen, Einschlafprobleme und Müdigkeit dargestellt. Es zeigte sich, dass Jugendliche mit einer Wachexposition im höchsten Quartil eine statistisch signifikant höhere Prävalenz chronischer Müdigkeit aufwiesen ( $p_{\text{Chi}^2} = 0,02$ ). Bezüglich der anderen beiden betrachteten chronischen Beschwerden ergab sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Wachexposition und der Prävalenz der Beschwerden.

<sup>13</sup> Einteilung der kumulierten Exposition während der Wachphase in Quartile (siehe Tabelle 14):

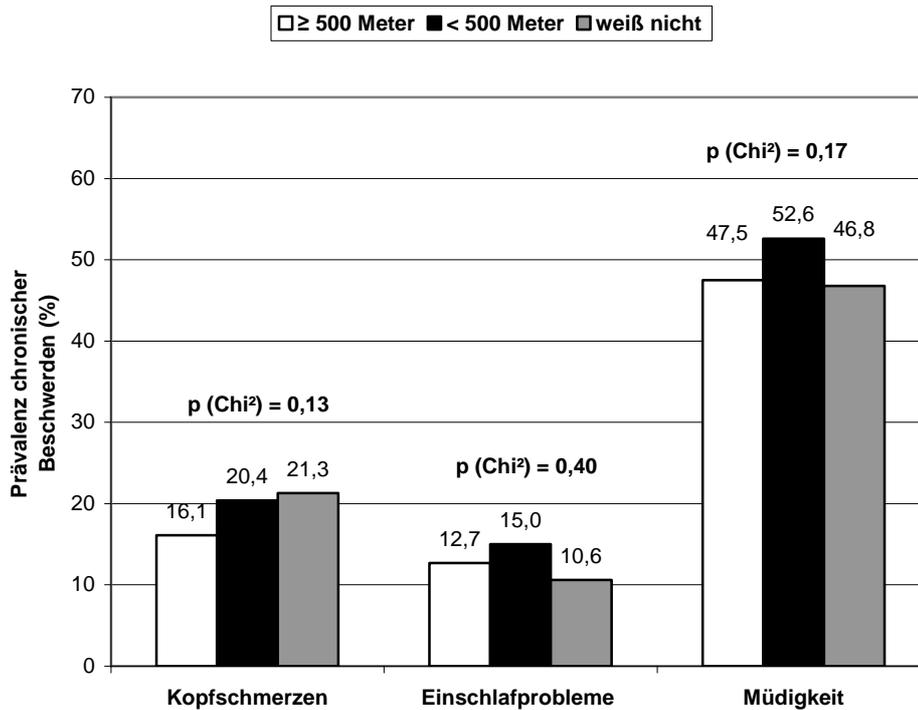
Quartil 1: 0,13 – 0,15 Prozent des ICNIRP-Grenzwerts  
 Quartil 2: 0,15 – 0,17 Prozent des ICNIRP-Grenzwerts  
 Quartil 3: 0,17 – 0,21 Prozent des ICNIRP-Grenzwerts  
 Quartil 4: 0,21 – 0,78 Prozent des ICNIRP-Grenzwerts



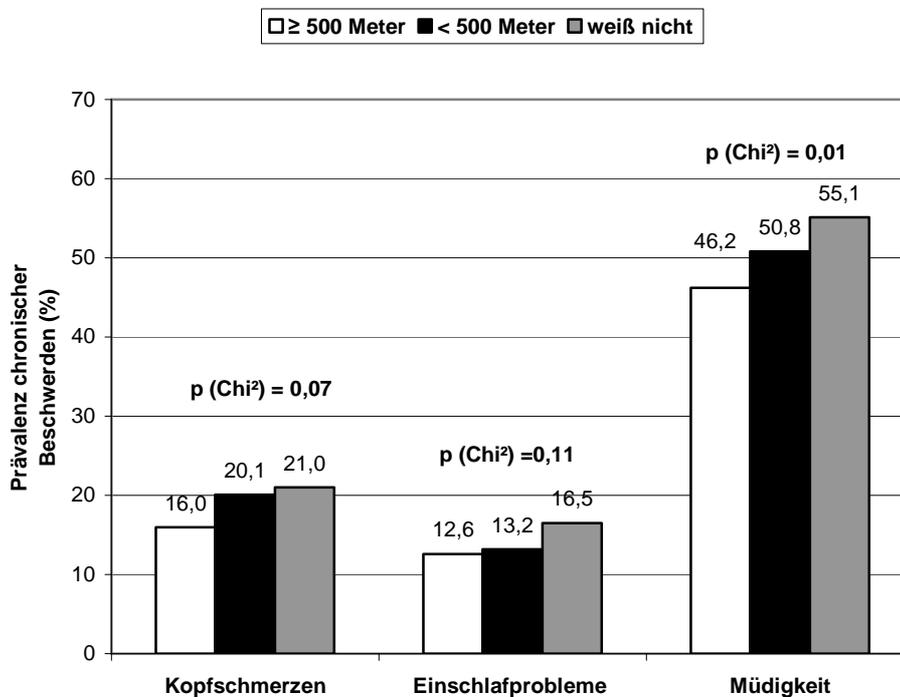
**Abbildung 14: Relative Häufigkeit der chronischen Beschwerden in Abhängigkeit von der Wachexposition gegenüber Mobilfunkfeldern in Quartilen<sup>13</sup>**

#### **5.4.5. Zusammenhang zwischen der subjektiven Exposition und den chronischen Beschwerden**

Als Maß für die subjektiv eingeschätzte Exposition wurden die Entfernung der Wohnung bzw. der Schule/Arbeitsplatz zur nächsten Mobilfunkbasisstation sowie die tägliche Nutzungsdauer von Mobil- und DECT-Telefon verwendet. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der selbst eingeschätzten Entfernung und der Prävalenz chronischer Beschwerden zeigte sich nur zwischen der Entfernung der Schule/des Arbeitsplatzes und „Müdigkeit“ (Abbildung 15 und Abbildung 16). Jugendliche, die angaben, länger als 5 Minuten pro Tag mit dem Mobiltelefon zu telefonieren, gaben tendenziell eine höhere Prävalenz von Kopfschmerzen an ( $p_{\text{Chi}^2} = 0,06$ ) (Abbildung 17). Auch der Zusammenhang zwischen der täglichen Nutzung des DECT-Telefons und der Prävalenz der betrachteten Beschwerden erwies sich als statistisch nicht signifikant (Abbildung 18). Tendenzuell fielen die Prävalenzen chronischer Beschwerden bei Jugendlichen mit höherer selbst eingeschätzter Exposition jedoch höher aus.



**Abbildung 15: Prävalenz chronischer Beschwerden in Abhängigkeit von der selbst eingeschätzten Entfernung der Wohnung zur nächsten Mobilfunkbasisstation**



**Abbildung 16: Prävalenz chronischer Beschwerden in Abhängigkeit von der selbst eingeschätzten Entfernung der Schule/Arbeitsplatz zur nächsten Mobilfunkbasisstation**

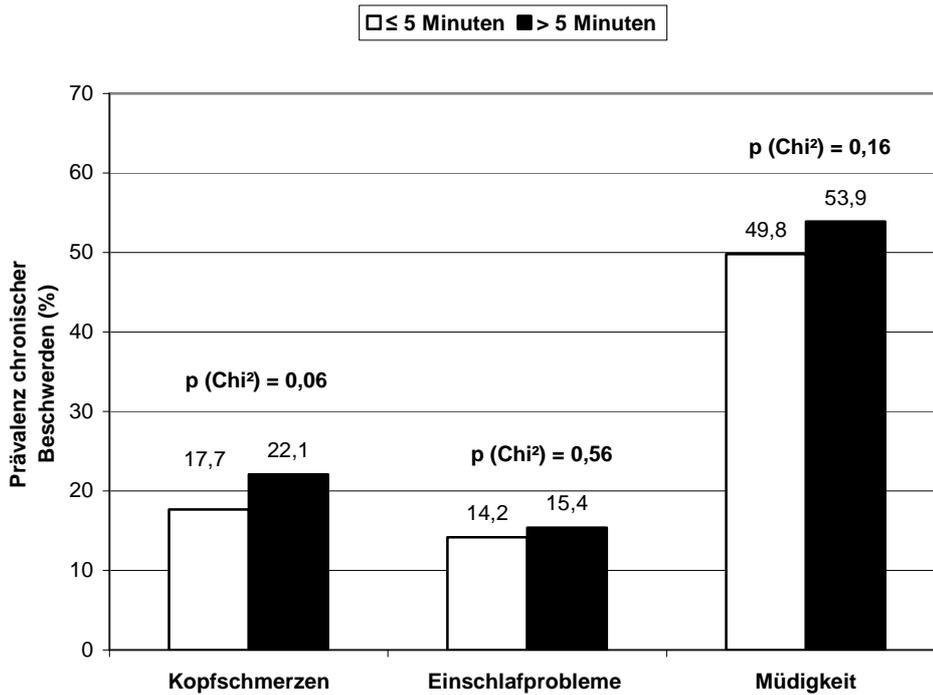


Abbildung 17: Prävalenz chronischer Beschwerden in Abhängigkeit von der selbst berichteten täglichen Nutzungsdauer des Mobiltelefons

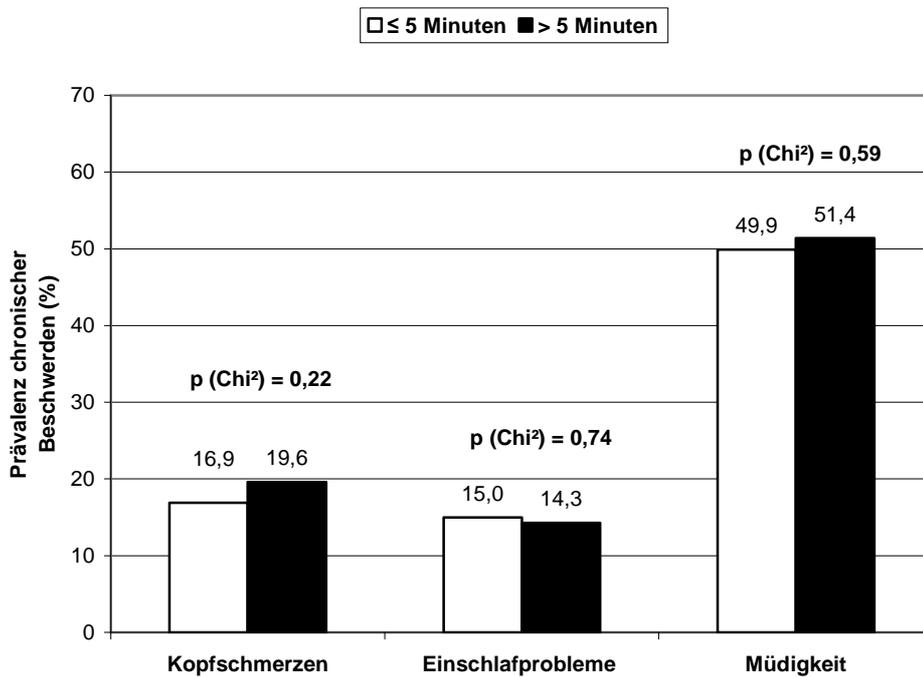


Abbildung 18: Prävalenz chronischer Beschwerden in Abhängigkeit von der selbst berichteten täglichen Nutzungsdauer des DECT-Telefons

#### 5.4.6. Zusammenhang zwischen der Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis und den chronischen Beschwerden

Jugendliche mit einer hohen Umweltbesorgnis berichteten statistisch signifikant häufiger über Kopfschmerzen ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,0001$ ), Einschlafprobleme ( $p_{\text{Chi}^2} = 0,001$ ) und Müdigkeit ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,0001$ ). Eine hohe Mobilfunkbesorgnis war ebenfalls mit einer höheren Prävalenz der drei betrachteten chronischen Beschwerden assoziiert (Tabelle 26). Dieser statistisch signifikante Zusammenhang beruhte allerdings überwiegend auf den Daten der weiblichen Teilnehmer. Betrachtet man den Zusammenhang zwischen der Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis und den chronischen Beschwerden stratifiziert für Jungen und Mädchen, so ergaben sich nur für die Mädchen überwiegend statistisch signifikante Zusammenhänge (siehe Tabelle 1 im Anhang).

**Tabelle 26: Prävalenz chronischer Beschwerden in Abhängigkeit von der Umweltbesorgnis sowie der Mobilfunkbesorgnis (n = 1508)**

Variable	Ausprägung	Prävalenz der chronischen Kopfschmerzen (%)	p-Wert (Chi <sup>2</sup> )	fehlende Werte (n)
Umweltbesorgnis	niedrig	15,0	<0,0001	8
	hoch	23,9		
Mobilfunkbesorgnis	niedrig	17,2	0,02	16
	hoch	22,9		

Variable	Ausprägung	Prävalenz der chronischen Einschlafprobleme (%)	p-Wert (chi <sup>2</sup> )	fehlende Werte (n)
Umweltbesorgnis	niedrig	11,8	0,001	8
	hoch	18,0		
Mobilfunkbesorgnis	niedrig	12,9	0,002	16
	hoch	19,6		

Variable	Ausprägung	Prävalenz der chronischen Müdigkeit (%)	p-Wert (chi <sup>2</sup> )	fehlende Werte (n)
Umweltbesorgnis	niedrig	46,0	<0,0001	8
	hoch	57,3		
Mobilfunkbesorgnis	niedrig	48,9	0,0008	16
	hoch	57,0		

## 5.5. Ergebnisse der multiplen logistischen Regression

### 5.5.1 Gesamtmodell zum Zusammenhang zwischen Exposition und chronischen Beschwerden

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen der objektiv gemessenen Wachexposition sowie der selbst berichteten subjektiven Exposition und den betrachteten chronischen Beschwerden weiter zu untersuchen, wurden sowohl unadjustierte als auch adjustierte logistische Regressionsmodelle berechnet. Da sich Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis stark überschneiden (vgl. Tabellen 23 und 24) wurde zunächst überprüft, ob es sinnvoll ist, die Modelle für beide Variablen zu adjustieren. Da sich die Ergebnisse der entsprechenden logistischen Regressionsmodelle nur minimal unterschieden (siehe Anhang, Tabelle 2), wurden beide Variablen als potentielle Confounder beibehalten.

Bezüglich der objektiv gemessenen Exposition ergab sich nur für die Prävalenz von Müdigkeit ein statistisch signifikanter Zusammenhang für das oberste Quartil (OR=1,52; 95% KI: 1,13-2,04; Tabelle 27). Dies bestätigte sich auch für das adjustierte Modell (OR=1,48; 95% KI: 1,06-2,08; Tabelle 27). Eine Dosis-Wirkungsbeziehung konnte nicht gezeigt werden.

Des Weiteren zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einer selbst berichteten Entfernung der Wohnung zur nächsten Basisstation von unter 500 Metern und der Prävalenz von Müdigkeit (OR=1,26; 95% KI: 1,01-1,57; Tabelle 28). Dieser erwies sich im adjustierten Modell jedoch nur noch als tendenziell statistisch signifikant (OR=1,15; 95% KI: 0,91-1,45; Tabelle 28).

Bezüglich der selbst berichteten Entfernung der Schule bzw. des Arbeitsplatzes von der nächsten Basisstation ergab sich für die Prävalenz aller drei betrachteten chronischen Beschwerden eine statistisch signifikant höhere Odds Ratio für die Probanden, die die Entfernung nicht angeben konnten (sowohl im un- als auch im adjustierten Modell, Tabelle 28).

Außerdem berichteten Teilnehmer, die laut Selbstauskunft länger als 5 Minuten täglich mit dem Mobiltelefon telefonierten, signifikant häufiger über Kopfschmerzen (OR=1,36; 95% KI: 1,01-1,83; Tabelle 28). Nach Adjustierung für die a priori festgelegten Confounder war dieser Zusammenhang nicht mehr statistisch signifikant (OR=1,30; 95% KI: 0,95-1,78; Tabelle 28). Des Weiteren

zeigte sich ein tendenziell statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Mobiltelefoneigentelonen mit über 5 Minuten Dauer und der Prävalenz der Müdigkeit (Tabelle 28).

In den Regressionsmodellen zeigte sich bei den Jugendlichen ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Umweltbesorgnis und den berichteten Beschwerden (Tabelle 27). Für die anderen potentiellen Confounder (Alter, Geschlecht, Schulbildung, Studienort, Mobilfunkbesorgnis) zeigten sich keine konsistenten statistisch signifikanten Zusammenhänge (Daten nicht dargestellt).

**Tabelle 27: Ergebnisse der logistischen Regression für den Zusammenhang zwischen der Wachexposition gegenüber Feldern des Mobilfunks in Quartilen und chronischen Beschwerden (unadjustierte und adjustierte Odds Ratios mit zugehörigem 95%-Konfidenzintervall; n = 1426)**

<b>Variable</b>	<b>gemessene Exposition</b>	<b>unadjustierte OR (95% KI)</b>	<b>adjustierte OR (95% KI)*</b>
<b>Kopfschmerzen</b>	Quartil 1	1,00	1,00
	Quartil 2	1,09 (0,75-1,58)	1,03 (0,69-1,53)
	Quartil 3	0,89 (0,61-1,31)	0,85 (0,55-1,30)
	Quartil 4	1,07 (0,74-1,56)	1,07 (0,70-1,65)
<b>Potentielle Confounder</b>			
	hohe Umweltbesorgnis		<b>1,64 (1,22-2,19)</b>
	hohe Mobilfunkbesorgnis		1,04 (0,75-1,44)
<b>Einschlafprobleme</b>	Quartil 1	1,00	1,00
	Quartil 2	0,92 (0,61-1,40)	0,96 (0,62-1,50)
	Quartil 3	0,97 (0,64-1,47)	1,08 (0,68-1,70)
	Quartil 4	0,82 (0,54-1,26)	0,91 (0,56-1,48)
<b>Potentielle Confounder</b>			
	hohe Umweltbesorgnis		<b>1,48 (1,07-2,05)</b>
	hohe Mobilfunkbesorgnis		1,29 (0,91-1,85)
<b>Müdigkeit</b>	Quartil 1	1,00	1,00
	Quartil 2	1,15 (0,86-1,54)	1,20 (0,88-1,65)
	Quartil 3	1,04 (0,78-1,40)	1,06 (0,76-1,46)
	Quartil 4	<b>1,52 (1,13-2,04)</b>	<b>1,48 (1,06-2,08)</b>
<b>Potentielle Confounder</b>			
	hohe Umweltbesorgnis		<b>1,51 (1,20-1,90)</b>
	hohe Mobilfunkbesorgnis		1,09 (0,83-1,43)

OR = Odds Ratio

95% KI = 95%-Konfidenzintervall

\* Odds Ratio adjustiert für Geschlecht, Altersgruppe, Bildung, Studienort, Umweltbesorgnis, Mobilfunkbesorgnis, Entfernung der Wohnung von der nächsten Mobilfunkbasisstation, Entfernung der Schule/Arbeitsplatz von der nächsten Basisstation, Nutzungsdauer Mobiltelefon, Nutzungsdauer DECT-Telefon

**Tabelle 28: Ergebnisse der logistischen Regression für den Zusammenhang zwischen der selbst berichteten Exposition gegenüber Feldern des Mobilfunks und chronischen Beschwerden (unadjustierte und adjustierte Odds Ratios mit zugehörigem 95%-Konfidenzintervall; n = 1426)**

Variable	Entfernung Wohnung	unadjustierte OR (95% KI)	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,34 (1,00-1,80)	1,32 (0,97-1,80)
	weiß nicht	1,37 (0,63-2,96)	1,23 (0,55-2,76)
<b>Einschlafprobleme</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,22 (0,88-1,69)	1,23 (0,88-1,72)
	weiß nicht	0,90 (0,34-3,36)	0,86 (0,32-2,34)
<b>Müdigkeit</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00
	< 500 Meter	<b>1,26 (1,01-1,57)</b>	1,15 (0,91-1,45)
	weiß nicht	1,02 (0,55-1,89)	0,82 (0,43-1,57)

Variable	Entfernung Schule	unadjustierte OR (95% KI)	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,13 (0,73-1,76)	1,12 (0,71-1,77)
	weiß nicht	<b>1,40 (1,05-1,87)</b>	<b>1,38 (1,02-1,86)</b>
<b>Einschlafprobleme</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00
	< 500 Meter	0,98 (0,58-1,64)	0,95 (0,56-1,62)
	weiß nicht	<b>1,44 (1,04-2,00)</b>	<b>1,51 (1,08-2,10)</b>
<b>Müdigkeit</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,08 (0,77-1,51)	0,97 (0,69-1,38)
	weiß nicht	<b>1,43 (1,14-1,78)</b>	<b>1,43 (1,13-1,80)</b>

Variable	Nutzungsdauer Mobiltelefon	unadjustierte OR (95% KI)	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00
	> 5 Minuten	<b>1,36 (1,01-1,83)</b>	1,30 (0,95-1,78)
<b>Einschlafprobleme</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,12 (0,80-1,57)	1,15 (0,80-1,64)
<b>Müdigkeit</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,25 (0,99-1,60)	1,29 (1,00-1,67)

Variable	Nutzungsdauer DECT	unadjustierte OR (95% KI)	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,19 (0,89-1,59)	0,91 (0,66-1,26)
<b>Einschlafprobleme</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,00 (0,72-1,38)	0,97 (0,68-1,37)
<b>Müdigkeit</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,08 (0,86-1,35)	0,96 (0,75-1,23)

OR = Odds Ratio

95% KI = 95%-Konfidenzintervall

Entfernung Wohnung = Entfernung der Wohnung von der nächsten Mobilfunkbasisstation

Entfernung Schule = Entfernung der Schule/Arbeitsplatz von der nächsten Mobilfunkbasisstation

\* Odds Ratio adjustiert für Geschlecht, Altersgruppe, Bildung, Studienort, Umweltbesorgnis, Mobilfunkbesorgnis, objektive Exposition; sowie alle in der Tabelle aufgeführten Variablen

### **5.5.2. Überprüfung möglicher Effektmodifikationen im Zusammenhang zwischen Mobilfunkexposition und Prävalenz chronischer Beschwerden**

In der bivariaten Auswertung zeigte sich, dass Mädchen und Jugendliche mit hoher Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis statistisch signifikant häufiger über chronische Beschwerden berichteten. Aus diesem Grund wurde überprüft, ob das Geschlecht bzw. die Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis Effektmodifikatoren darstellten.

