

1. Bamberger Mobilfunksymposium
29. Jänner 2005
Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Deutschland
Markushaus, 96047 Bamberg

Epidemiologische Untersuchungen bei Mobilfunksendeanlagen Beispiele und künftige Überlegungen

Dr. med. Gerd Oberfeld
Amt der Salzburger Landesregierung
Landessanitätsdirektion Salzburg
Referat Gesundheit, Hygiene und Umweltmedizin
Referent für Umweltmedizin der Österreichischen Ärztekammer

Abstract

Die Geschichte zeigt, dass Entscheidungen an der Schnittstelle Umwelt und Gesundheit überwiegend auf der Basis der Beobachtung von Auswirkungen getroffen wurden. Dabei war es in der Regel unerheblich, ob ein Wirkungsmechanismus in Teilen oder vollständig bekannt war. Die Beobachtung und Analyse von Risikofaktoren ist das Aufgabengebiet der Epidemiologie bzw. Umweltepidemiologie.

Prominentes Beispiel ist die Beobachtung des Londoner Arztes John Snow im Jahr 1854, der alle Todesfälle einer Durchfallsepidemie und alle öffentlichen Brunnen in einem Stadtplan eintrug und dadurch die massive Häufung im Umfeld der Broad Street Pump zeigen konnte. Der Verdacht, dass das Trinkwasser der Auslöser des tödlichen Durchfalls ist, wurde durch den Rückgang der Erkrankungen nach der Entfernung des Pumpengriffs bestätigt. Das eigentliche Agens, nämlich die Cholerabakterien, wurden erst 30 Jahre später durch Robert Koch entdeckt. Die weitere Abklärung des Wirkmechanismus über Choleratoxine und Hemmung eines Enzyms der Dünndarmschleimhaut erfolgte erst nach weiteren 70 Jahren. Weitere 50 Jahre später steht heute ein oraler Choleraimpfstoff zur Verfügung. Die einfachste Maßnahme, die Sperre des mit Bakterien verunreinigten Trinkwassers, wurde mit Erfolg durchgeführt und kein rational denkender Mensch würde die Forderung nach einer vollständigen Abklärung der Wirkungskette erheben, sobald schlüssige Verdachtsmomente vorliegen.

Weitere Beispiele sind die Auslösung von Rippenfellkrebs durch Asbestfasern, Intelligenzdefizite durch Tetraethylblei im Benzin und das erhöhte Risiko für vorgezogene Todesfälle durch lungengängige Partikel in der Luft.

In Anlehnung an die umfangreichen epidemiologischen Untersuchungen zur Wirkung von Luftschadstoffen würde man meinen, dass es im Bereich hochfrequenter Strahlung im Allgemeinen und Mobilfunk im Speziellen schon viele Untersuchungen gibt. Die Antwort ist zum Einen leider nein, zum Anderen werden die in zahllosen Einzelfällen berichteten Gesundheitsprobleme in den bisher vorliegenden Untersuchungen bestätigt. In

Zusammenschau aller verfügbaren Informationen steht für mich schon jetzt zweifelsfrei fest, dass gewisse im Alltag regelmäßig auftretende Mobilfunkexpositionen zu verschiedensten gesundheitlichen Störungen und Schäden führen können.

Zur Frage des Zusammenhangs zwischen Mobilfunkexpositionen und verschiedenen Symptomen liegen vier epidemiologische Untersuchungen aus Frankreich [1], Österreich [2] und Spanien [3, 4] vor. Diese Arbeiten zeigen übereinstimmend eine signifikante Beziehung zwischen selbstberichteten Beschwerden wie etwa häufigere Müdigkeit, Schwindelgefühl, Depressionen, Kopfschmerzen, Konzentrationsprobleme und Schlafstörungen unter Alltagsbedingungen und der Intensität der hochfrequenten Strahlung von Mobilfunksendeanlagen. Die methodischen Zugänge waren jeweils verschieden, die Ergebnisse ergänzen sich jedoch gut und geben ein plausibles und stimmiges Expositions-Wirkungs-Bild bei GSM-Expositionen im Schlafbereich von 10 bis 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ und höher. Weitere Untersuchungen sind dringend nötig, um die Frage nach den Expositions- und Wirkungsbeiträgen unterschiedlicher Quellen hochfrequenter Strahlungen sowie elektrischer und magnetischer Wechselfelder besser zu quantifizieren.

Diese bei Anwohnern von Mobilfunkbasisstationen regelmäßig auftretende Symptomatik gleicht dem von Schliephake 1932 [5] mitgeteilten Beschwerdebild mit Kopfschmerzen, Übelkeit, Schlafstörungen, Depressionen, das bei anfälligen Personen aufgetreten war, die sich längere Zeit in der Nähe eines schlecht abgeschirmten Senders aufgehalten hatten. Ähnliche Erscheinungen sind auch bei der Diathermie als Kurzwellenkater bekannt geworden.

Die Befunde bei Mobilfunksendern werden durch Untersuchungen von Altpeter [6] beim Schweizer Kurzwellensender Schwarzenburg, die Zusammenhänge zwischen der gemessenen Feldstärke und Schlafstörungen zeigten, gestützt. Zusammenhänge wurden auch zwischen einer mit 24,4 Hz gepulsten Frühwarnradaranlage (154-162 MHz) in Litauen und verlangsamter Reaktionsgeschwindigkeit, verringerter Gedächtniskapazität und Aufmerksamkeit bei 9-18 jährigen Kindern und Jugendlichen beobachtet [7].

Im Hinblick auf Zusammenhänge zwischen hochfrequenter Strahlung und einem erhöhtem Krebsrisiko gibt es mehrere epidemiologische Untersuchungen im Umwelt- und Arbeitsbereich, die im Generellen ein erhöhtes Risiko für Krebserkrankungen bzw. Krebssterblichkeit zeigen [8]. In Zusammenschau mit dem Nachweis einer genotoxischen Wirkung bei verschiedenen Zellen [9] sowie der Evidenz aus Tierversuchen [10, 11, 12] ist selbst bei der methodischen Limitierung, die sich vor allen aus der nicht optimalen Expositionserhebung der einzelnen Epidemiologischen Studien ergibt (ökologisches Studiendesign, Job-Exposure-Matrix), ein erhöhtes Krebsrisiko als plausibel anzusehen. Aktuell wurde 2004 durch Lönn [13] die von Hardell bereits 2002/2003 [14, 15] gefundene Risikoerhöhung für Hörnervtumoren bei langjähriger Mobiltelefonnutzung bestätigt.

Zu