#### **5.5.2.1. Geschlecht**

Es ergaben sich keine Hinweise für eine Effektmodifikation des Geschlechts für die Assoziation zwischen objektiver und subjektiver Exposition und den betrachteten chronischen Beschwerden (Tabelle 29). Auch die formale Überprüfung einer Effektmodifikation mittels Interaktionsterm ergab keine Hinweise auf eine Effektmodifikation (Daten nicht gezeigt).

#### **5.5.2.2. Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis**

In den nach Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis stratifizierten logistischen Regressionsmodellen zeigten sich keine konsistenten statistisch signifikanten Zusammenhänge und keine Hinweise auf Effektmodifikation. Grund hierfür waren eventuell die geringen Fallzahlen in den bei der Stratifizierung entstandene Untergruppen (Tabelle 3 im Anhang).

**Tabelle 29: Ergebnisse der logistischen Regression für den Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber Feldern des Mobilfunks und chronischen Beschwerden stratifiziert nach dem Geschlecht (adjustierte Odds Ratios mit zugehörigem 95%-Konfidenzintervall; n = 1426)**

Variable	gemessene Exposition	Mädchen (n =737)	Jungen (n =737)
		adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	Quartil 1	1,00	1,00
	Quartil 2	1,12 (0,67-1,88)	1,06 (0,55-2,06)
	Quartil 3	1,05 (0,62-1,80)	0,55 (0,24-1,25)
	Quartil 4	1,18 (0,68-2,05)	1,14 (0,56-2,34)
<b>Einschlafprobleme</b>	Quartil 1	1,00	1,00
	Quartil 2	0,76 (0,42-1,35)	1,44 (0,72-2,86)
	Quartil 3	0,80 (0,44-1,45)	1,64 (0,80-3,37)
	Quartil 4	0,71 (0,37-1,35)	1,36 (0,65-2,87)
<b>Müdigkeit</b>	Quartil 1	1,00	1,00
	Quartil 2	1,21 (0,77-1,88)	1,15 (0,73-1,82)
	Quartil 3	1,02 (0,65-1,60)	1,08 (0,67-1,75)
	Quartil 4	1,55 (0,95-2,52)	1,42 (0,88-2,29)

		Mädchen (n =737)	Jungen (n =737)
Variable	Entfernung Wohnung	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,06 (0,73-1,55)	<b>2,34 (1,30-4,22)</b>
	weiß nicht	0,81 (0,30-2,16)	3,63 (0,86-15,40)
<b>Einschlafprobleme</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,09 (0,70-1,70)	1,52 (0,89-2,57)
	weiß nicht	0,69 (0,19-2,46)	1,48 (0,30-7,38)
<b>Müdigkeit</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,09 (0,78-1,51)	1,21 (0,87-1,69)
	weiß nicht	0,84 (0,36-1,94)	0,71 (0,24-2,10)
Variable	Entfernung Schule	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,48 (0,84-2,63)	0,66 (0,28-1,53)
	weiß nicht	1,44 (0,99-2,09)	1,47 (0,87-2,49)
<b>Einschlafprobleme</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00
	< 500 Meter	0,84 (0,41-1,74)	1,14 (0,52-2,53)
	weiß nicht	1,08 (0,70-1,67)	<b>2,44 (1,44-4,16)</b>
<b>Müdigkeit</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,17 (0,70-1,94)	0,83 (0,51-1,34)
	weiß nicht	<b>1,66 (1,20-2,29)</b>	1,21 (0,86-1,70)
Variable	Nutzungsdauer Mobiltelefon	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,15 (0,78-1,69)	1,53 (0,86-2,72)
<b>Einschlafprobleme</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,17 (0,74-1,85)	1,10 (0,62-1,98)
<b>Müdigkeit</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,28 (0,90-1,81)	1,31 (0,89-1,93)
Variable	Nutzungsdauer DECT	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00
	> 5 Minuten	0,65 (0,43-0,99)	1,44 (0,85-2,42)
<b>Einschlafprobleme</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00
	> 5 Minuten	0,87 (0,52-1,43)	1,04 (0,63-1,70)
<b>Müdigkeit</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00
	> 5 Minuten	0,89 (0,60-1,30)	1,00 (0,72-1,39)

OR = Odds Ratio

95% KI = 95%-Konfidenzintervall

Entfernung Wohnung = Entfernung der Wohnung von der nächsten Mobilfunkbasisstation

Entfernung Schule = Entfernung der Schule/Arbeitsplatz von der nächsten Mobilfunkbasisstation

\* Odds Ratio adjustiert für Geschlecht, Altersgruppe, Bildung, Studienort, Umweltbesorgnis, Mobilfunkbesorgnis; sowie alle in der Tabelle aufgeführten Variablen

## **6. Diskussion**

Das Ziel der hier vorliegenden Arbeit war die Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der objektiven und subjektiven Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und dem chronischen Befinden bayerischer Jugendlicher. Hierzu wurde erstmals die Personendosimetrie zur Ermittlung der Exposition gegenüber Mobilfunkfrequenzen an Jugendlichen eingesetzt. Die Mobilfunkexposition lag für alle 1.508 Teilnehmer weit unterhalb der derzeit geltenden ICNIRP-Grenzwerte.

Hinsichtlich der selbst eingeschätzten subjektiven Exposition und den chronischen Beschwerden ergaben sich teilweise statistisch signifikante Zusammenhänge. Diese Assoziationen konnten mit der objektiv ermittelten Exposition nicht bestätigt werden. Eine differentielle Missklassifikation ist daher vermutlich die Ursache der gefundenen Zusammenhänge. Dies verdeutlicht einmal mehr die Notwendigkeit einer validen Expositionsabschätzung in umweltepidemiologischen Studien. Es zeigt aber auch, dass schon bei Jugendlichen eine Umweltbesorgnis besteht, die sich auf ihr subjektives Befinden auswirken kann.

### **6.1. Diskussion des methodischen Vorgehens**

#### **6.1.1. Studiendesign**

Bei der MobilEe-Studie handelt es sich um eine bevölkerungsrepräsentative Querschnittsstudie. Wesentliche Vorteile einer Querschnittsstudie sind ein (im Vergleich zu anderen Studiendesigns) relativ geringer Arbeitsaufwand sowie verhältnismäßig niedrige Durchführungskosten. Des Weiteren ist von Vorteil, dass ohne großen Mehraufwand gleichzeitig verschiedene Zielgrößen in die Studie miteinbezogen werden können. In Bezug auf die MobilEe-Studie kommen sowohl die untersuchte Exposition als auch die betrachteten Befindlichkeitsstörungen bei Jugendlichen relativ häufig vor, was eine Grundvoraussetzung für die sinnvolle Durchführung eines Querschnittsdesigns ist [173].

Wesentlicher Nachteil des gewählten Designs ist, dass eine Querschnittsstudie auf die Erfassung des Status quo beschränkt ist. Dies beinhaltet, dass Exposition und Zielgrößen nur zu einem einzigen Zeitpunkt betrachtet werden [173]. So konnte in der hier vorliegenden Arbeit die Mobilfunkexposition nur 24 Stunden lang erfasst werden. Dadurch wäre es möglich, dass die am Untersuchungstag

gemessene Exposition nicht repräsentativ für die durchschnittliche Mobilfunkexposition des Probanden im letzten halben Jahr war (für diesen Zeitraum wurden die chronischen Beschwerden erfragt). Hierdurch wäre die Frage des temporären Zusammenhangs zwischen Exposition und Zielgröße nicht eindeutig belegt.

Um die Repräsentativität der gemessenen Exposition zu überprüfen, wurden bei 54 Probanden Messungen der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks über fünf aufeinander folgende Wochentage durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass die 24-Stunden-Messungen an nur einem Wochentag die mittlere Exposition gut darstellten. Vor allem bei den wochentags durchgeführten Messungen (Beginn Montag bis Donnerstag) wich die Exposition um meist nur ein Quartil ab [174]. Somit ist von einer geringen nicht-differentiellen Missklassifikation auszugehen. Eine solche Fehlklassifikation führt üblicherweise zu einer Unterschätzung des Risikos [173], so dass die hier dargestellten Ergebnisse eher konservativ zu deuten sind.

Hinsichtlich der selbst berichteten Exposition könnte ebenfalls eine Missklassifikation der Teilnehmer aufgetreten sein. Erinnerungsfehler („Recall Bias“) der Jugendlichen könnten dazu geführt haben, dass diese ihre durchschnittliche Nutzungsdauer des Mobil- und DECT-Telefons sowie die Entfernung zur Basisstation falsch einschätzten. In der Regel führt dies bei manchen Probanden zu einer Überschätzung, bei anderen zu einer Unterschätzung der subjektiven Exposition. Wenn der Erinnerungsfehler unsystematisch ausfällt, liegt eine nicht-differentielle Missklassifikation vor, die wiederum zu einer Unterschätzung des Risikos führt [173]. Wie in Kapitel 6.1.3. dargestellt, nahmen jedoch eher besorgte Jugendliche an der Studie teil. In früheren Studien konnte bereits gezeigt werden, dass Besorgte ihre subjektive Mobilfunkexposition überschätzten [38]. Somit ist in diesem Fall von einer differentiellen Missklassifikation auszugehen, die bezüglich der subjektiven Exposition vermutlich zu einer Überschätzung des untersuchten Risikos führte.

Bezüglich der erfassten chronischen Beschwerden könnte es auch zu einer Missklassifikation gekommen sein, da diese nur einmalig vom Probanden erhoben und nicht objektiviert wurden. Möglicherweise kam es bei der Erfragung der Beschwerden der letzten sechs Monate zu einer Überbewertung durch die Probanden. Da die Jugendlichen ihre objektiv gemessene Exposition jedoch nicht

kannten, kann ebenfalls von einer nicht-differentiellen Missklassifikation im Bezug auf die objektive Exposition und damit von einer Unterschätzung des Risikos ausgegangen werden. Die gefundenen Risikoschätzer für die objektive Exposition sind somit als konservativ anzusehen. Das bedeutet, dass schwache Effekte übersehen worden sein könnten.

Mit der vorliegenden Studie sollten erste Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Mobilfunkexposition und gesundheitlichen Beschwerden erhoben werden. Eine Aussage über chronische Langzeiteffekte kann allerdings nur im Rahmen einer prospektiven Kohortenstudie getroffen werden. Deren Nachteile sind ein sehr hoher finanzieller und zeitlicher Aufwand sowie eine zu erwartende geringe Akzeptanz von seitens der Probanden [173]. So ist es den Teilnehmern beispielsweise kaum zuzumuten, über einen längeren Zeitraum ein Personendosimeter zu tragen. In Bezug auf die Fragestellungen der Studie, erste Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen objektiver Exposition gegenüber Feldern des Mobilfunks und dem Befinden zu erhalten, waren das gewählte Querschnittsdesign sowie die große, repräsentative Bevölkerungsstichprobe gut geeignet.

### **6.1.2. Ausschöpfung der Stichprobe**

Es wurden insgesamt 3.261 Jugendliche im Alter zwischen 13 und 17 Jahren postalisch zur Teilnahme an der Studie eingeladen. 261 der kontaktierten Personen waren nicht erreichbar (Ausfälle). Dadurch ergab sich eine Nettostichprobe von 3.000 Personen. Von diesen nahmen 1.524 Jugendliche an der Feldphase (ausführliches Interview und 24-Stunden-Messung) teil. Die große Teilnehmerzahl ermöglichte eine ausreichend große Fallzahl, um den interessierenden Zusammenhang zu untersuchen.

Die Teilnahme an der Feldphase war für die Probanden mit einem relativ großen zeitlichen Aufwand verbunden. Daher ist die Teilnahme von 51% durchaus zufrieden stellend. Sie fiel vergleichbar aus wie in einer epidemiologischen Studie zu den Wirkungen von Lärm auf das Befinden [175]. Die relativ hohe Bereitschaft, an der Feldphase teilzunehmen indiziert, dass auch in der jugendlichen Allgemeinbevölkerung das Interesse für das Thema möglicher gesundheitlicher Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks groß ist.

Die Teilnahmebereitschaft wurde allerdings vor allem durch umfangreiche Maßnahmen zur Erhöhung der Response erreicht. So wurden den kontaktierten Personen bis zu zwei Erinnerungsschreiben zugeschickt. Falls trotzdem keine Reaktion auf die Einladung zur Studienteilnahme erfolgte, wurde zusätzlich versucht, die potentiellen Teilnehmer telefonisch zu kontaktieren (bis zu fünf Versuche). Diese umfangreichen Rekrutierungsmaßnahmen führten auch dazu, dass von 78% der eingeladenen Jugendlichen zumindest der Kurzfragebogen beantwortet wurde. Hierdurch wurden wichtige Informationen zum Selektionbias gewonnen (vgl. Kapitel 6.1.3.).

Des Weiteren wurden verschiedene Anreize zur Teilnahme an der Feldphase geboten. Zum einen erhielten die Probanden als Aufwandsentschädigung einen Einkaufsgutschein in Höhe von 20,- Euro. In früheren Studien wurde bereits gezeigt, dass eine Aufwandsentschädigung einen zusätzlichen Anreiz für eine Studienteilnahme darstellt [176-178]. Außerdem erhielten alle Teilnehmer eine Graphik ihrer individuellen Exposition über den Studientag mit Erläuterungen. Zusätzlich wurden Probanden mit zeitlichen Problemen Hausbesuche angeboten, um ihnen die Fahrt zum Untersuchungszentrum zu ersparen.

Die Teilnahmebereitschaft fiel in den vier Studienorten unterschiedlich hoch aus. In Landsberg war sie mit 55% am höchsten und in Augsburg mit 48% am niedrigsten. Die Unterschiede bezüglich der Ausschöpfung der kontaktierten Stichprobe könnten teilweise durch die unterschiedlich langen Anfahrtswege zu den Untersuchungszentren bedingt sein. In München wurden die Stadtteile unter anderem nach ihrer U-Bahn-Anbindung zum Studienzentrum ausgesucht, so dass dieses mit einem verhältnismäßig geringen zeitlichen Aufwand erreicht werden konnte. In Augsburg wurde die Stichprobe auf Wunsch der Vertreter der Stadt aus dem gesamten Stadtgebiet gezogen, was bei den Teilnehmern zu einem erhöhten zeitlichen Aufwand führte. In Landsberg und Rosenheim fielen die Anfahrtswege aufgrund der geringeren Größe des Ortes von vornherein vergleichsweise kürzer aus.

Generell fällt in epidemiologischen Studien die Teilnahme in kleineren Studienorten höher aus als in größeren Städten [175, 178, 179]. Möglicherweise ist bei den Einwohnern von größeren Städten schon eine gewisse Sättigung gegenüber einer Studienteilnahme vorhanden, da diese aufgrund der größeren räumlichen Nähe und dem damit verbundenen geringeren zeitlichen Aufwand für die

meist in den Großstädten angesiedelten Forschungsinstitutionen diesbezüglich häufiger kontaktiert werden als auf dem Land wohnende Personen. Denkbar ist auch, dass sich die Durchführung einer Studie in einem kleineren Ort durch Nachbarn, Schulkameraden etc. schneller herumspricht und Jugendliche eher zu einer Teilnahme bereit sind, wenn Freunde oder Bekannte bereits teilgenommen haben.

### **6.1.3. Repräsentativität der untersuchten Stichprobe**

Zur Untersuchung einer möglichen Verzerrung der Ergebnisse durch selektive Nichtteilnahme wurden die Angaben der Kurzfragebögen von Teilnehmern an der Feldphase mit denjenigen verglichen, die nur den zugesandten Kurzfragebogen beantworteten.

Beim Vergleich der Daten aus den Kurzfragebögen zeigte sich, dass weibliche Jugendliche, Schüler eines Gymnasiums sowie Jugendliche jüngeren Alters eher zur Teilnahme an der Feldphase bereit waren. In der deutschlandweiten Studie zum Gesundheitszustand von Kindern und Jugendlichen (KIGGS, Kinder- und Jugendgesundheitssurvey) lag die Teilnahmebereitschaft der Mädchen und der 11-13 Jährigen (im Vergleich zu den 14-17 Jährigen) ebenfalls höher [178]. Des Weiteren war unter den Teilnehmern der hier vorliegenden Arbeit der Anteil der Jugendlichen höher, die ein eigenes Mobiltelefon besaßen sowie der Anteil derjenigen Jugendlichen, die eine Angabe zur Entfernung ihrer Wohnung zur nächsten Mobilfunkbasisstation machten. Auch wiesen die Teilnehmer an der Feldphase eine höhere Besorgnis bezüglich elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf. Ergebnisse früherer Studien zeigten bereits, dass Personen, die glauben, dass sich in ihrer Wohnumgebung eine Mobilfunkbasisstation befindet, häufiger bezüglich möglicher Gesundheitseffekte besorgt sind [22, 38, 40, 42]. Studien an Jugendlichen liegen bislang zu diesem Thema allerdings noch kaum vor. Gleichzeitig wurde bereits vielfach in anderen Studien gezeigt, dass die tatsächliche Entfernung von der Basisstation häufig nicht valide eingeschätzt werden kann, da zum einen Personen generell die Entfernungen nur schlecht abschätzen können [38] und Mobilfunkbasisstationen häufig nicht sichtbar angebracht werden [57].

Insgesamt ist daher davon auszugehen, dass eher Jugendliche teilnahmen, die eine höhere Schulbildung besaßen, die über ein Mobiltelefon verfügten und die sich mit dem Thema Mobilfunk bereits auseinander gesetzt hatten. Ein Selekti-

onsbias könnte insofern vorliegen, dass eher die bzgl. elektromagnetischer Felder aus dem Mobilfunkbereich besorgten Probanden an der Feldphase teilgenommen haben und somit die Prävalenz der Besorgnis und der Beschwerden über der Prävalenz in der Zielpopulation liegen könnte. Auch der Bildungsstand war nicht repräsentativ für die Ausgangspopulation.

Aufgrund der objektiven Expositionserfassung ist der entstehende Selektionsbias zwischen objektiver Exposition und Beschwerden als nicht-differentiell einzuschätzen. Anders sieht das für den Zusammenhang zwischen subjektiv eingeschätzter Exposition und den auftretenden Beschwerden aus. Hier könnte es zu Scheinassoziationen gekommen sein, da möglicherweise Probanden mit einem hohen Besorgnisgrad ihre Exposition und ihre Beschwerden höher bewertet haben könnten als Probanden, die weniger oder nicht besorgt waren.

#### **6.1.4. Fragebogeninstrumente**

Bei der Zusammenstellung des Interviews wurde auf standardisierte und validierte Fragebogeninstrumente zurückgegriffen. Dadurch waren die eingesetzten Fragen gut verständlich und trafen bei den Teilnehmern trotz einer relativ langen Dauer des Interviews (25-40 Minuten) auf eine gute Akzeptanz. Dies zeigte sich auch an der geringen Anzahl fehlender Werte für fast alle Items. Die ausgewählten Fragebogeninstrumente eigneten sich daher gut für den Einsatz in einer epidemiologischen Untersuchung.

Die Verwendung bereits bewährter Fragebogeninstrumente ermöglichte generell den Vergleich mit den Ergebnissen anderer Studien. Allerdings mussten die Variablen, mit Ausnahme der objektiven Exposition, aufgrund der geringeren Besetzung der oberen Ausprägungskategorien für die statistische Analyse dichotomisiert werden. Damit wurde ein einheitliches Auswertungskonzept verfolgt und die Interpretation der Ergebnisse erleichtert, allerdings können hierdurch keine Dosis-Wirkungs-Beziehungen untersucht werden.

Auch die erfasste Umweltbesorgnis wurde am Median dichotomisiert. Dies wurde a priori festgelegt, da für die verwendete Skala bislang keine standardisierte Auswertungsmethode zur Unterscheidung von besorgten und nicht besorgten Personen existiert [165, 169]. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt in der Entstehung zweier gleich großer Gruppen für den Vergleich und einer hohen statistischen Power. Allerdings gehen durch die Dichotomisierung nähere In-

formationen verloren, so dass auch hier keine Dosis-Wirkungsbeziehung untersucht werden konnte. Letzteres ist für diesen Parameter jedoch wenig relevant, da die Umweltbesorgnis lediglich als potentieller Confounder in die Regressionsmodelle einging.

#### **6.1.5. Expositionserfassung mittels Personendosimetrie**

Die vorliegende Studie war die erste Studie an einer großen Zahl Jugendlicher, in der die objektive Mobilfunkexposition mittels Personendosimetrie individuell erfasst wurde. Bisher wurden die Personendosimeter nur in einer Pilotstudie [9] und einer Studie an Erwachsenen [10] mit jeweils deutlich geringerer Fallzahl eingesetzt. Für Jugendliche liegt ansonsten noch keine Studie mit Verwendung von Personendosimetrie vor. Auch sonst ist die Anzahl der Studien an Jugendlichen zum Thema potentieller Effekte elektromagnetischer Felder des Mobilfunks [106, 110, 111] begrenzt.

Im Vergleich zu früheren Studien konnte so eine validere Expositionsabschätzung erreicht werden. Bisherige Studien hatten die Exposition mit Hilfe von subjektiven Expositionsabschätzungen [55, 56] oder stationären Messungen [38, 62] in den Schlafzimmern der erwachsenen Teilnehmer erhoben. Die Umrechnung der Exposition in Form einer grenzwertbezogenen Feldstärke ermöglichte zudem den Vergleich mit den in Deutschland geltenden Grenzwerten.

Da die verwendeten Personendosimeter einfach zu bedienen sind und sich aufgrund von geringer Größe und geringem Gewicht problemlos tragen lassen, ermöglichen sie längere Messzeiträume, die sowohl die örtliche Mobilität der Probanden als auch die zeitliche Variation der Mobilfunkfelder am selben Ort berücksichtigen [2, 8]. Allerdings beeinflusst der Körper an sich die gemessenen Werte [180, 181]. Vergleiche mit Freifeldmessungen zeigen, dass das Dosimeter die im Raum vorhandene Exposition eher unterschätzt [182]. Das Ausmaß dieser Unterschätzung tritt jedoch für alle Teilnehmer gleichermaßen auf und hat daher keine Auswirkung auf die Zuordnung zu den Expositionsquartilen. Folglich werden die Studienergebnisse bezüglich des Zusammenhangs zwischen Mobilfunkexposition und auftretenden Symptomen davon nicht beeinflusst. Bei Betrachtung der gemessenen Expositionshöhe ist jedoch zu beachten, dass die mittels Personendosimetrie erhaltenen Messwerte nur bedingt mit stationären Messungen zu vergleichen sind.

Da die Antennen des verwendeten Personendosimeters richtungsabhängig und daher auf Bewegung ausgelegt sind, reduziert sich im Ruhezustand die Validität der erhaltenen Messwerte. Ein Problem stellten daher die nächtlichen Messwerte dar. Da für die Teilnehmer das nächtliche Tragen des Geräts nicht akzeptabel war und zudem die Antennen des Geräts nicht für die horizontale Anwendung gedacht waren, befestigten die Teilnehmer das Dosimeter nachts an einer Plastikflasche. Innerhalb eines Raumes können starke Expositionsschwankungen auftreten, z.B. wenn sich der Raum in der Nähe einer Quelle wie z.B. einer Mobilfunkbasisstation befindet. Dann kann das Abstellen des Geräts dazu führen, dass es sich in einem Wellenberg oder Wellental befindet, diese wechseln z.B. bei einer Frequenz von 900 MHz (D-Netz) in 33 cm Abstand ab (1800 MHz 17 cm) [183]. In Abhängigkeit davon können die Messwerte sehr unterschiedlich ausfallen. Dies belegt auch die mangelnde Korrelation zwischen den nächtlichen Messwerten und von den Probanden vor und nach der Schlafenszeit durchgeführten Rundgängen im Schlafzimmer. Aufgrund der geschilderten technischen Eigenschaften des Personendosimeters war es wichtig, die Nachtwerte aus der kumulierten Gesamtexposition auszuschließen und nur die ausreichend validen Messwerte während der Wachphase für die Analysen zu verwenden.

Einen weiteren Nachteil des verwendeten Personendosimeters stellt die nicht ausreichend vorhandene Trennschärfe zwischen bestimmten Frequenzbereichen dar (z.B. GSM 1800, DECT, UMTS). Die einzelnen Frequenzbereiche konnten daher nicht getrennt betrachtet werden, sondern wurden zu einer kumulierten Gesamtexposition zusammengefasst. Bei einem anderen auf dem Markt verfügbaren Personendosimeter (Firma Satimo, ehemals Antennessa) traten die beiden genannten Einschränkungen nicht auf. Wie in unserer Pilotstudie gezeigt, eigneten sich diese Geräte jedoch aufgrund von höherem Gewicht und Größe sowie mangelnder Zuverlässigkeit im Feld nicht für eine Studie an Jugendlichen [8, 90].

Insgesamt betrachtet stellen die hier eingesetzten Personendosimeter derzeit die beste Möglichkeit der validen individuellen Expositionsabschätzung unter Berücksichtigung aller Quellen dar [2, 58-60].

## **6.2. Diskussion der Ergebnisse**

### **6.2.1. Mobiltelefonbesitz und -nutzung**

Mehr als 90% der teilnehmenden Jugendlichen besaßen ein Mobiltelefon und 86% nutzten ein DECT-Telefon. Diese Zahlen stehen in Einklang mit den Ergebnissen anderer deutscher und internationaler Studien (z.B. [21, 22, 24, 27, 30, 32, 33]). Sie betonen den großen gesellschaftlichen Stellenwert, den der Besitz eines Mobiltelefons heutzutage bei den Jugendlichen aufweist. Die bivariate Auswertung ergab, dass Mädchen, Besitzer eines DECT-Telefons sowie Jugendliche, die das DECT-Telefon länger als fünf Minuten täglich nutzten, statistisch signifikant häufiger ein Mobiltelefon besaßen. Der Besitz eines Mobiltelefons stieg mit dem Alter an. Der Einfluss von Alter [21, 23-27] und Geschlecht [25-31] auf den Mobiltelefonbesitz zeigte sich bereits in früheren Studien. Ein Zusammenhang zwischen der Größe des Studienorts konnte im Gegensatz zu anderen Studien nicht bestätigt werden, in denen Jugendliche aus der Stadt häufiger ein Mobiltelefon besaßen als Jugendliche, die auf dem Land lebten [23, 26]. Mögliche Ursache ist die unterschiedliche Teilnahmebereitschaft nach Größe des Studienortes.

Die Nutzungsdauer war hingegen von der Größe des Untersuchungsortes abhängig, so telefonierten die Jugendlichen aus München länger mit dem Mobiltelefon als die Jugendlichen aus anderen Gemeinden. Ebenso wie beim Besitz stieg auch die Nutzungsdauer mit dem Alter an. Wie auch in anderen Studien telefonierten Mädchen sowohl mit dem Mobiltelefon als auch mit dem schnurlosen Heimtelefon (DECT) länger als Jungen [25-31]. Insgesamt stieg die Mobiltelefonnutzung mit der DECT-Nutzung und geringere Schulbildung ging mit höherer Mobiltelefonnutzung einher.

Die selbst berichtete Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis der Jugendlichen hatte keinen statistisch signifikanten Einfluss auf den Besitz eines Mobiltelefons. Allerdings nutzten Jugendliche mit einer hohen Mobilfunkbesorgnis das Mobiltelefon statistisch nicht signifikant kürzer als weniger besorgte Jugendliche. In früheren Studien an Erwachsenen zeigte sich, dass Nicht-Mobiltelefonnutzer sich häufiger besorgt äußerten bzw. das Mobiltelefon aufgrund ihrer Besorgnis seltener nutzten [22, 40-43]. Dies konnte für die jugendlichen Teilnehmer in dieser Arbeit nur bedingt bestätigt werden.

### **6.2.2. Objektive Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks**

Die Studienergebnisse zeigten, dass die mittels Personendosimetrie gemessenen Werte für alle Probanden weit unterhalb der in Deutschland festgelegten Grenzwerte lagen. Maximal lag der mittlere prozentuale Anteil der Wachexposition am ICNIRP-Grenzwert bei 0,78%. Die Verteilung der Exposition fiel für Mädchen und Jungen nahezu identisch aus. Auch unter Berücksichtigung der Unterschätzung der tatsächlichen Exposition durch die Personendosimetrie, werden die Grenzwerte sehr sicher eingehalten. Die in dieser Studie ermittelte Exposition der bayerischen Jugendlichen bestätigt somit die Ergebnisse von zwei bereits durchgeführten Studien mit Personendosimetrie [9, 10].

In den epidemiologischen Studien, in denen die Mobilfunkexposition stationär gemessen wurde, lagen die Werte ebenfalls weit unterhalb der geltenden Grenzwerte [38, 62, 89]. Die Messwerte einer bayernweit durchgeführten Studie des bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) an 400 zufällig ausgewählten Orten in Wohngebieten fielen ebenfalls niedrig aus. Die stationären Messwerte im Freien lagen für den GSM-Mobilfunkbereich im Durchschnitt bei ein bis zwei Promille des in Deutschland gültigen Grenzwerts [18]. Es ist allerdings generell zu berücksichtigen, dass die mittels Personendosimetrie erhaltenen Messwerte mit stationären Messungen, die zur Überprüfung der Einhaltung der Grenzwerte herangezogen werden, nicht unmittelbar vergleichbar sind (vgl. 6.1.4.).

Aus Studien mit stationärer Expositionsmessung sowie aus der Studie mit Personendosimetrie an Erwachsenen ist bekannt, dass die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks von der Größe des Studienorts abhängt [10, 38]. Dies konnte in der hier vorliegenden Studie bestätigt werden. Je größer der Studienort war, umso höher fiel die gemessene Exposition aus. Probanden aus Landsberg wiesen die niedrigste und Münchner Probanden die höchste Gesamtexposition auf. In Augsburg und Rosenheim wiederum war die Exposition der Probanden etwas höher als in Landsberg. In Ballungszentren ist aufgrund der größeren Einwohnerzahl der Bedarf an mobiler Telekommunikation größer, welcher wiederum nur mit einer größeren Anzahl an Mobilfunkbasisstationen abgedeckt werden kann. Auch fällt in größeren Städten die Exposition durch Fremdtelphonate (z.B. Sitznachbar in der S-Bahn) höher aus als in Kleinstädten.

### **6.2.3. Zusammenhang zwischen objektiver und subjektiver Mobilfunkexposition**

Bei der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen selbst eingeschätzter und gemessener Exposition zeigte sich, dass lediglich 31% der Teilnehmer ihre tatsächliche Exposition tendenziell richtig eingeschätzt hatten. 69% der Teilnehmer wären bezüglich ihrer tatsächlichen Exposition fehlklassifiziert worden, wenn die Exposition lediglich mittels selbst berichteter Angaben der Probanden abgeschätzt worden wäre. Dies ist ein deutlicher Hinweis darauf, wie wichtig eine objektive Expositionsabschätzung bei der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und dem Befinden ist. Bereits in der Studie von Berg et al. (2007) hatte sich gezeigt, dass der Großteil der Probanden die Entfernung ihrer Wohnung zur nächsten Mobilfunkbasisstation nicht richtig einschätzen konnte [38]. Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass das in der vorliegenden Studie eingesetzte Maß zur Einteilung der subjektiven Exposition nur orientierend war und keine quantitative Betrachtung erlaubt. Generell wurden solch orientierende Marker aber bislang in Studien eingesetzt, in denen die Exposition durch Eigenangabe der Probanden abgeschätzt wurde [55, 56, 62, 87, 88, 111].

### **6.2.4. Prävalenz chronischer Beschwerden**

Müdigkeit trat mit einer Prävalenz von 51% am häufigsten auf, gefolgt von Kopfschmerzen (19%) und Einschlafproblemen (15%). Mädchen berichteten signifikant häufiger über Kopfschmerzen als Jungen, für die beiden anderen betrachteten Beschwerden ergaben sich nur tendenzielle geschlechtsbezogene Unterschiede.

Im Rahmen der HBSC-Jugendgesundheitsstudie in Berlin (11-15 Jährige) ergab sich für Müdigkeit eine vergleichbar hohe Prävalenz (46%). Die Prävalenzen für Einschlafprobleme und Kopfschmerzen lagen mit 34% bzw. 26% jedoch deutlich höher als in unserer Untersuchung [184]. Aufgrund der Tatsache, dass besorgte Jugendliche eher teilnahmen und bei Besorgten eine höhere Prävalenz der Beschwerden auftrat (vgl. Kapitel 6.2.5.), hätte man eigentlich erwartet, dass die berichteten Symptomprävalenzen eventuell höher als in der Allgemeinbevölkerung ausfallen würden. Möglicherweise verfügen Jugendliche aus dem Münchner Raum aufgrund des höheren Lebensstandards in dieser Region über eine bessere Gesundheit als Jugendliche aus anderen Regionen [185].

Die unterschiedlichen Prävalenzen der Beschwerden könnten jedoch auch durch eine unterschiedliche Teilnahmebereitschaft oder zeitliche Effekte (die HBSC-Studie in Berlin wurde bereits 2002 durchgeführt) verursacht sein. Eine höhere Prävalenz von Beschwerden bei weiblichen Teilnehmern zeigte sich hingegen auch in anderen Studien [38, 111, 184].

Zwischen der Größe der Studienorte und der Prävalenzen der untersuchten Beschwerden ergab sich kein Zusammenhang im Sinne eines Dosis-Wirkungszusammenhangs. Die Resultate anderer Studien dazu sind uneinheitlich [186, 187].

### **6.2.5. Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis**

Bezüglich der selbst berichteten Umweltbesorgnis ist eine Interpretation sehr schwierig, da es keine Normwerte für die Einteilung der Allgemeinbevölkerung in besorgte und nicht besorgte Personen gibt. An Jugendlichen wurde die hier verwendete Umweltskala bereits in einer Pilotstudie eingesetzt [90].

Auffallend ist, dass Mädchen eine höhere Umweltbesorgnis berichteten. Ein solcher Geschlechtseffekt ergab sich auch in einer epidemiologischen Studie zu Lärmexposition und Gesundheit [175]. Der Geschlechtseffekt zeigte sich ebenfalls bezüglich der gestellten Fragen zur Mobilfunkbesorgnis. So gaben 30% der Mädchen an, „ziemlich“ oder „stark“ besorgt bezüglich möglicher gesundheitlicher Effekte durch elektromagnetische Felder des Mobilfunks zu sein. Bei den Jungen waren dies nur 17%. Hinweise auf eine höhere mobilfunkspezifische Besorgnis bei erwachsenen Frauen haben sich bereits in früheren Studien ergeben [22, 40, 42].

Insgesamt waren 24% der Jugendlichen „ziemlich“ oder „stark“ besorgt und 4% fühlten sich durch elektromagnetische Felder des Mobilfunks „ziemlich“ oder „stark“ beeinträchtigt. Leider wurde nicht explizit nach dem Vorhandensein einer „Elektrosensitivität“ gefragt, aber die abgefragte Beeinträchtigung entspricht dieser (vgl. Kapitel 2.5.). In einer Studie des Instituts für angewandte Sozialwissenschaften dagegen äußerten sich nur 14% der 14-17 Jährigen als besorgt, 5% fühlten sich beeinträchtigt [37]. Somit fiel die Besorgnis der Jugendlichen in unserer Studie im Vergleich relativ hoch aus. Dieses Ergebnis bestätigt zum einen das Auftreten eines Nord-Süd-Gefälles bezüglich der Mobilfunkbesorgnis, welches schon in früheren Studien an Erwachsenen gezeigt werden konnte [22,

38]. Des Weiteren ist davon auszugehen, dass besorgte Jugendliche eher zur Teilnahme bereit waren (vgl. 6.1.3.).

#### 6.2.5.1. Bivariate Zusammenhänge zwischen beeinflussenden Faktoren und der Umwelt- sowie Mobilfunkbesorgnis

Bei Untersuchung der mit der Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis in Zusammenhang stehenden Faktoren stellte sich neben dem bereits dargestellten Geschlechtsunterschied heraus, dass Jugendliche mit einer niedrigeren selbst eingeschätzten Entfernung ihrer Wohnung zur nächsten Basisstation häufiger eine hohe Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis angaben. Resultate früherer Studien zeigten ebenfalls, dass die selbst berichtete räumliche Nähe der Wohnung zu einer Mobilfunkbasisstation häufiger mit Besorgnis einhergeht [22, 38]. Hinsichtlich dieses Zusammenhangs bleibt allerdings unklar, ob die Besorgnis eine Reaktion auf die Nähe zur Mobilfunkbasisstation darstellt oder ob besorgte Personen die Entfernung als kleiner wahrnehmen als bezüglich Mobilfunkfelder unbesorgte Personen.

Die meisten Jugendlichen zeigten sich bezüglich der Wirkungen einer Exposition durch das Mobiltelefon besorgt. Dies unterschied sie von der Allgemeinbevölkerung, die Basisstationen am häufigsten als Hauptquelle der Besorgnis angibt [22, 40, 41, 188]. Möglicherweise liegt diese Einschätzung daran, dass die Jugendlichen im Gegensatz zu Erwachsenen in ihrem Alltag das Mobiltelefon bewusster wahrnehmen als die Mobilfunkbasisstationen.

#### 6.2.5.2. Assoziation zwischen den erfassten Confoundern und den betrachteten chronischen Beschwerden

Eine hohe Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis war statistisch signifikant mit einer höheren Prävalenz von Kopfschmerzen, Schlafproblemen und Müdigkeit assoziiert. Ein Zusammenhang zwischen Umwelt- bzw. Mobilfunkbesorgnis und der Zugehörigkeit zu den Quartilen der gemessenen Mobilfunkexposition bestand hingegen nicht. Dieses Ergebnis weist auf die Möglichkeit der Wirkung eines Nocebo-Effekts hin (vgl. Kapitel 2.5.5.). Die vorhandene Besorgnis könnte zu höheren Beschwerden und „Elektrosensitivität“ führen. Bereits in früheren epidemiologischen Studien zum Thema möglicher gesundheitlicher Auswirkungen von Mobilfunkfeldern wurden Hinweise auf einen solchen psychologischen Effekt gefunden. So zeigte sich in der Studie von Hutter et al. (2006), dass die Besorgnis von Anwohnern einer Mobilfunkbasisstation zu einer statistisch signi-

fikant schlechteren Schlafqualität führte [62]. In einer weiteren Studie ergaben sich signifikante Assoziationen zwischen der Attribution gesundheitlicher Beschwerden auf Basisstationen und Schlafstörungen sowie körperlichen Beschwerden [38].

Die weiteren in den Regressionsmodellen berücksichtigten Confounder (Alter, Schulbildung, Studienort) zeigten keine konsistente statistisch signifikante Assoziation mit den betrachteten chronischen Beschwerden.

### **6.3. Diskussion der Ergebnisse der logistischen Regression**

Insgesamt zeigten sich nur einzelne statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der Exposition gegenüber Mobilfunk und den betrachteten chronischen Beschwerden. Diese waren bis auf eine Ausnahme, einer statistisch signifikant höheren Prävalenz von Müdigkeit für die Jugendlichen im höchsten Expositionsquartil, auf die subjektive Expositionseinschätzung beschränkt.

Beim Vergleich der Ergebnisse zwischen der objektiv gemessenen und der subjektiv eingeschätzten Exposition ist zu berücksichtigen, dass vor allem die statistisch signifikanten Ergebnisse bei der subjektiven Exposition durch eine mögliche Überbewertung der Beschwerden sowie eine Überbewertung der selbst eingeschätzten Exposition zu erklären sein könnten (differentielle Missklassifikation, vgl. Kapitel 6.1.1.). Dies ist ein deutlicher Hinweis darauf, wie wichtig eine objektive Expositionsabschätzung ist, um den Zusammenhang zwischen Exposition gegenüber Mobilfunk und Beschwerden valide abschätzen zu können, denn subjektiv höher exponierte Personen berichten häufiger über Beschwerden und Personen mit Beschwerden berichten häufiger über eine höhere Exposition [38, 189]. Dies wurde in den bislang vorliegenden Studien nicht hinreichend berücksichtigt, da die Personendosimetrie erst seit kurzem für epidemiologische Studien zur Verfügung steht.

Auf Grund des multiplen Testens bezüglich des potentiellen Zusammenhangs zwischen der Exposition und den verschiedenen Zielgrößen müsste eine Bonferroni-Korrektur durchgeführt werden [190]. Durch diese Korrektur würden die Ergebnisse, die knapp statistisch signifikant waren, als nicht mehr signifikant bewertet werden.

### **6.3.1. Zusammenhang zwischen der objektiven Exposition und den chronischen Beschwerden**

Bezüglich der objektiv gemessenen Exposition ergab sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einer Wachexposition im vierten Quartil und der Prävalenz von Müdigkeit. Dieses Ergebnis konnte in unseren früheren Studien nicht gezeigt werden, diese waren allerdings durch eine kleinere Fallzahl statistisch weniger aussagekräftig [10, 90]. Da die gefundene Assoziation auf nur ein Quartil beschränkt war, keine Dosis-Wirkungsbeziehung vorlag und in keiner früheren Laborstudie oder epidemiologischer Studie mit objektiver Expositionsabschätzung gezeigt werden konnte, ist davon auszugehen, dass dieses Ergebnis auf Zufall beruht. Unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur wäre das Ergebnis nicht mehr statistisch signifikant. Insgesamt gesehen ergaben sich auf Grund der Datenanalyse keine konsistenten Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der objektiv gemessenen Exposition und den chronischen Beschwerden während der letzten 6 Monate bei den teilnehmenden Jugendlichen. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit den Befunden früherer epidemiologischer Studien mit valider Expositionsabschätzung [10, 38, 90].

### **6.3.2. Zusammenhang zwischen der subjektiven Exposition und den chronischen Beschwerden**

Bezogen auf die subjektive Exposition ließen sich einige statistisch signifikante Zusammenhänge mit den betrachteten Beschwerden beobachten. Diese Ergebnisse bestätigten die in früheren Studien beschriebenen Zusammenhänge zwischen der selbst eingeschätzten Entfernung der Wohnung zu Mobilfunkbasisstationen [55, 56] bzw. der selbst beschriebenen Nutzungshäufigkeit von Mobiltelefonen und dem Auftreten von subjektiven Symptomen [84, 88, 111].

So konnte der Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Entfernung der Basisstation und Müdigkeit sowie Schlafstörungen auch in anderen Studien beobachtet werden [55, 56]. Weitere Studien schilderten einen Zusammenhang zwischen der Mobiltelefonnutzung und dem Auftreten von Kopfschmerzen [84, 87, 111]. Studien mit objektiver Expositionsabschätzung fanden hingegen keine Zusammenhänge zwischen elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und chronischen Beschwerden [10, 38, 89]. Die beobachteten Ergebnisse bezüglich der subjektiven Exposition sind daher mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine differentielle Missklassifikation aufgrund der nicht objektiven Expositionsab-

schätzung zurückzuführen. Sie könnten jedoch auch Hinweise auf eine mögliche Wirkung eines Nocebo-Effekts sein (vgl. Kapitel 2.5.5.).

### **6.3.3. Überprüfung möglicher Effektmodifikatoren**

In den bivariaten Analysen zeigte sich, dass Mädchen häufiger über die untersuchten chronischen Beschwerden berichteten. Aus den für das Geschlecht stratifizierten Regressionsmodellen ergaben sich Hinweise auf eine mögliche Effektmodifikation zwischen der Entfernung der Wohnung bzw. der Schule zur nächsten Mobilfunkbasisstation und dem Geschlecht. Diese konnten aber mittels Interaktionsterm nicht bestätigt werden. Zum Teil verfehlten die betrachteten Interaktionen die statistische Signifikanz nur knapp. Dies könnte auf eine zu geringe Power aufgrund der kleineren Fallzahlen in der nach Geschlecht stratifizierten Auswertung zurückzuführen sein.

In der bivariaten Auswertung und in den Regressionsmodellen zeigte sich bei den Jugendlichen ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Umweltbesorgnis und der Prävalenz der betrachteten chronischen Beschwerden. Jugendliche, die eine hohe Umweltbesorgnis angaben, berichteten häufiger über Kopfschmerzen, Einschlafprobleme und Müdigkeit. Dies deutet darauf hin, dass Jugendliche, die allgemein über mögliche schädliche Einflüsse aus der Umwelt besorgt sind, sensibler für auftretende Beschwerden sind und diese möglicherweise überbewerten. Eine nach Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis stratifizierte Auswertung mittels Regressionsmodellen erwies sich als nicht aussagekräftig, da die Power aufgrund der relativ kleinen Fallzahl der besorgten Personen zu gering war. Somit konnte mit dieser Studie nicht eindeutig geklärt werden, ob der Zusammenhang zwischen subjektiver Exposition und einer höheren Prävalenz chronischer Beschwerden für besorgte Jugendliche stärker war als für Unbesorgte.

## **6.4. Ausblick**

In der vorliegenden Studie zeigten sich keine konsistenten statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen der gemessenen Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und den betrachteten chronischen Beschwerden bei Jugendlichen. Für zukünftige Studien wäre ein Kohortendesign eine gute Wahl, da die Erfassung der Exposition und der auftretenden Be-

schwerden über einen längeren Zeitraum das Problem einer möglichen Missklassifikation reduzieren würde. Von Vorteil wäre auch die Erfassung klinischer Parameter, um so objektive Zielgrößen betrachten zu können. In der vorliegenden Studie wurden nur subjektiv berichtete Beschwerden untersucht.

Aufgrund des gefundenen Zusammenhangs zwischen hoher Umweltbesorgnis und einer höheren Prävalenz chronischer Beschwerden wäre eine Interventionsstudie mit verhaltenstherapeutischem Ansatz wünschenswert. Vor allem für Personen mit EMF-attribuierten Beschwerden wäre es wichtig, geeignete Behandlungen anzubieten, da „Elektrosensitivität“ in Extremfällen zu Isolation von der Zivilisation (und damit auch zu sozialer Isolation) und Arbeitsunfähigkeit führen kann. Besonders wichtig ist ein möglichst frühes Ansetzen der Intervention, um eine Verfestigung und damit ein kaum mehr korrigierbares Erklärungsmodell zu vermeiden. Wesentliche Hauptbestandteile einer entsprechenden kognitiv-verhaltenstherapeutischen Intervention wären (nach medizinischer Abklärung der vorhandenen gesundheitlichen Beschwerden) eine bewältigungsorientierte Verbesserung der Lebensqualität sowie eine Erweiterung des vorhandenen Erklärungsmodells.



## 7. Zusammenfassung

Die Mobilfunktechnologie verbreitet sich weltweit sehr schnell, fast jeder Jugendliche in Deutschland besitzt heutzutage ein Mobiltelefon. Teile der Allgemeinbevölkerung befürchten, dass elektromagnetische Felder des Mobilfunks die Gesundheit und das Wohlbefinden besonders bei Minderjährigen bereits ab Feldstärken weit unterhalb der in Deutschland geltenden Grenzwerte beeinträchtigen könnten.

Das Ziel der hier vorliegenden Studie war die Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der objektiven und subjektiven Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und dem subjektiven Befinden der Jugendlichen. Zudem sollte die Rolle der Umweltbesorgnis in diesem Zusammenhang ermittelt werden.

Die individuelle Expositionsabschätzung wurde mittels personenbezogener Messungen über 24 Stunden an 1.524 Jugendlichen (13-17 Jahre; Response 51%) aus vier bayerischen Städten durchgeführt. Zusätzlich wurden im Interview das subjektive Befinden der Teilnehmer, die Umweltbesorgnis sowie potentielle Störgrößen erfasst. Mittels multipler logistischer Regressionsmodelle wurde der Zusammenhang zwischen der Exposition und den chronischen Beschwerden Kopfschmerzen, Einschlafproblemen und Müdigkeit untersucht.

Die mittels Personendosimetrie gemessene Exposition der Jugendlichen gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunkbereichs lag bei  $< 1\%$  des Grenzwerts. 24% der jugendlichen Teilnehmer machten sich Sorgen bezüglich potentieller negativer Effekte von Mobilfunkfeldern auf die Gesundheit. Es zeigten sich keine konsistenten statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen der gemessenen Exposition und den betrachteten chronischen Beschwerden während der letzten 6 Monate. Hinsichtlich der selbst eingeschätzten subjektiven Exposition und den chronischen Beschwerden ergaben sich teilweise statistisch signifikante Zusammenhänge. Des Weiteren zeigte sich ein statistisch signifikanter Einfluss von hoher Umweltbesorgnis auf die Prävalenz der chronischen Beschwerden.

Die in Deutschland geltenden Grenzwerte für elektromagnetische Felder des Mobilfunks werden sicher eingehalten. Zusammenhänge zwischen objektiver Exposition und dem Befinden der Jugendlichen ließen sich nicht finden. Die Resultate bezüglich der subjektiven Exposition sind mit hoher Wahrscheinlich-

keit auf eine differentielle Missklassifikation zurückzuführen. Aufgrund des gefundenen Zusammenhangs zwischen hoher Umweltbesorgnis und einer höheren Prävalenz chronischer Beschwerden wäre eine Interventionsstudie mit verhaltenstherapeutischem Ansatz wünschenswert.

## Literaturverzeichnis

1. Informationszentrum Mobilfunk (IZMF). *Welche Bedeutung hat der Mobilfunk weltweit?* 2008 [cited 23.04.2008]; Available from: <http://www.izmf.de/html/de/1411.html>.
2. Neubauer, G., M. Feychting, Y. Hamnerus, L. Kheifets, N. Kuster, I. Ruiz, et al., *Feasibility of future epidemiological studies on possible health effects of mobile phone base stations*. *Bioelectromagnetics*, 2007. **28**(3). S. 224-230.
3. Danker-Hopfe, H. und H. Dorn, *Biological effects of electromagnetic fields at mobile phone frequencies on sleep: Current state of knowledge from laboratory studies*. *Somnologie*, 2005. **9**. S. 192-198.
4. Oftedal, G., A. Straume, A. Johnsson und L.J. Stovner, *Mobile phone headache: a double blind, sham-controlled provocation study*. *Cephalalgia*, 2007. **27**(5). S. 447-55.
5. Lonne-Rahm, S., B. Andersson, L. Melin, M. Schultzberg, B. Arnetz und M. Berg, *Provocation with stress and electricity of patients with "sensitivity to electricity"*. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 2000. **42**(5). S. 512-6.
6. Rubin, G.J., J. Das Munshi und S. Wessely, *Electromagnetic Hypersensitivity: A Systematic Review of Provocation Studies*. *Psychosomatic Medicine*, 2005. **67**. S. 224-232.
7. Schreier, N., A. Huss und M. Rösli, *The prevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: a cross-sectional representative survey in Switzerland*. *Sozial- und Präventiv Medizin*, 2006. **51**(4). S. 202-209.
8. Radon, K., H. Spegel, N. Meyer, J. Klein, J. Brix, A. Wiedenhofer, et al., *Personal Dosimetry of Exposure to Mobile Telephone Base Stations? An Epidemiologic Feasibility Study Comparing the Maschek Dosimeter Prototype and the Antennessa DSP-090 System*. *Bioelectromagnetics*, 2006. **27**. S. 77-81.
9. Spegel, H., N. Meyer, V. Ehrenstein, S. Heinrich, A. Schulze, J. Klein, et al., *Mobilfunk und Befinden - eine Pilotstudie. Design und erste Ergebnisse*. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*, 2006. **11**(2). S. 80-88.
10. Thomas, S., A. Kühnlein, S. Heinrich, G. Praml, D. Nowak, R. von Kries, et al., *Personal exposure to mobile phone frequencies and well-being in adults: A cross-sectional study based on dosimetry*. *Bioelectromagnetics*, 2008. S.
11. Revermann, C., *Risiko Mobilfunk - Wissenschaftlicher Diskurs, öffentliche Debatte und politische Rahmenbedingungen*. 2003, Berlin: edition sigma.
12. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV), *Mobilfunk*. 2007, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz: München.
13. Leute, U., *Wie gefährlich ist Mobilfunk?* 2002, Weil der Stadt: J. Schlembach Fachverlag.

14. Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), *Strahlenthemen*. 2005, Bundesamt für Strahlenschutz (BfS).
15. Wilke, I., *Das große Strahlen - Handy & Co*. 2002, Köln: Kiepenheuer & Witsch.
16. Blettner, M., J. Michaelis und J. Wahrendorf, *Mobilfunk und Gesundheit*. Deutsches Ärzteblatt, 2000. **97**(13). S. 847-850.
17. Leitgeb, N., *Machen elektromagnetische Felder krank? - Strahlen, Wellen, Felder und ihre Auswirkungen auf unsere Gesundheit*. 2000, Wien: Springer Verlag.
18. Bernkopf, J., *EMF-Monitoring in Bayern - Messungen der elektromagnetischen Felder in Wohngebieten*. 2004, Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). [www.bayern.de/lfu/laerm/emv/index.html](http://www.bayern.de/lfu/laerm/emv/index.html); Augsburg.
19. Bundesverband Informationswirtschaft Telekommunikation und neue Medien (BITKOM). *Handymarkt knackt 100-Millionen-Grenze*. 2008 [cited 23.04.2008]; Available from: [http://www.bitkom.org/de/presse/30739\\_51915.aspx](http://www.bitkom.org/de/presse/30739_51915.aspx).
20. Schüz, J., *Mobile phone use and exposures in children*. Bioelectromagnetics, 2005. **26**(S7). S. 45-50.
21. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, *JIM-Studie 2007. Jugend, Information, (Multi-) Media*. 2007: Stuttgart.
22. Institut für angewandte Sozialwissenschaften (infas), *Ermittlung der Befürchtungen und Ängste der breiten Öffentlichkeit hinsichtlich möglicher Gefahren der hochfrequenten elektromagnetischen Felder des Mobilfunks - jährliche Umfragen. Abschlussbericht der Befragung 2006*. 2006, Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Bonn.
23. Böhler, E. und J. Schüz, *Cellular telephone use among primary school children in Germany*. European Journal of Epidemiology, 2004. **19**. S. 1043-1050.
24. Dimonte, M. und G. Ricchiuto, *Mobile phone and young people. A survey pilot study to explore the controversial aspects of a new social phenomenon*. Minerva Pediatrica, 2006. **58**(4). S. 357-63.
25. Koivusilta, L.K., T.P. Lintonen und A.H. Rimpela, *Orientations in adolescents use of information and communication technology: A digital divide by sociodemographic background, educational career and health*. Scandinavian Journal of Public Health, 2007. **35**. S. 95-103.
26. Mezei, G., M. Benyi und A. Muller, *Mobile phone ownership and use among school children in three hungarian cities*. Bioelectromagnetics, 2007. **28**(4). S. 309-315.
27. Söderqvist, F. und L. Hardell, *Ownership and use of wireless telephones: a population-based study of Swedish children aged 7-14 years*. BMC Public Health, 2007. **7**:105. S.
28. Döring, N., K. Hellwig und P. Klimsa, *Mobile Communication among German Youth.*, in *A Sense of Place. The Global and the Local in Mobile Communication*, K. Nyíri, Hrsg. 2005, Passagen Verlag: Wien. p. 209-220.

29. Lampert, T., R. Sygusch und R. Schlack, *Nutzung elektronischer Medien im Jugendalter. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS)*. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz, 2007. **50**(5-6). S. 643-52.
30. Ling, R., *Adolescent girls and young adult men: Two sub-cultures of the mobile phone*. Revista de Estudios de Juventud 57, 2002. S. 33-45.
31. Punamäki, R.L., M. Wallenius, C.H. Nygard, L. Saarni und A. Rimpela, *Use of information and communication technology (ICT) and perceived health in adolescence: the role of sleeping habits and waking-time tiredness*. Journal of Adolescence, 2007. **30**(4). S. 569-85.
32. Madell, D., *An Online Survey of UK Young People`s use of Mobile Phones*. The Research and Development Bulletin, 2006. **4**(2). S. 21-27.
33. Rees, H. und J.M. Noyes, *Mobile telephones, computers, and the internet: sex differences in adolescents' use and attitudes*. Cyberpsychology and Behavior, 2007. **10**(3). S. 482-4.
34. Martha, C. und J. Griffet, *Brief report: How do adolescents perceive the risks related to cell-phone use?* Journal of Adolescents, 2007. **30**. S. 513-521.
35. Leute, U., *Was ist dran am Elektrosmog?* 2001, Weil der Stadt: J. Schlembach Fachverlag.
36. Matyssek, A.K. und J. Neuser, *Subjektive Beeinträchtigungen ohne objektivierbare Umweltnoxe: Fehlattritionen.*, in *Lehrbuch der Umweltmedizin: Grundlagen - Untersuchungsmethoden - Krankheitsbilder - Prävention*, W. Dott, et al., Hrsg. 2002, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft: Stuttgart.
37. Institut für angewandte Sozialwissenschaften (infas), *Ermittlungen der Befürchtungen und Ängste der breiten Öffentlichkeit hinsichtlich möglicher Gefahren der hochfrequenten elektromagnetischen Felder des Mobilfunks - jährliche Umfragen. Abschlussbericht der Befragungen 2003 bis 2006*. 2007, Bundesamt für Strahlenschutz (BfS).
38. Berg, G., J. Breckenkamp, B. Kowall, J. Riedel, M. Blettner, J. Schüz, et al., *Querschnittsstudie zur Erfassung und Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die Felder von Mobilfunkbasisstationen (QUEBEB)*. 2007, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Bonn.
39. Special Eurobarometer 272a, *Electromagnetic fields*. 2007, European Commission.
40. Hutter, H.-P., H. Moshammer, P. Wallner und M. Kundi, *Public perception of risk concerning celltowers and mobile phones*. Sozial- und Präventivmedizin, 2004. **49**. S. 62-6.
41. Siegrist, M., T.C. Earle, H. Gutscher und C. Keller, *Perception of mobile phone and base station risks*. Risk Analysis, 2005. **25**(5). S. 1253-1264.
42. Wiedemann, P.M. und H. Schütz, *Wer fürchtet den Mobilfunk? Gruppenspezifische Differenzen bei der Risikowahrnehmung*. 2002, Programm-

- gruppe Mensch, Umwelt, Technik (MUT), Forschungszentrum Jülich: Jülich.
43. Büllingen, F. und A. Hillebrand, *Zielgruppenanalyse zur differenzierten Information über Mobilfunk und Gesundheit. Studie für das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)*. 2005, wik-Consult: Bad Honnef.
  44. Parslow, R.C., S.J. Hepworth und P.A. McKinney, *Recall of past use of mobile phone handsets*. Radiation Protection Dosimetry, 2003. **106**(3). S. 233-240.
  45. Zamkange-Zeeb, F., G. Berg und M. Blettner, *Validation of self-reported cellular phone use*. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 2004. **14**(3). S. 245-248.
  46. Vrijheid, M., E. Cardis, B.K. Armstrong, A. Auvinen, G. Berg, K.G. Blaasaas, et al., *Validation of short term recall of mobile phone use for the Interphone study*. Occupational and Environmental Medicine, 2006. **63**. S. 237-243.
  47. Vrijheid, M., I. Deltour, D. Krewski, M. Sanchez und E. Cardis, *The effect of recall errors and selection bias in epidemiologic studies of mobile phone use and cancer risk*. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 2006. **16**. S. 371-384.
  48. Auvinen, A., T. Toivo und K. Tokola, *Epidemiological risk assessment of mobile phones and cancer: where can we improve?* European Journal of Cancer Prevention, 2006. **15**. S. 516-523.
  49. Schüz, J. und J. Michaelis, *Epidemiologie nicht-ionisierender elektromagnetischer Felder - eine Übersicht*. Umweltmedizin in Forschung und Praxis, 2001. **6**. S. 67-76.
  50. Schüz, J. und C. Johansen, *A comparison of self-reported cellular telephone use with subscriber data: Agreement between the two methods and implications for risk estimation*. Bioelectromagnetics, 2007. **28**(2). S. 130-136.
  51. Blettner, M., G. Berg, J. Wahrendorf, B. Schlehofer, K. Schläefer, J. Michaelis, et al., *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 der Feasibility - Studie*. 1999, Universität Bielefeld, Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg, Universität Mainz: Bielefeld, Heidelberg, Mainz.
  52. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. *Wie funktioniert Mobilfunk?* 2008 [cited 23.04.2008]; Available from: <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Wirtschaft/Telekommunikation-und-Post/Mobilfunk/faq,did=189370.html>.
  53. Hillert, L., A. Ahlbom, D. Neasham, M. Feychting, L. Järup, R. Navin, et al., *Call-related factors influencing output power from mobile phones*. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 2006. **16**. S. 507-514.
  54. Lönn, S., U. Forssen, P. Vecchia, A. Ahlbom und M. Feychting, *Output power levels from mobile phones in different geographical areas; implica-*

- tions for exposure assessment. Occupational and Environmental Medicine, 2004. **61**. S. 769-772.
55. Santini, R., P. Santini, J.M. Danze, P. Le Ruz und M. Seigne, [*Investigation on the health of people living near mobile telephone relay stations: I/Incidence according to distance and sex*]. Pathologie Biologie, 2002. **50**(6). S. 369-73.
  56. Navarro, E.A., J. Segura, M. Portoles und C. Gomez-Perretta, *The microwave syndrom: a preliminary study in Spain*. Electromagnetic Biology and Medicine, 2003. **22**. S. 161-169.
  57. Referat für Gesundheit und Umwelt der Stadt München. *Mobilfunkstationen in Betrieb*. 2008 [cited 28.05.2008]; Available from: <http://maps.geo.arch.tu-muenchen.de/Rgumapserver?rm=Mapbrowse&mapsize=400+300&layers=l0+bgl0100+bgl0105+bgl0200+bgl0450+bgl0500+bgl0600&map=mobil.dfo.map>.
  58. Bornkessel, C., M. Schubert, M. Wuschek und P. Schmidt, *Determination of the general public exposure around GSM and UMTS base stations*. Radiation Protection Dosimetry, 2007. **124**(1). S. 40-47.
  59. Neitzke, H.P., J. Osterhoff, K. Peklo, H. Voigt und T. Wohlatz, *Bestimmung der Exposition von Personengruppen, die im Rahmen des Projektes "Querschnittsstudie zur Erfassung und Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die Felder von Mobilfunkbasisstationen". Schlussbericht zum Forschungsvorhaben*. 2004.
  60. Schüz, J. und S. Mann, *A discussion of potential exposure metrics for use in epidemiological studies on human exposure to radiowaves from mobile phone base stations*. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 2000. **10**. S. 600-605.
  61. Hutter, H.P., M. H. und M. Kundi, *Mobilfunk-Basisstationen: Erste Ergebnisse von zwei Feldstudien*. Umweltmedizin in Forschung und Praxis, 2002. **7**(4). S. 213.
  62. Hutter, H.P., H. Moshammer, P. Wallner und M. Kundi, *Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations*. Occupational and Environmental Medicine, 2006. **63**. S. 307-313.
  63. Berg, G., J. Breckenkamp, B. Schlehofer, J. Wahrendorf, M. Blettner, J. Schüz, et al., *Querschnittsstudie zur Erfassung und Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die Felder von Mobilfunkbasisstationen - Zwischenbericht zum Abschluss der Pilotphase*. 2004, [www.emf-forschungsprogramm.de](http://www.emf-forschungsprogramm.de) Forschung Epidemiologie Vergebene Forschungsprojekte Epidemiologie: Bielefeld, Heidelberg, Mainz, München.
  64. Bornkessel, C., M. Schubert, M. Wuschek und P. Schmidt, *Elektromagnetische Exposition der Bevölkerung in der Umgebung von GSM- und UMTS-Basisstation*. EMV-Magazin, 2007. S. 34-41.

65. Neitzke, H.P., J. Osterhoff, K. Peklo und H. Voigt, *Determination of exposure due to mobile phone base stations in an epidemiological study*. Radiation Protection Dosimetry, 2007. **124**(1). S. 35-39.
66. Hutter, H.-P., H. Moshhammer, P. Wallner und M. Kundi, *Zur Frage gesundheitlich relevanter Wirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks*. Umweltmedizin in Forschung und Praxis, 2000. **6**. S. 309-320.
67. Seitz, H., D. Stinner, T. Eikmann, C. Herr und M. Rösli, *Befindlichkeitsstörungen. Bewertung der wissenschaftlichen Literatur zu den Risikopotentialen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks*. 2005, Forschungszentrum Jülich. Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik (MUT). [http://www.emf-risiko.de/projekte/pdf/gutachten\\_6.pdf](http://www.emf-risiko.de/projekte/pdf/gutachten_6.pdf): Jülich.
68. Seitz, H., D. Stinner, T. Eikmann, C. Herr und M. Rösli, *Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication-a literature review published between 2000 and 2004*. Science of the Total Environment, 2005. **349**(1-3). S. 45-55.
69. Otto, M. und K.E. von Mühlendahl, *Electromagnetic fields (EMF): Do they play a role in children's environmental health (CEH)?* International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2007. **210**. S. 635-644.
70. Valberg, P.A., T.E. van Deventer und M.H. Repacholi, *Workgroup report: base stations and wireless networks-radiofrequency (RF) exposures and health consequences*. Environmental Health Perspectives, 2007. **115**(3). S. 416-24.
71. Repacholi, M.H., *Health risks from the use of mobile phones*. Toxicology Letters, 2001. **120**(1-3). S. 323-31.
72. Stovner, L.J., J.A. Zwart, K. Hagen, G.M. Terwindt und J. Pascual, *Epidemiology of headache in Europe*. European Journal of Neurology, 2006. **13**(4). S. 333-45.
73. Stovner, L., K. Hagen, R. Jensen, Z. Katsarava, R. Lipton, A. Scher, et al., *The global burden of headache: a documentation of headache prevalence and disability worldwide*. Cephalalgia, 2007. **27**(3). S. 193-210.
74. Kröner-Herwig, B., M. Heinrich und L. Morris, *Headache in German children and adolescents: a population-based epidemiological study*. Cephalalgia, 2007. **27**. S. 519-527.
75. Fendrich, K., M. Vennemann, V. Pfaffenrath, S. Evers, A. May, K. Berger, et al., *Headache prevalence among adolescents--the German DMKG headache study*. Cephalalgia, 2007. **27**(4). S. 347-54.
76. Roth-Isigkeit, A., U. Thyen, H.H. Raspe, H. Stoven und P. Schmucker, *Reports of pain among German children and adolescents: an epidemiological study*. Acta Paediatrica, 2004. **93**(2). S. 258-63.
77. Rösli, M., M. Moser, Y. Baldinini, M. Meier und C. Braun-Fahrländer, *Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure-a*

- questionnaire survey*. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2004. **207**. S. 141-150.
78. Schüz, J., C. Petters und L. Vollrath, *Der Mainzer EMF-Wachhund: Erfahrungsbericht nach einjähriger Feldphase*. Umweltmedizin in Forschung und Praxis, 2004. **9**(6). S. 347-348.
  79. Koivisto, M., C. Haarala, C.M. Krause, A. Revonsuo, M. Laine und H. Hamalainen, *GSM phone signal does not produce subjective symptoms*. Bioelectromagnetics, 2001. **22**(3). S. 212-5.
  80. Zwamborn, A.P.M., S.H.J.A. Vossen, B.J.A.M. van Leersum, M.A. Ouwens und W.N. Makel, *Effects of Global Communication system radio-frequency fields on Well Being and Cognitive Functions of human subjects with and without subjective complaints*. 2003, Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO).
  81. Regel, S.J., S. Negovetic, M. Rösli, V. Berdinas, J. Schuderer, A. Huss, et al., *UMTS Base Station-like Exposure, Well-Being, and Cognitive Performance*. Environmental Health Perspectives, 2006. **114**(8). S. 1270-1273.
  82. Hocking, B., *Preliminary report: symptoms associated with mobile phone use*. Occupational Medicine, 1998. **48**(6). S. 357-60.
  83. Oftedal, G., J. Wilén, M. Sandström und K.H. Mild, *Symptoms experienced in connection with mobile phone use*. Occupational Medicine, 2000. **50**(4). S. 237-245.
  84. Sandström, M., J. Wilen, G. Oftedal und M.K. Hansson, *Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones*. Occupational Medicine, 2001. **51**(1). S. 25-35.
  85. Herr, C., *Relating use of mobile phones to reported sleep quality*. Somnologie, 2005. **9**. S. 199-202.
  86. Wilen, J., M. Sandstrom und K. Hansson Mild, *Subjective symptoms among mobile phone users--a consequence of absorption of radiofrequency fields?* Bioelectromagnetics, 2003. **24**(3). S. 152-9.
  87. Chia, S.E., H.P. Chia und J.S. Tan, *Prevalence of headache among handheld cellular telephone users in Singapore: a community study*. Environmental Health Perspectives, 2000. **108**(11). S. 1059-62.
  88. Santini, R., M. Seigne, L. Bonhomme-Faivre, S. Bouffet, E. Defrasne und M. Sage, *[Symptoms reported by mobile cellular telephone users]*. Pathologie Biologie, 2001. **49**(3). S. 222-6.
  89. Heinrich, S., A. Ossig, S. Schlittmeier und J. Hellbrück, *Elektromagnetische Felder einer UMTS-Mobilfunkbasisstation und gesundheitliche Effekte - Eine Machbarkeitsstudie*. Umweltmedizin in Forschung und Praxis, 2007. **12**(3). S. 171-180.
  90. Radon, K., H. Spegel, N. Meyer, J. Klein, G. Praml, D. Nowak, et al., *Epidemiologische Untersuchung zu den möglichen akuten gesundheitlichen Effekten durch Mobilfunk. Abschlussbericht der Pilotstudie*. 2004,

Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin, Ludwig-Maximilians-Universität: München.

91. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL), *Mobilfunk: Mobilfunkbasisstationen und menschliche Befindlichkeit. Band 18.* 2007, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit: Erlangen.
92. Mann, K. und J. Röschke, *Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep.* Neuropsychobiology, 1996. **33**(1). S. 41-7.
93. Wagner, P., J. Roschke, K. Mann, W. Hiller und C. Frank, *Human sleep under the influence of pulsed radiofrequency electromagnetic fields: a polysomnographic study using standardized conditions.* Bioelectromagnetics, 1998. **19**(3). S. 199-202.
94. Wagner, P., J. Roschke, K. Mann, J. Fell, W. Hiller, C. Frank, et al., *Human sleep EEG under the influence of pulsed radio frequency electromagnetic fields. Results from polysomnographies using submaximal high power flux densities.* Neuropsychobiology, 2000. **42**(4). S. 207-12.
95. Huber, R., V. Treyer, A.A. Borbely, J. Schuderer, J.M. Gottselig, H.P. Landolt, et al., *Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG.* Journal of Sleep Research, 2002. **11**(4). S. 289-95.
96. Loughran, S.P., A.W. Wood, J.M. Barton, R.J. Croft, B. Thompson und C. Stough, *The effect of electromagnetic fields emitted by mobile phones on human sleep.* Neuroreport, 2005. **16**(17). S. 1973-1976.
97. Regel, S.J., G. Tinguely, J. Schuderer, M. Adam, N. Kuster, H.P. Landolt, et al., *Pulsed radio-frequency electromagnetic fields: dose-dependent effects on sleep, the sleep EEG and cognitive performance.* Journal of Sleep Research, 2007. **16**(3). S. 253-8.
98. Fritzer, G., R. Goder, L. Friege, J. Wachter, V. Hansen, D. Hinze-Selch, et al., *Effects of short- and long-term pulsed radiofrequency electromagnetic fields on night sleep and cognitive functions in healthy subjects.* Bioelectromagnetics, 2007. **28**(4). S. 316-25.
99. Borbely, A.A., R. Huber, T. Graf, B. Fuchs, E. Gallmann und P. Achermann, *Pulsed high-frequency electromagnetic field affects human sleep and sleep electroencephalogram.* Neuroscience Letters, 1999. **275**(3). S. 207-10.
100. Huber, R., T. Graf, K.A. Cote, L. Wittmann, E. Gallmann, D. Matter, et al., *Exposure to pulsed high-frequency electromagnetic field during waking affects human sleep EEG.* Neuroreport, 2000. **11**(15). S. 3321-5.
101. Hinrichs, H., H.J. Heinze und M. Rotte, *Human sleep under the influence of a GSM 1800 electromagnetic far field.* Somnologie, 2005. **9**. S. 185-191.
102. Leitgeb, N., *Investigation of sleep quality in electrohypersensitive residents near base stations under domestic conditions.* Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, 2007. **109**. S. 1-127.

103. Deutsches Mobilfunkforschungsprogramm (DMF). *Untersuchung der Schlafqualität bei Anwohnern einer Basisstation - Experimentelle Studie zur Objektivierung möglicher psychologischer und physiologischer Effekte unter häuslichen Bedingungen*. 2005 [cited 23.04.2008]; Available from: [http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie\\_verg/bio\\_095.html](http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie_verg/bio_095.html).
104. Mann, K. und J. Roschke, *Sleep under exposure to high-frequency electromagnetic fields*. *Sleep Medicine Reviews*, 2004. **8**(2). S. 95-107.
105. Independent Expert Group on Mobile Phones (IEGMP). *Mobile phones and Health (The Stewart Report)*. 2000 [cited 2000; Available from: <http://www.iegmp.org.uk/report/text.htm>.
106. Haarala, C., M. Bergman, M. Laine, A. Revonsuo, M. Koivisto und H. Hämäläinen, *Electromagnetic Field Emitted by 902 MHz Mobile Phones Shows No Effects on Children's Cognitive Function*. *Bioelectromagnetics Supplement*, 2005. **7**. S. 144-150.
107. Kheifets, L., M. Repacholi, R. Saunders und E. van Deventer, *The Sensitivity of Children to Electromagnetic Fields*. *Pediatrics*, 2005. **116**(2). S. 303-313.
108. van Rongen, E., E.W. Roubos, L.M. van Aernsbergen, G. Brussard, J. Havenaar, F.B.J. Koops, et al., *Mobile phones and children: is precaution warranted?* *Bioelectromagnetics*, 2004. **25**. S. 142-4.
109. Strahlenschutzkommission (SSK), *Mobilfunk und Kinder - Stellungnahme der Strahlenschutzkommission und wissenschaftliche Begründung*. 2006: Bonn.
110. Preece, A.W., S. Goodfellow, M.G. Wright, S.R. Butler, E.J. Dunn, Y. Johnson, et al., *Effect of 902 MHz Mobile Phone Transmission on Cognitive Function in Children*. *Bioelectromagnetics Supplement*, 2005. **7**. S. 138-143.
111. Söderqvist, F., M. Carlberg und L. Hardell, *Use of wireless telephones and self-reported health symptoms: a population-based study among Swedish adolescents aged 15-19 years*. *Environmental Health*, 2008. **7**. S. 18.
112. Hillert, L., B.K. Hedman, E. Soderman und B.B. Arnetz, *Hypersensitivity to electricity: working definition and additional characterization of the syndrome*. *Journal of Psychosomatic Research*, 1999. **47**(5). S. 429-38.
113. David, E., J. Reißerweber, A. Wojtysiak und M. Pfothenauer, *Das Phänomen der Elektrosensibilität*. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*, 2002. **7**(1). S. 7-16.
114. Eltiti, S., D. Wallace, K. Zougkou, R. Russo, S. Joseph, P. Rasor, et al., *Development and evaluation of the electromagnetic hypersensitivity questionnaire*. *Bioelectromagnetics*, 2007. **28**(2). S. 137-151.
115. Frick, U., A. Kharraz, S. Hauser, R. Wiegand, J. Rehm, U. von Kovatsits, et al., *Comparison Perception of Singular Transcranial Magnetic Stimuli by Subjectively Electrosensitive Subjects and General Population Controls*. *Bioelectromagnetics*, 2005. **26**(4). S. 287-298.

116. Hietanen, M., A.-M. Hämäläinen und T. Husman, *Hypersensitivity Symptoms Associated With Exposure to Cellular Telephones: No Causal Link*. Bioelectromagnetics, 2002. **23**. S. 264-270.
117. Hansson Mild, K., M. Repacholi, E. van Deventer und P. Ravazzani. *Workshop Summary*. in *WHO Workshop on Electrical Hypersensitivity*. 2004. Prague, Czech Republic: World Health Organisation (WHO), [www.who.int/peh-emf/meetings/hypersens\\_summary\\_oct04.pdf](http://www.who.int/peh-emf/meetings/hypersens_summary_oct04.pdf).
118. Leitgeb, N. und J. Schrottner, *Electrosensibility and electromagnetic hypersensitivity*. Bioelectromagnetics, 2003. **24**(6). S. 387-94.
119. Hillert, L., N. Berglind, B.B. Arnetz und T. Bellander, *Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in a population-based questionnaire survey*. Scandinavian Journal of Work, Environmental and Health, 2002. **28**(1). S. 33-41.
120. Levallois, P., R. Neutra, G. Lee und L. Hristova, *Study of self-reported hypersensitivity to electromagnetic fields in California*. Environmental Health Perspectives, 2002. **110**(4). S. 619-623.
121. Hillert, L. und B. Kolmodin-Hedman, *Hypersensitivity to electricity: sense or sensibility?* Journal of Psychosomatic Research, 1997. **42**(5). S. 427-432.
122. Frick, U., J. Rehm und P. Eichhammer, *Risk perception, somatization, and self report of complaints related to electromagnetic fields--a randomized survey study*. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2002. **205**(5). S. 353-60.
123. Frick, U., M. Mayer, S. Hauser, H. Binder, R. Rosner und P. Eichhammer, *Entwicklung eines deutschsprachigen Messinstruments für "Elektrosmog-Beschwerden"*. Umweltmedizin in Forschung und Praxis, 2006. **11**(2). S. 103-113.
124. Kwon, M.S., M. Koivisto, M. Laine und H. Hämäläinen, *Perception of the electromagnetic field emitted by a mobile phone*. Bioelectromagnetics, 2008. **29**(2). S. 154-159.
125. Radon, K. und C. Maschke, *Gibt es Elektrosensibilität im D-Netzbereich. Ein 3-AFC-Doppelblindversuch*. Umweltmedizin in Forschung und Praxis, 1998. **3**(3). S. 125-129.
126. Rubin, G.J., G. Hahn, B.S. Everitt, A.J. Cleare und S. Wessely, *Are some people sensitive to mobile phone signals? Within participants double blind randomised provocation study*. British Medical Journal, 2006. **332**(7546). S. 886-891.
127. Eltiti, S., D. Wallace, A. Ridgewell, K. Zougkou, R. Russo, F. Sepulveda, et al., *Does short-term exposure to mobile phone base station signals increase symptoms in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields? A double-blind randomized provocation study*. Environmental Health Perspectives, 2007. **115**(11). S. 1603-8.
128. Hillert, L., T. Akerstedt, A. Lowden, C. Wiholm, N. Kuster, S. Ebert, et al., *The effects of 884 MHz GSM wireless communication signals on headache and other symptoms: an experimental provocation study*. Bioelectromagnetics, 2008. **29**(3). S. 185-96.

129. Wilen, J., A. Johansson, N. Kalezic, E. Lyskov und M. Sandstrom, *Psychophysiological tests and provocation of subjects with mobile phone related symptoms*. Bioelectromagnetics, 2006. **27**(3). S. 204-14.
130. Rösli, M., *Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: a systematic review*. Environmental Research, 2008. **107**(2). S. 277-87.
131. Rubin, G.J., J. Das Munshi und S. Wessely, *A Systematic Review of Treatments for Electromagnetic Hypersensitivity*. Psychotherapy and Psychosomatics, 2006. **75**. S. 12-18.
132. Hahn, R.A., *Nocebo: Der Glaube, der krank macht*. Psychologie heute, 1996. **4**. S. 64-68.
133. Hahn, R.A., *The nocebo phenomenon: concept, evidence, and implications for public health*. Preventive Medicine, 1997. **26**(5 Pt 1). S. 607-11.
134. Rubin, G.J., A.J. Cleare und S. Wessely, *Psychological factors associated with self-reported sensitivity to mobile phones*. Journal of Psychosomatic Research, 2008. **64**. S. 1-9.
135. Hillert, L., S. Flato, A. Georgellis, B.B. Arnetz und B. Kolmodin-Hedman, *Environmental Illness: Fatigue and Cholinesterase Activity in Patients Reporting Hypersensitivity to Electricity*. Environmental Research Section A, 2001. **85**. S. 200-206.
136. Lyskov, E., M. Sandstrom und K.H. Mild, *Provocation study of persons with perceived electrical hypersensitivity and controls using magnetic field exposure and recording of electrophysiological characteristics*. Bioelectromagnetics, 2001. **22**(7). S. 457-62.
137. Bergqvist, U., Vogel, E., Aringer, L., Cunningham, J., Gobba, F., Leitgeb, N., Miro, L., Neubauer, G., Ruppe, I., Vecchia, P. & Wadman, C., *Mögliche gesundheitliche Folgen subjektiver Beschwerden und elektromagnetischer Felder - Bericht einer europäischen Sachverständigengruppe für die Europäische Kommission*. 1998, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Dortmund.
138. Andersson, B., M. Berg, B.B. Arnetz, L. Melin, I. Langlet und S. Liden, *A cognitive-behavioral treatment of patients suffering from "Electric Hypersensitivity"*. Journal of Occupational and Environmental Medicine, 1996. **38**(8). S. 752-758.
139. Harlacher, U.S., J., *Elektrosensitivität" - ein psychologisches Problem? in Umwelt und Gesundheit - Die Verbindung ökologischer und gesundheitlicher Ansätze*, E. Kals, Hrsg. 1998, Beltz: Weinheim.
140. Hillert, L., B. Kolmodin Hedman, B.F. Dolling und B.B. Arnetz, *Cognitive behavioural therapy for patients with electric sensitivity - a multidisciplinary approach in a controlled study*. Psychotherapie and Psychosomatics, 1998. **67**(6). S. 302-10.
141. Berg, M. und B.B. Arnetz, *An occupational study of employees with VDU-associated symptoms: the importance of stress*. Stress Medicine, 1996. **12**. S. 51-54.

142. Berg, M., B.B. Arnetz, S. Liden, P. Eneroth und E. Kallner, *Techno-Stress: A psychophysiological study of employees with VDU-associated skin complaints*. Journal of Occupational Medicine, 1992. **34**(7). S. 698-701.
143. Bergdahl, J., *Psychologic aspects of patients with symptoms presumed to be caused by electricity or visual display units*. Acta Odontologica Scandinavica, 1995. **53**(5). S. 304-310.
144. Arnetz, B.B. und C. Wiholm, *Technological stress: psychophysiological symptoms in modern offices*. Journal of Psychosomatic Research, 1997. **43**(1). S. 35-42.
145. Eberlein-König, B., B. Przybilla, P. Kuhn, G. Golling, I. Gebefugi und J. Ring, *Multiple chemical sensitivity (MCS) and others: allergological, environmental and psychological investigations in individuals with indoor air related complaints*. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2002. **205**(3). S. 213-20.
146. Uexküll, T.V., *Psychosomatische Medizin*. 1997, München, Wien, Baltimore: Urban & Schwarzenberg.
147. Lidén, S., *"Sensitivity to electricity" - a new environmental epidemic*. Allergy, 1996. **51**. S. 519-524.
148. Petrie, K.J., R. Moss-Morris, C. Grey und M. Shaw, *The relationship of negative affect and perceived sensitivity to symptom reporting following vaccination*. British Journal of Health Psychology, 2004. **9**. S. 101-11.
149. Schweiger, A. und A. Parducci, *Nocebo: the psychologic induction of pain*. The Pavlovian Journal of Biological Science, 1981. **16**(3). S. 140-3.
150. Petrie, K.J., B. Sivertsen, M. Hysing, E. Broadbent, R. Moss-Morris, H.R. Eriksen, et al., *Thoroughly modern worries: the relationship of worries about modernity to reported symptoms, health and medical care utilization*. Journal of Psychosomatic Research, 2001. **51**(1). S. 395-401.
151. Petrie, K.J., E.A. Broadbent, N. Kley, R. Moss-Morris, R. Horne und W. Rief, *Worries about modernity predict symptom complaints after environmental pesticide spraying*. Psychosomatic Medicine, 2005. **67**(5). S. 778-82.
152. MacGregor, D.G. und R. Fleming, *Risk perception and symptom reporting*. Risk Analysis, 1996. **16**(6). S. 773-83.
153. Van den Bergh, O., W. Winters, S. Devriese und I. Van Diest, *Learning subjective health complaints*. Scandinavian Journal of Psychology, 2002. **43**(2). S. 147-52.
154. MacMahan, S. und J. Meyer, *Symptom prevalence and worry about high voltage transmission lines*. Environmental Research, 1995. **70**. S. 114-118.
155. Winters, W., S. Devriese, I. Van Diest, B. Nemery, H. Veulemans, P. Eelen, et al., *Media warnings about environmental pollution facilitate the acquisition of symptoms in response to chemical substances*. Psychosomatic Medicine, 2003. **65**(3). S. 332-8.

156. Rösli, M., *Elektromagnetische Felder und Gesundheit: Risikowahrnehmung in der Öffentlichkeit*. Umweltmedizin in Forschung und Praxis, 2007. **12**(6). S. 343-349.
157. Cinel, C., R. Russo, A. Boldini und E. Fox, *Exposure to mobile phone electromagnetic fields and subjective symptoms: a double-blind study*. Psychosomatic Medicine, 2008. **70**(3). S. 345-8.
158. Robert Koch Institut, *KIGGS-Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland*. 2007.
159. Haugland, S. und B. Wold, *Subjective health complaints in adolescence--reliability and validity of survey methods*. Journal of Adolescence, 2001. **24**(5). S. 611-24.
160. Bullinger, M., S. von Mackensen und I. Kirchberger, *KINDL - Ein Fragebogen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität von Kindern*. Sonderdruck Zeitschrift für Gesundheitspsychologie, 1994. **1**. S. 64-77.
161. Ravens-Sieberer, U. und M. Bullinger, *Assessing health-related quality of life in chronically ill children with the German KINDL: first psychometric and content analytical results*. Quality of Life Research, 1998. **7**(5). S. 399-407.
162. Goodman, R., *The Strengths and Difficulties Questionnaire: a research note*. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 1997. **38**(5). S. 581-6.
163. Goodman, R., H. Meltzer und V. Nailey, *The Strengths and Difficulties Questionnaire: A pilot study on the validity of the self-reported version*. European Child & Adolescent Psychiatry, 1998. **7**. S. 125-130.
164. Klasen, H., W. Woerner, A. Rothenberger und R. Goodman, *[German version of the Strength and Difficulties Questionnaire (SDQ-German)--overview and evaluation of initial validation and normative results]*. Praxis der Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie, 2003. **52**(7). S. 491-502.
165. Rethage, T., T. Eikmann und C. Herr. *Einführung in die mehrdimensionale Erfassung von Umweltbesorgnis*. in *Arbeitsmedizinische Aspekte der Metallbearbeitung - Gesundheitsschutz bei Einsatz neuer Technologien*. 2004. Innsbruck: Arbeitsmedizinisches Zentrum Hall in Tirol.
166. Institut für angewandte Sozialwissenschaften (infas), *Ermittlung der Befürchtungen und Ängste der breiten Öffentlichkeit hinsichtlich möglicher Gefahren der hochfrequenten elektromagnetischen Felder des Mobilfunks - jährliche Umfragen. Abschlussbericht über die Befragung 2003*. 2003, Institut für angewandte Sozialwissenschaften (infas): Bonn.
167. Erhart, M., H. Hölling, S. Bettge, U. Ravens-Sieberer und R. Schlack, *Der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS): Risiken und Ressourcen für die psychische Entwicklung von Kindern und Jugendlichen*. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz, 2007. **50**. S. 800-809.
168. Donald, C. und J. Ware, *The measurement of social support*. Research in Community and Mental Health, 1984. **4**. S. 325-370.

169. Hodapp, V., H.F. Neuhann und U. Reinschmidt, *Evaluation eines Fragebogens zur Erfassung von Umweltbesorgnis*. Zeitschrift für Gesundheitspsychologie, 1996. **4**. S. 22-36.
170. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*. Health Physics, 1998. **74**(4). S. 494-522.
171. Hornung, R.W. und L.D. Reed, *Estimation of average concentration in the presence of nondetectable values*. Applied Occupational Environmental Hygiene, 1990. **5**(1). S. 48-51.
172. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (LfU), *Vergleich der von GSM900-Mobilfunk ausgehenden elektromagnetischen Felder an verschiedenen Standorten in Oberammergau - Messung vom 01.02.2007*. In: <http://www.lfu.bayern.de/laerm/emv/oberammergau/index.html>. 2007: Augsburg.
173. Gordis, L., *Epidemiologie*. 2001, Marburg: Kilian.
174. Heinrich, S., A. Kühnlein, S. Thomas, K. Radon, G. Praml, D. Nowak, et al., *Epidemiologische Untersuchung zu möglichen akuten gesundheitlichen Effekten durch Mobilfunk bei Kindern und Jugendlichen (MobilEe - Mobilfunk: Exposition und Befinden)*. 2008, Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Ludwig-Maximilians-Universität München.
175. Radon, K., H. Spegel, N. Meyer, S. Hackensperger, I. Kreuzmair und R. von Kries, *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.
176. Radon, K., D. Windstetter und S. Solfrank, *Exposure to farming environments in early life and type 1 diabetes: a case-control study*. Diabetes, 2005. **54**. S. 3212-3216.
177. White, E., P. Carney und K. AS, *Increasing response to mailed questionnaires by including a pencil/pen*. American Journal of Epidemiology, 2005. **162**. S. 261-266.
178. Kamtsiuris, P., M. Lange und A. Schaffrath Rosario, *Der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS): Stichprobendesign, Response und Nonresponse-Analyse*. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz, 2007. **50**. S. 547-556.
179. Thefeld, W., H. Stolzenberg und B.-M. Bellach, *Bundes-Gesundheitssurvey: Response, Zusammensetzung der Teilnehmer und Non-Responder-Analyse*. Gesundheitswesen, 1999. **61**(Sonderheft 2). S. 57-61.
180. Blas, J., F.A. Lago, P. Fernandez, R.M. Lorenzo und E.J. Abril, *Potential exposure assessment errors associated with body-worn RF dosimeters*. Bioelectromagnetics, 2007. **28**(7). S. 573-576.

181. Knafl, U., H. Lehmann und M. Riederer, *Electromagnetic field measurements using personal exposimeters*. Bioelectromagnetics, 2008. **29**(2). S. 160-162.
182. Lehmann, H., J. Biner, B. Eicher, P. Fritschi, U. Hermann, U. Knafl, et al., *Benchmarking personal radiofrequency exposimeters*, in *International Conference and COST 281 Workshop on Emerging EMF Technologies, Potential Sensitive Groups and Health*. 2006: Graz.
183. TriCoTel Telekom GmbH. *Allgemeines zu den Frequenzen bzw. zur Strahlung*. 2008 [cited 24.07.2008]; Available from: <http://www.wien-konkret.at/wirtschaft/telekommunikation/mobilfunk/frequenzen/>.
184. Ravens-Sieberer, U. und C. Thomas, *Gesundheitsverhalten von Schülern in Berlin. Ergebnisse der HBSC- Jugendgesundheitsstudie 2002 im Auftrag der WHO*. 2003, Robert Koch-Institut: Berlin.
185. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit Sozialordnung Familie und Frauen, *Leben in Bayern - familienfreundlich, sozial, leistungsstark*. 2007: München.
186. Bigal, M.E., R.B. Lipton, P. Winner, M.L. Reed, S. Diamond und W.F. Stewart, *Migraine in adolescents: association with socioeconomic status and family history*. Neurology, 2007. **69**(1). S. 16-25.
187. Huk-Wieliczuk, E. und L. Wdowiak, *State of health of adolescents in eastern regions of Poland. Podlasie region child*. Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 2006. **13**(1). S. 39-43.
188. Special Eurobarometer, *Electromagnetic Fields*. 2007.
189. Bullinger, M. und R. Guski, *Befindlichkeitsstörungen durch Umweltbelastungen - Gegenstand gesundheitswissenschaftlicher Forschung*. Zeitschrift für Gesundheitswissenschaften, 1997. **3**. S. 49-66.
190. Fahrmeier, L., R. Künstler, I. Pigeot und G. Tutz, *Statistik - Der Weg zur Datenanalyse*. 2003, Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.

## Anhang

### Anhang A

#### Ergebnistabellen

Tabelle 1: Prävalenz chronischer Beschwerden in Abhängigkeit von der Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis stratifiziert für Geschlecht

<b>Jungen (n = 731)</b>				
<b>Variable</b>	<b>Ausprägung</b>	<b>Prävalenz chronischer Kopfschmerzen (%)</b>	<b>p-Wert (chi<sup>2</sup>)</b>	<b>fehlende Werte (n)</b>
Umweltbesorgnis	niedrig	10,6	0,08	7
	hoch	15,1		
Mobilfunkbesorgnis	niedrig	12	0,76	12
	hoch	11		
<b>Variable</b>	<b>Ausprägung</b>	<b>Prävalenz chronischer Einschlafprobleme (%)</b>	<b>p-Wert (chi<sup>2</sup>)</b>	<b>fehlende Werte (n)</b>
Umweltbesorgnis	niedrig	10,6	<b>0,02</b>	7
	hoch	16,5		
Mobilfunkbesorgnis	niedrig	12,2	0,27	12
	hoch	15,8		
<b>Variable</b>	<b>Ausprägung</b>	<b>Prävalenz chronischer Müdigkeit (%)</b>	<b>p-Wert (chi<sup>2</sup>)</b>	<b>fehlende Werte (n)</b>
Umweltbesorgnis	niedrig	45,8	0,06	7
	hoch	52,9		
Mobilfunkbesorgnis	niedrig	47,1	0,14	12
	hoch	54,3		
<b>Mädchen (n = 777)</b>				
<b>Variable</b>	<b>Ausprägung</b>	<b>Prävalenz chronischer Kopfschmerzen (%)</b>	<b>p-Wert (chi<sup>2</sup>)</b>	<b>fehlende Werte (n)</b>
Umweltbesorgnis	niedrig	20,1	<b>0,0014</b>	1
	hoch	30		
Mobilfunkbesorgnis	niedrig	22,9	0,05	4
	hoch	29,4		
<b>Variable</b>	<b>Ausprägung</b>	<b>Prävalenz chronischer Einschlafprobleme (%)</b>	<b>p-Wert (chi<sup>2</sup>)</b>	<b>fehlende Werte (n)</b>
Umweltbesorgnis	niedrig	13,2	<b>0,03</b>	1
	hoch	19,1		
Mobilfunkbesorgnis	niedrig	13,7	<b>0,0056</b>	4
	hoch	21,7		
<b>Variable</b>	<b>Ausprägung</b>	<b>Prävalenz chronischer Müdigkeit (%)</b>	<b>p-Wert (chi<sup>2</sup>)</b>	<b>fehlende Werte (n)</b>
Umweltbesorgnis	niedrig	46,3	<0,0001	1
	hoch	60,3		
Mobilfunkbesorgnis	niedrig	50,9	0,06	4
	hoch	58,4		

**Tabelle 2: Ergebnisse der logistischen Regression für den Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber Feldern des Mobilfunks und chronischen Beschwerden, adjustiert für verschiedene Confounder (unadjustierte und adjustierte Odds Ratios mit zugehörigem 95%-Konfidenzintervall; n = 1426)**

Variable	gemessene Exposition	unadjustierte OR (95% KI)	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)**	adjustierte OR (95% KI)***
<b>Kopfschmerzen</b>	Quartil 1	1,00	1,00	1,00	1,00
	Quartil 2	1,09 (0,75-1,58)	1,03 (0,69-1,53)	1,05 (0,70-1,56)	1,03 (0,69-1,53)
	Quartil 3	0,89 (0,61-1,31)	0,85 (0,55-1,30)	0,85 (0,56-1,30)	0,85 (0,55-1,30)
	Quartil 4	1,07 (0,74-1,56)	1,07 (0,70-1,65)	1,09 (0,71-1,67)	1,07 (0,70-1,65)
<b>Einschlafprobleme</b>	Quartil 1	1,00	1,00	1,00	1,00
	Quartil 2	0,92 (0,61-1,40)	0,96 (0,62-1,50)	0,97 (0,63-1,51)	0,96 (0,62-1,49)
	Quartil 3	0,97 (0,64-1,47)	1,08 (0,68-1,70)	1,08 (0,69-1,70)	1,08 (0,68-1,70)
	Quartil 4	0,82 (0,54-1,26)	0,91 (0,56-1,48)	0,92 (0,57-1,50)	0,92 (0,56-1,49)
<b>Müdigkeit</b>	Quartil 1	1,00	1,00	1,00	1,00
	Quartil 2	1,15 (0,86-1,54)	1,20 (0,88-1,65)	1,21 (0,89-1,66)	1,20 (0,88-1,64)
	Quartil 3	1,04 (0,78-1,40)	1,06 (0,76-1,46)	1,06 (0,77-1,47)	1,06 (0,76-1,46)
	Quartil 4	<b>1,52 (1,13-2,04)</b>	<b>1,48 (1,06-2,08)</b>	<b>1,50 (1,07-2,10)</b>	<b>1,48 (1,06-2,08)</b>
Variable	Entfernung Wohnung	unadjustierte OR (95% KI)	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)**	adjustierte OR (95% KI)***
<b>Kopfschmerzen</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,34 (1,00-1,80)	1,32 (0,97-1,80)	1,35 (1,00-1,84)	1,32 (0,97-1,80)
	weiß nicht	1,37 (0,63-2,96)	1,23 (0,55-2,76)	1,29 (0,58-2,88)	1,23 (0,55-2,76)
<b>Einschlafprobleme</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,22 (0,88-1,69)	1,23 (0,88-1,72)	1,26 (0,90-1,76)	1,24 (0,89-1,74)
	weiß nicht	0,90 (0,34-3,36)	0,86 (0,32-2,34)	0,90 (0,33-2,42)	0,86 (0,32-2,32)
<b>Müdigkeit</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00	1,00	1,00
	< 500 Meter	<b>1,26 (1,01-1,57)</b>	1,15 (0,91-1,45)	1,17 (0,93-1,48)	1,15 (0,91-1,45)
	weiß nicht	1,02 (0,55-1,89)	0,82 (0,43-1,57)	0,85 (0,45-1,62)	0,82 (0,43-1,57)

Variable	Entfernung Schule	unadjustierte OR (95% KI)	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)**	adjustierte OR (95% KI)***
<b>Kopfschmerzen</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,13 (0,73-1,76)	1,12 (0,71-1,77)	1,14 (0,73-1,80)	1,12 (0,71-1,77)
	weiß nicht	<b>1,40 (1,05-1,87)</b>	<b>1,38 (1,02-1,86)</b>	<b>1,37 (1,01-1,84)</b>	<b>1,38 (1,02-1,86)</b>
<b>Einschlafprobleme</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00	1,00	1,00
	< 500 Meter	0,98 (0,58-1,64)	0,95 (0,56-1,62)	0,97 (0,57-1,64)	0,97 (0,57-1,64)
	weiß nicht	<b>1,44 (1,04-2,00)</b>	<b>1,51 (1,08-2,10)</b>	<b>1,50 (1,07-2,09)</b>	<b>1,51 (1,08-2,11)</b>
<b>Müdigkeit</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,08 (0,77-1,51)	0,97 (0,69-1,38)	0,99 (0,70-1,40)	0,98 (0,69-1,38)
	weiß nicht	<b>1,43 (1,14-1,78)</b>	<b>1,43 (1,13-1,80)</b>	<b>1,41 (1,12-1,78)</b>	<b>1,43 (1,13-1,80)</b>
Variable	Nutzungsdauer Mobiltelefon	unadjustierte OR (95% KI)	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)**	adjustierte OR (95% KI)***
<b>Kopfschmerzen</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00	1,00	1,00
	> 5 Minuten	<b>1,36 (1,01-1,83)</b>	1,30 (0,95-1,78)	1,30 (0,95-1,78)	1,30 (0,95-1,78)
<b>Einschlafprobleme</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,12 (0,80-1,57)	1,15 (0,80-1,64)	1,15 (0,80-1,64)	1,13 (0,79-1,61)
<b>Müdigkeit</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,25 (0,99-1,60)	1,29 (1,00-1,67)	1,29 (1,00-1,67)	1,29 (0,99-1,66)
Variable	Nutzungsdauer DECT	unadjustierte OR (95% KI)	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)**	adjustierte OR (95% KI)***
<b>Kopfschmerzen</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,19 (0,89-1,59)	0,91 (0,66-1,26)	0,90 (0,65-1,24)	0,91 (0,66-1,26)
<b>Einschlafprobleme</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,00 (0,72-1,38)	0,97 (0,68-1,37)	0,96 (0,67-1,35)	0,96 (0,68-1,36)
<b>Müdigkeit</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,08 (0,86-1,35)	0,96 (0,75-1,23)	0,95 (0,74-1,22)	0,96 (0,75-1,23)

OR = Odds Ratio

95% KI = 95%-Konfidenzintervall

Entfernung Wohnung = Entfernung der Wohnung von der nächsten Mobilfunkbasisstation

Entfernung Schule = Entfernung der Schule/Arbeitsplatz von der nächsten Mobilfunkbasisstation

\* Odds Ratio adjustiert für Geschlecht, Altersgruppe, Bildung, Studienort, Umweltbesorgnis, Mobilfunkbesorgnis; sowie alle in der Tabelle aufgeführten Variablen

\*\* Odds Ratio adjustiert für alle oben genannten Variablen außer der Umweltbesorgnis

\*\*\* Odds Ratio adjustiert für alle oben genannten Variablen außer der Mobilfunkbesorgnis

**Tabelle 3: Ergebnisse der logistischen Regression für den Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber Feldern des Mobilfunks und chronischen Beschwerden stratifiziert nach Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis (adjustierte Odds Ratios mit zugehörigem 95%-Konfidenzintervall)**

Gruppe		A (n = 252)	B (n = 370)	C (n = 89)	D (n = 715)
Variable	gemessene Exposition	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	Quartil 1	1,00	1,00	1,00	1,00
	Quartil 2	0,80 (0,31-2,08)	0,91 (0,45-1,83)	7,59 (0,90-64,28)	0,95 (0,50-1,79)
	Quartil 3	1,06 (0,42-2,69)	0,81 (0,37-1,77)	0,95 (0,12-7,64)	0,81 (0,41-1,61)
	Quartil 4	1,33 (0,51-3,44)	0,95 (0,43-2,10)	1,52 (0,15-15,91)	1,13 (0,56-2,26)
<b>Einschlafprobleme</b>	Quartil 1	1,00	1,00	1,00	1,00
	Quartil 2	0,34 (0,12-1,00)	2,01 (0,85-5,14)	12,32 (0,45-341,25)	0,97 (0,50-1,88)
	Quartil 3	1,02 (0,42-2,46)	2,23 (0,83-6,01)	0,08 (0,00-2,16)	0,90 (0,44-1,82)
	Quartil 4	0,66 (0,27-1,64)	1,83 (0,64-5,22)	0,24 (0,01-8,55)	0,73 (0,34-1,57)
<b>Müdigkeit</b>	Quartil 1	1,00	1,00	1,00	1,00
	Quartil 2	0,88 (0,41-1,90)	1,45 (0,77-2,71)	0,73 (0,19-2,83)	1,21 (0,77-1,91)
	Quartil 3	0,89 (0,41-1,92)	0,79 (0,40-1,54)	0,89 (0,23-3,47)	1,27 (0,80-2,02)
	Quartil 4	1,57 (0,72-3,44)	1,35 (0,67-2,73)	0,45 (0,08-2,34)	1,61 (0,99-2,61)
Variable	Entfernung Wohnung	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,03 (0,50-2,15)	1,07 (0,66-1,72)	0,29 (0,07-1,30)	<b>2,43 (1,45-4,07)</b>
	weiß nicht	0,80 (0,12-5,16)	1,84 (0,50-6,76)	<0,001 (<0,001- >999,999)	3,12 (0,90-10,79)
<b>Einschlafprobleme</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,47 (0,69-3,10)	1,69 (0,84-3,42)	4,74 (0,35-64,23)	0,91 (0,55-1,48)
	weiß nicht	2,21 (0,34-14,58)	1,79 (0,33-9,58)	<0,001 (<0,001- >999,999)	0,34 (0,04-2,65)
<b>Müdigkeit</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,35 (0,75-2,43)	1,15 (0,91-1,45)	1,10 (0,39-3,10)	1,19 (0,86-1,65)
	weiß nicht	0,44 (0,08-2,29)	0,82 (0,43-1,57)	<0,001 (<0,001- >999,999)	0,91 (0,36-2,29)

Gruppe		A (n = 252)	B (n = 370)	C (n = 89)	D (n = 715)
Variable	Entfernung Schule	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,31 (0,49-3,52)	1,52 (0,70-3,29)	2,32 (0,26-20,72)	0,80 (0,34-1,84)
	weiß nicht	1,56 (0,76-3,20)	1,47 (0,85-2,56)	0,49 (0,11-2,13)	1,47 (0,92-2,37)
<b>Einschlafprobleme</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,09 (0,42-2,82)	0,71 (0,25-2,03)	0,86 (0,03-26,74)	0,96 (0,38-2,45)
	weiß nicht	1,28 (0,62-2,65)	1,16 (0,61-2,22)	5,29 (0,37-74,60)	<b>1,94 (1,16-3,24)</b>
<b>Müdigkeit</b>	≥ 500 Meter	1,00	1,00	1,00	1,00
	< 500 Meter	1,00 (0,45-2,21)	0,62 (0,31-1,23)	0,77 (0,17-3,55)	1,22 (0,72-2,05)
	weiß nicht	1,31 (0,71-2,39)	0,96 (0,60-1,55)	1,89 (0,65-5,46)	<b>1,73 (1,25-2,39)</b>
Variable	Nutzungsdauer Mobiltelefon	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00	1,00	1,00
	> 5 Minuten	0,78 (0,34-1,77)	1,43 (0,84-2,46)	1,30 (0,95-1,78)	1,34 (0,80-2,24)
<b>Einschlafprobleme</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,45 (0,65-3,20)	1,07 (0,55-2,06)	0,26 (0,02-3,49)	1,10 (0,63-1,92)
<b>Müdigkeit</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00	1,00	1,00
	> 5 Minuten	1,34 (0,66-2,70)	1,55 (0,94-2,54)	0,69 (0,22-2,19)	1,25 (0,87-1,81)
Variable	Nutzungsdauer DECT	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*	adjustierte OR (95% KI)*
<b>Kopfschmerzen</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00	1,00	1,00
	> 5 Minuten	0,53 (0,24-1,16)	0,93 (0,52-1,65)	0,90 (0,65-1,24)	1,29 (0,76-2,18)
<b>Einschlafprobleme</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00	1,00	1,00
	> 5 Minuten	0,55 (0,26-1,17)	1,14 (0,56-2,29)	4,55 (0,34-61,63)	0,98 (0,57-1,66)
<b>Müdigkeit</b>	≤ 5 Minuten	1,00	1,00	1,00	1,00
	> 5 Minuten	0,95 (0,51-1,79)	1,17 (0,71-1,92)	0,99 (0,33-2,94)	0,86 (0,61-1,22)

# Gruppe A: Probanden mit hoher Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis

# Gruppe B: Probanden mit hoher Umwelt- und niedriger Mobilfunkbesorgnis

# Gruppe C: Probanden mit niedriger Umwelt- und hoher Mobilfunkbesorgnis

# Gruppe D: Probanden mit niedriger Umwelt- und Mobilfunkbesorgnis

\* Ratio adjustiert für Geschlecht, Altersgruppe, Bildung, Studienort; sowie alle in der Tabelle aufgeführten Variablen

+ Modell aufgrund zu geringer Fallzahlen nicht berechenbar

OR = Odds Ratio

95% KI = 95%-Konfidenzintervall

Entfernung Wohnung bzw. Schule = Entfernung der Wohnung bzw. der Schule/des Arbeitsplatzes von der nächsten Mobilfunkbasisstation

## Anhang B

### Interview Jugendliche

(Sex)

Geschlecht:

Junge.....  1

Mädchen .....  2

(Age)

Wie alt bist du?

Jahre

(Filter, nächste Frage nur ab 15 Jahre)

(Schule\_KJ)

**Gehst du noch zur Schule? (außer berufsbildende Schule)**

Ja.....  1

Nein .....  0 (weiter

mit Schule2\_KJ )

Antwortverweigerung.....  9

(Schule1\_KJ)

Auf welche Schule gehst du?

Grundschule.....  1

Hauptschule .....  2

Realschule.....  3

Gymnasium.....  4

Gesamtschule.....  5

Fachoberschule .....  6

Förderschule, Sonderschule.....  7

(z.B. Lern- und Körperbehindertenschule)

Montessori-Schule .....  8

Antwortverweigerung.....  9

(Klasse)

In welche Klasse gehst du?

In die  Klasse (Filter!)

(Schule2\_KJ)

**Wenn du nicht mehr zur Schule gehst...**

**Welchen Schulabschluss hast du erreicht?**

Schultyp \_\_\_\_\_

Klassenstufe .....

Antwortverweigerung.....  9

(Ausbild)  
Was machst du jetzt?

- Ausbildung .....  1
- Arbeit .....  2
- Praktikum .....  3
- Freies Soziales/Ökologisches Trainingsjahr.....  4
- Arbeitslos.....  5
- Antwortverweigerung.....  9

(Geschwister)  
Lebst du mit Geschwistern zusammen? (Gemeint sind auch Halbgeschwister und Stiefgeschwister)

- Ja.....  1
- Nein .....  0
- Antwortverweigerung.....  9

**(Geschwister1)**

Mit wie vielen älteren, jüngeren oder gleichaltrigen Geschwistern lebst du zusammen?

- Ich lebe mit  **älteren** Geschwistern zusammen (Filter!)
- Ich lebe mit  **jüngeren** Geschwistern zusammen (Filter!)
- Ich lebe mit  **gleichaltrigen** Geschwistern zusammen
- Antwortverweigerung.....  99

(Geschwister2)  
**Bist du ein Zwilling oder ein Mehrling?**

- Ja.....  1
- Nein .....  0
- Antwortverweigerung.....  9

(Lebwo)

**Wo lebst du hauptsächlich (hier gibt es nur eine Antwortmöglichkeit)**

**Ist das bei ...?**

- |   |                          |   |
|---|--------------------------|---|
| Leiblichen Eltern .....                 | <input type="checkbox"/> | 1 |
| Mutter und ihrem Partner .....          | <input type="checkbox"/> | 2 |
| Vater und seiner Partnerin .....        | <input type="checkbox"/> | 3 |
| Mutter .....                            | <input type="checkbox"/> | 4 |
| Vater .....                             | <input type="checkbox"/> | 5 |
| Großeltern oder anderen Verwandten..... | <input type="checkbox"/> | 6 |
| Pflegeeltern/Adoptiveltern.....         | <input type="checkbox"/> | 7 |
| In einem Heim .....                     | <input type="checkbox"/> | 8 |
| Antwortverweigerung.....                | <input type="checkbox"/> | 9 |

Welche der folgenden Angaben zur Berufstätigkeit trifft auf deine Eltern zu?

- |  | <b>Erwerb_KJ_VEr-</b>            |                             |
|--|----------------------------------|-----------------------------|
|  | <b>werb_KJ_M</b>                 |                             |
|  | Vater                            | Mutter                      |
| Zurzeit nicht berufstätig (Rentner, Student usw.)..... | <input type="checkbox"/> 1.....  | <input type="checkbox"/> 1  |
| Arbeitslos.....  | <input type="checkbox"/> 2.....  | <input type="checkbox"/> 2  |
| Vorübergehende Freistellung .....                      | <input type="checkbox"/> 3.....  | <input type="checkbox"/> 3  |
| Teilzeit oder stundenweise beschäftigt.....            | <input type="checkbox"/> 4.....  | <input type="checkbox"/> 4  |
| Voll berufstätig .....                                 | <input type="checkbox"/> 5.....  | <input type="checkbox"/> 5  |
| Auszubildender (z.B. Lehrling) .....                   | <input type="checkbox"/> 6.....  | <input type="checkbox"/> 6  |
| Hausmann/Hausfrau .....                                | <input type="checkbox"/> 8.....  | <input type="checkbox"/> 8  |
| Vater/Mutter verstorben .....                          | <input type="checkbox"/> 10..... | <input type="checkbox"/> 10 |
| Weiß nicht .....                                       | <input type="checkbox"/> 7.....  | <input type="checkbox"/> 7  |
| Antwortverweigerung.....                               | <input type="checkbox"/> 9.....  | <input type="checkbox"/> 9  |

(Beruf\_V)

**Was ist oder war der jetzige / letzte Beruf/ die jetzige oder letzte Tätigkeit deines Vaters?**

Vater (Klartextangabe)

---

---

---

(Branche\_V)

**In welcher Branche ist/war er zuletzt beschäftigt?**

---

---

---

(Beruf\_M)

Was ist oder war der jetzige / letzte Beruf/ die jetzige oder letzte Tätigkeit deiner Mutter?

Mutter (Klartextangabe)

---

---

---

(Branche\_M)

In welcher Branche ist/war sie zuletzt beschäftigt?

---

---

---

**Nun möchte ich gerne etwas über deine Freizeit wissen.**

**Wie lange beschäftigst du dich durchschnittlich an Schultagen (Werktagen) mit folgenden Dingen?**

	Gar nicht	Ungefähr 30 Min.	Ungefähr 1-2 Std.	Ungefähr 3-4 Std.	Mehr als 4 Std.
(Fern_Wo) Fernsehen/Video	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(Spiel_Wo) Spielkonsole	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(Comp_Wo) Computer/Internet	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(Musik_Wo) Musik hören	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

**Und wie lange beschäftigst du dich 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.
(Fern_We) Fernsehen/Video	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(Spiel_We) Spielkonsole	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(Comp_We) Computer/Internet	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(Musik_We) Musik hören	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

(Handy)

**Besitzt du ein eigenes Handy?**

- Ja.....  1
- Nein .....  0
- Antwortverweigerung.....  9

(Netz)

**Falls ja, in welchem Netz telefonierst du?**

- D-Netz (D1, D2).....  1
- E-Netz (E-Plus, O<sub>2</sub>) .....  2
- Ich habe kein eigenes Handy .....  8
  
- Ich weiß es nicht .....  7
- Antwortverweigerung.....  9

(Handyfreq)

**Wie häufig telefonierst du mit dem (einem) Handy?**

- täglich oder fast täglich.....  3
- mehrmals in der Woche .....  2
- seltener.....  1
- gar nicht .....  0 (weiter mit SMS)
- ich weiß es nicht .....  7
- Antwortverweigerung.....  9

(Handymin)

Wenn du mit dem Handy telefonierst: wie lange ist das dann durchschnittlich am Tag?

- bis zu 5 Minuten .....  1
- 6 bis 15 Minuten.....  2
- 16 bis 30 Minuten.....  3
- mehr als 30 Minuten .....  4
  
- ich weiß es nicht .....  7
- Antwortverweigerung.....  9

(SMS)

**Und wie häufig verschickst du Textnachrichten (SMS)?**

- täglich oder fast täglich.....  3
- mehrmals in der Woche .....  2
- seltener.....  1
- gar nicht .....  0
  
- ich weiß es nicht .....  7
- Antwortverweigerung.....  9

(Tel)

**Habt ihr zu Hause ein schnurloses Telefon?**

- Ja.....  1
- Nein .....  0
- Antwortverweigerung.....  9

(Telfreq)

**Wie häufig telefonierst du mit dem schnurlosen Telefon?**

- täglich oder fast täglich.....  3
- mehrmals in der Woche.....  2
- seltener.....  1
- gar nicht .....  0 (weiter mit

**Schlaf\_Wo)**

- ich weiß es nicht .....  7
- Antwortverweigerung.....  9

(Telmin)

Wenn du mit dem schnurlosen Telefon telefonierst: wie lange ist das dann durchschnittlich am Tag?

- bis zu 5 Minuten .....  1
- 6 bis 15 Minuten .....  2
- 16 bis 30 Minuten.....  3
- mehr als 30 Minuten.....  4
- ich weiß es nicht .....  7
- Antwortverweigerung  9

**In den nächsten Fragen dreht es sich ums Schlafen.**

(Schlaf\_Wo)

**Wie viele Stunden schläfst du normalerweise an Schultagen?**

- Ca.  Stunden
- Antwortverweigerung 99

(Schlaf\_We)

**Und wie viele Stunden schläfst du normalerweise am Wochenende?**

- Ca.  Stunden
- Antwortverweigerung 99

(Schlafprob)

**Leidest du unter Schlafschwierigkeiten?**

- Ja.....  1
- Nein .....  0 (weiter mit nächstem Fragenkomplex)

(Schlafprobl)

**Hast du Probleme einzuschlafen, durchzuschlafen oder beides?**

- Ich kann schlecht einschlafen .....  1
- Ich kann schlecht durchschlafen .....  2
- Beides .....  3
- Antwortverweigerung .....  9

**Nun geht es ums Rauchen:**

(Rauch)

**Rauchst du zurzeit oder hast du früher mal geraucht?**

- Habe noch nie geraucht (bis auf ganz seltenes Probieren) .....  0 (weiter mit nächstem Fragenkomplex)*
- Habe früher geraucht .....  1 (weiter mit nächstem Fragenkomplex)*
- Rauche zurzeit gelegentlich .....  2*
- Rauche zurzeit täglich .....  3*
- Antwortverweigerung .....  9 (weiter mit nächstem Fragenkomplex)*

(Zigfreq)

**Wie viel rauchst du zurzeit durchschnittlich am Tag?**

- Zigaretten.....
- Sonstiges (Klartext) .....
- Weiß nicht ..... 777
- Antwortverweigerung ..... 999

**Ich lese dir jetzt einige Sätze vor.**

**Überlege bitte wie es in der letzten Woche war und sage mir dann die Antwort, die am besten zu dir passt. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Wichtig ist uns deine Meinung.**

**(Zuerst möchten wir etwas über deinen Körper wissen:)**

**In der letzten Woche...**

Anmerkung: *kursiv* gedruckte Statements für 8-12-jährige Kinder!!!

	Nie	Selten	Manchmal	Oft	Immer
<i>(Körper_1)</i> Habe ich mich krank gefühlt	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Körper_2)</i> Hatte ich Schmerzen <i>Hatte ich Kopfschmerzen oder Bauchschmerzen</i>	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Körper_3)</i> War ich müde und erschöpft	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Körper_4)</i> Hatte ich viel Kraft und Ausdauer	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

**(...und nun etwas darüber, wie du dich fühlst)**

**In der letzten Woche**

	Nie	Selten	Manchmal	Oft	Immer
<i>(Psyche_1)</i> Habe ich viel gelacht und Spaß gehabt	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Psyche_2)</i> War mir langweilig	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Psyche_3)</i> Habe ich mich allein gefühlt	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Psyche_4)</i> Habe ich mich ängstlich oder unsicher gefühlt <i>Habe ich Angst gehabt</i>	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

**(...und was du selbst von dir hältst)**

**In der letzten Woche...**

	Nie	Selten	Manchmal	Oft	Immer
<i>(Selbst_1)</i> War ich stolz auf mich	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Selbst_2)</i> Fühlte ich mich wohl in meiner Haut <i>Fand ich mich gut</i>	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Selbst_3)</i> Mochte ich mich selbst leiden	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Selbst_4)</i> Hatte ich viele gute Ideen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

**(In den nächsten Fragen geht es um deine Familie)**

	Nie	Selten	Manchmal	Oft	Immer
<i>(Fam_1)</i> Habe ich mich gut mit meinen Eltern verstanden	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Fam_2)</i> Habe ich mich zu Hause wohl gefühlt	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Fam_3)</i> Hatten wir schlimmen Streit zu Hause	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Fam_4)</i> Fühlte ich mich durch meine Eltern eingeschränkt <i>Haben mir meine Eltern Sachen verboten</i>	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

**(...und nun um deine Freunde.)**

	Nie	Selten	Manchmal	Oft	Immer
<i>(Freund_1)</i> Habe ich etwas mit Freunden zusammen gemacht <i>Habe ich mit Freunden gespielt</i>	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Freund_2)</i> Bin ich bei anderen gut angekommen <i>Mochten mich die anderen Kinder</i>	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Freund_3)</i> Habe ich mich mit meinen Freunden gut verstanden	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Freund_4)</i> Hatte ich das Gefühl, dass ich anders bin als die anderen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

**(Und nun möchten wir noch etwas über die Schule wissen)**

	Nie	Selten	Manchmal	Oft	Immer
<i>(Schule_1)</i> Habe ich die Aufgaben in der Schule gut geschafft <i>Habe ich die Schulaufgaben gut geschafft</i>	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Schule_2)</i> Hat mich der Unterricht interessiert <i>Hat mir der Unterricht Spaß gemacht</i>	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Schule_3)</i> Habe ich mir Sorgen um meine Zukunft gemacht <i>Habe ich mich auf die nächsten Wochen gefreut</i>	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
<i>(Schule_4)</i> Habe ich Angst vor schlechten Noten gehabt	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

**Bei den nächsten Fragen geht es um dein körperliches Befinden:**

**Wie oft hattest du in den letzten 6 Monaten die folgenden Beschwerden?**

	Fast täglich	Mehrmals pro Wo- che	Fast je- de Wo- che	Etwa 1 mal im Monat	Selten oder nie
<i>(PC_1)</i> Kopfschmerzen	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<i>(PC_2)</i> Bauchschmerzen	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<i>(PC_3)</i> Rückenschmerzen	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<i>(PC_4)</i> Nacken- oder Schulter- schmerzen	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<i>(PC_5)</i> Fühle mich allgemein schlecht	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<i>(PC_6)</i> Bin gereizt oder schlecht ge- launt	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<i>(PC_7)</i> Fühle mich nervös	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<i>(PC_8)</i> Kann schlecht einschlafen	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<i>(PC_9)</i> Fühle mich benommen, schwindelig	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<i>(PC_10)</i> Fühle mich ängstlich	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
<i>(PC_11)</i> Fühle mich müde und er- schöpft	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0

Als nächstes geht es um Dinge wie deine Gefühle.

Beantworte bitte alle Fragen so gut du kannst, selbst wenn du dir nicht ganz sicher bist oder dir eine Frage merkwürdig vorkommt. Denke bitte an das letzte halbe Jahr.

	Nicht zutreffend	Teilweise zutreffend	Eindeutig zutreffend	Subskala
(SDQ_PV1) Ich versuche nett zu anderen Menschen zu sein, ihre Gefühle sind mir wichtig	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	PV
(SDQ_API) Ich bin oft unruhig, ich kann nicht lange stillsitzen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	AP
(SDQ_AN1) Ich habe häufig Kopfschmerzen / Bauchschmerzen, mir wird oft schlecht	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	(EP)
(SDQ_PV2) Ich teile normalerweise mit anderen (z.B. Süßigkeiten)	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	PV
(SDQ_VP1) Ich werde leicht wütend, ich verliere oft die Beherrschung	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	VP
(SDQ_PP1) Ich bin meistens für mich alleine, ich beschäftige mich lieber mit mir selbst	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	PP
(SDQ_AN2) Normalerweise tue ich, was man mir sagt	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	
(SDQ_EP1) Ich mache mir häufig Sorgen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	EP
(SDQ_PV3) Ich bin hilfsbereit, wenn andere verletzt, krank oder traurig sind	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	PV
(SDQ_AP2) Ich bin dauernd in Bewegung und zappelig	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	AP
(SDQ_PP2) Ich habe einen oder mehrere gute Freunde oder Freundinnen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	PP
(SDQ_VP2) Ich schlage mich häufig, ich kann andere zwingen zu tun, was ich will	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	VP
(SDQ_EP2) Ich bin oft unglücklich oder niedergeschlagen, ich muss häufig weinen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	EP
(SDQ_PP3) Im allgemeinen bin ich bei Gleichaltrigen beliebt	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	PP

<i>(SDQ_AP3)</i> Ich lasse mich leicht ablenken, ich finde es schwer, mich zu konzentrieren	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	AP
<i>(SDQ_EP3)</i> Neue Situationen machen mich nervös, ich verliere leicht das Selbstvertrauen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	EP
<i>(SDQ_PV4)</i> Ich bin nett zu jüngeren Kindern	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	PV
<i>(SDQ_VP3)</i> Andere behaupten oft, dass ich lüge oder moegele	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	VP
<i>(SDQ_PP4)</i> Ich werde von anderen gehänselt oder schikaniert	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	PP
<i>(SDQ_PV5)</i> Ich helfe anderen oft freiwillig (Eltern, Lehrern oder Gleichaltrigen)	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	PV
<i>(SDQ_VP4)</i> Ich denke nach, bevor ich handle	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	(AP o. VP)
<i>(SDQ_VP5)</i> Ich nehme Dinge, die mir nicht gehören (von zu Hause, in der Schule oder anderswo)	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	VP
<i>(SDQ_PP5)</i> Ich komme besser mit Erwachsenen aus als mit Kindern	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	PP
<i>(SDQ_EP4)</i> Ich habe viele Ängste, ich fürchte mich leicht	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	EP
<i>(SDQ_AP4)</i> Was ich angefangen hab, mache ich zu Ende, ich kann mich lange genug konzentrieren	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	AP

**Im Folgenden möchte ich gerne mit dir über dein Zuhause sprechen.**

**Wie ist das bei dir?**

	Stimmt nicht	Stimmt kaum	Stimmt eher	Stimmt genau
(Klima_1) In unserer Familie geht jeder auf die Sorgen und Nöte des anderen ein	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
(Klima_2) Am Wochenende geht es bei uns zu Hause ziemlich eintönig und langweilig zu	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
(Klima_3) In unserer Familie gibt es nur wenige Re- geln, an die man sich halten muss	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
(Klima_4) Wir kommen wirklich alle gut miteinander aus	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
(Klima_5) Wir gehen oft ins Kino, besuchen Sportver- anstaltungen oder machen Ausflüge	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
(Klima_6) An den Regeln, die es in unserer Familie gibt, wird ziemlich starr festgehalten	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
(Klima_7) Bei allem, was wir zu Hause tun, sind wir mit Begeisterung dabei	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
(Klima_8) Bei uns vergeht kein Wochenende, ohne dass wir etwas unternehmen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
(Klima_9) Bei uns zu Hause ist ziemlich genau festge- legt, was getan werden darf und was nicht	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
(Klima_10) In unserer Familie hat jeder das Gefühl, dass man ihm zuhört und auf ihn eingeht	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
(Klima_11) Abends und an den Wochenenden unter- nehmen wir selten etwas, sondern bleiben lieber zu Hause	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
(Klima_12) Bei uns ist man eher großzügig, wenn be- stimmte Dinge nicht so hundertprozentig gemacht werden	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3

**Als nächstes reden wir von deinen Freunden und deiner Familie.**

**Gibt es jemanden, ...**

	Nie	Selten	Manchmal	Oft	Immer
(SU_KJ_1) ...der dir zuhört, wenn du das Bedürfnis nach einem Gespräch hast?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(SU_KJ_2) ...der dir Liebe und Zuneigung zeigt?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(SU_KJ_3) ...mit dem du zusammen Spass haben kannst?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(SU_KJ_4) ...der dir Informationen gibt, um dir beim Verstehen einer Situation zu helfen?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(SU_KJ_5) ...der dich umarmt	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(SU_KJ_6) ...mit dem zusammen du dich entspannen kannst?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(SU_KJ_7) ...mit dem du etwas unternehmen kannst, um dich abzulenken?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
(SU_KJ_8) ...der dich liebt und der dir das Gefühl gibt, geliebt und gebraucht zu werden?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

**Ich werde dir nun eine Reihe von Feststellungen vorlesen, in denen verschiedene Einstellungen zur Umwelt beschrieben werden. Bitte überprüfe, ob die jeweilige Aussage für dich zutrifft. Du hast die Möglichkeit, zwischen vier Abstufungen auszuwählen:**

Trifft nicht zu	Trifft kaum zu	Trifft eher zu	Trifft genau zu
-----------------	----------------	----------------	-----------------

**Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Gib mir bitte die Antwortstufe an, die deiner Meinung nach am ehesten für dich zutrifft.**

	Trifft nicht zu	Trifft kaum zu	Trifft eher zu	Trifft genau zu	Weiß nicht	AV
UB_1 Je mehr Information ich über die Umweltbelastungen bekomme, desto unsicherer fühle ich mich.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9
UB_2 Unsere Nachkommen werden für die Folgen der Umweltbelastungen büßen müssen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9
UB_3 Ich habe Angst vor der Zukunft, wenn ich an unsere Umwelt denke	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9
UB_4 Die Menschen haben die Kontrolle über die Auswirkungen der Technik auf die Umwelt verloren	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9
UB_5 Ich denke oft darüber nach, dass ich Schadstoffe in meinem Körper aufnehmen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9
UB_6 Ich mache mir Sorgen, dass Umweltgifte meine geistigen Fähigkeiten beeinträchtigen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9
UB_7 Ich denke oft darüber nach, dass ich elektromagnetische Felder mit meinen Sinnen (Körper) nicht wahrnehmen kann.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9
UB_8 Die Abgase der chemischen Industrie haben die vielen Allergien erzeugt; jetzt bleibt abzuwarten, welche Folgen die Zunahme der Elektrosmogbelastung hat.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9
UB_9 Die dauernde Lärmbelästigung durch unsere Zivilisationsgesellschaft hat bestimmt große Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9

UB_10 Lärm kann starke Auswirkungen auf zwischenmenschliche Beziehungen haben.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9
UB_11 Wenn belästigende Gerüche in meinem Wohngebiet auftreten, mache ich mir Sorgen um meine Gesundheit	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9
UB_12 Belästigende Gerüche im Wohngebiet beeinträchtigen nachbarschaftliche und private Aktivitäten.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9

**Nun möchte ich dir einige Fragen zu Mobilfunk und elektromagnetischen Feldern stellen:**

(Sorge)

**Machst du dir Sorgen wegen der elektromagnetischen Felder, die von Mobilfunksendeanlagen, Handys oder schnurlosen Telefonen ausgehen, oder fühlst du dich durch diese Felder sogar in deiner Gesundheit beeinträchtigt?**

- Ja, mache mir Sorgen.....  1 (weiter mit Sorge1, wenn dies die einzige Antwort bleibt)
- Ja, fühle mich beeinträchtigt.....  2 (weiter mit *Beein\_1*)
- Ja, mache mir Sorgen und fühle mich beeinträchtigt  3 (weiter mit *Beein\_1*)
- Nein .....  0 (weiter mit *Sorge\_4*)
- Weiß nicht .....  7 (weiter mit *Sorge\_4*)
- Antwortverweigerung.....  9 (weiter mit *Sorge\_4*)

(*Beein\_1*)

**Wie stark fühlst Du dich durch die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks in Deiner Gesundheit beeinträchtigt?**

- stark beeinträchtigt .....  3
- ziemlich beeinträchtigt .....  2
- wenig beeinträchtigt .....  1
- weiß nicht .....  7
- Antwortverweigerung.....  9

(*Beein\_2*)

**Welche Beeinträchtigungen hast du festgestellt? – (offen)**

(Sorge\_1)

**Gilt die Sorge oder Beeinträchtigung der Mobilfunksendeanlage, der Handynutzung oder dem schnurlosen Heimtelefon**

- |  |   |
|--|---|
| Mobilfunksendeanlage.....                | <input type="checkbox"/> 1 (weiter mit Sorge3)  |
| Handynutzung.....                        | <input type="checkbox"/> 2 (weiter mit Sorge3)  |
| Schnurloses Heimtelefon.....             | <input type="checkbox"/> 3                      |
| Mobilfunksendeanlage & Heimtelefon ..... | <input type="checkbox"/> 4                      |
| Mobilfunksendeanlage & Handynutzung..... | <input type="checkbox"/> 5 (weiter mit Sorge3)  |
| Heimtelefon & Handynutzung.....          | <input type="checkbox"/> 6                      |
| Alle drei .....                          | <input type="checkbox"/> 7                      |
| Weiß nicht .....                         | <input type="checkbox"/> 77 (weiter mit Sorge3) |
| Antwortverweigerung.....                 | <input type="checkbox"/> 99 (weiter mit Sorge3) |

(Sorge\_2)

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

- |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| Schnurloses Endgerät ..... | <input type="checkbox"/> 1 |
| Basisstation.....          | <input type="checkbox"/> 2 |
| beides .....               | <input type="checkbox"/> 3 |
| Weiß nicht .....           | <input type="checkbox"/> 7 |
| Antwortverweigerung.....   | <input type="checkbox"/> 9 |

(Sorge\_3)

**Wie stark bist du wegen der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks besorgt?**

- |                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| stark besorgt.....       | <input type="checkbox"/> 3 |
| ziemlich besorgt.....    | <input type="checkbox"/> 2 |
| wenig besorgt.....       | <input type="checkbox"/> 1 |
| weiß nicht .....         | <input type="checkbox"/> 7 |
| Antwortverweigerung..... | <input type="checkbox"/> 9 |

(Sorge\_4)

**Machst du dir (auch) Sorgen wegen der elektromagnetischen Felder von anderen Elektrogeräten?**

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| Ja.....                  | <input type="checkbox"/> 1                   |
| Nein .....               | <input type="checkbox"/> 0 (weiter mit Wohn) |
| Weiß nicht .....         | <input type="checkbox"/> 7 (weiter mit Wohn) |
| Antwortverweigerung..... | <input type="checkbox"/> 9 (weiter mit Wohn) |

(Elektro)

Welche Elektrogeräte sind das? Offen: \_\_\_\_\_

Weiß nicht ..... 7

Antwortverweigerung ..... 9

(Wohn)

Wohnst du in unmittelbarer Umgebung einer Mobilfunk-Sendeanlage?

Ja.....  1

Nein .....  0 (weiter mit Arbeit)

Weiß nicht .....  7 (weiter mit Arbeit)

Antwortverweigerung.....  9 (weiter mit Arbeit)

(Wohnmeter)

Wie viele Meter ist die Sendeanlage etwa von deiner Wohnung entfernt?

< 50 m .....  4

50 - < 100 m .....  3

100 - < 500 m .....  2

500 m oder mehr .....  1

Weiß nicht .....  7

Antwortverweigerung .....  9

(Sendewo1)

Wo befindet sich die Sendeanlage? Ist das...

Auf dem Dach des Hauses.....  1

Von der Wohnung aus in Sichtweite .....  2

Weder noch.....  3

Weiß nicht .....  7

Antwortverweigerung.....  9

(Arbeit)

Arbeitest du in unmittelbarer Umgebung einer Mobilfunksendeanlage oder gehst du in unmittelbarer Umgebung einer Mobilfunksendeanlage zur Schule?

Ja.....  1

Nein .....  0 (weiter mit nächstem

Fragenkomplex))

Weiß nicht .....  7 (weiter mit nächstem

Fragenkomplex)

Antwortverweigerung.....  9 (weiter mit nächstem

Fragenkomplex)

*(Arbmeter)*

**Wie viele Meter ist die Sendeanlage etwa von deinem Arbeitsplatz/deiner Schule entfernt?**

- < 50 m.....  4
- 50 - < 100 m .....  3
- 100 - < 500 m .....  2
- 500 m oder mehr.....  1
  
- Weiß nicht.....  7
- Antwortverweigerung.....  9

*(Sendewo2)*

**Wo befindet sich die Sendeanlage? Ist das...**

- Auf dem Dach des Hauses.....  1
- Von der Schule/Arbeitsplatz aus in Sichtweite .....  2
- Weder noch.....  3
  
- Weiß nicht .....  7
- Antwortverweigerung.....  9

***(Haushalt)***

**Wie viele Personen leben ständig in eurem Haushalt, Dich selbst mitgerechnet?**

- Personen
- 99 Antwortverweigerung

**VIELEN HERZLICHEN DANK FÜR 'S MITMACHEN!!!**

Hast du noch Fragen/Anmerkungen zu diesem Interview?

## **Danksagung**

Frau Prof. Dr. Katja Radon danke ich für die Überlassung des Themas und für ihre ausgezeichnete Betreuung und Unterstützung bei der Durchführung der gesamten Arbeit.

Des Weiteren möchte ich mich bei meinen Kolleginnen, Frau Dipl.-Päd. Silke Thomas und Frau Dipl.-Stat. Anja Kühnlein, für ihre zahlreichen hilfreichen Kommentare bedanken.

Mein besonderer Dank gilt allen Probanden sowie allen Interviewern für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Datenerhebung.

Bedanken möchte ich mich auch bei allen anderen, die mich bei der Durchführung und Ausarbeitung der Studie unterstützt haben und hier nicht genannt wurden.

## Anhang D

# LEBENS LAUF

Dipl.-Psych. Sabine Heinrich

## Persönliche Daten

---

Name: Sabine Heinrich  
Geburtsdatum: 15.10.1976  
Geburtsort: Buchloe, Deutschland  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Familienstand: ledig

## Akademische Ausbildung

---

Seit 2006 Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität, München  
Promotion zum *Dr. rer. biol. hum.*

2005 Diplomarbeit "UMTS und Elektrosensibilität – eine Machbarkeitsstudie"

2000 -2005 Studium der Diplompyschologie  
Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt

## Beruflicher Werdegang

---

seit Oktober 2005 wissenschaftliche Mitarbeiterin/Doktorandin, Arbeitsgruppe Arbeits- und Umweltepidemiologie & Net Teaching, Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Ludwig-Maximilians-Universität, München

April – Sept. 2005 studentische Hilfskraft  
Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Ludwig-Maximilians-Universität, München

2001-2004 studentische Hilfskraft  
Professur für Arbeits- Umwelt- und Gesundheitspsychologie  
Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt

## Preise

---

Posterpreis 2007 der Deutschen Gesellschaft für Sozialmedizin und Prävention

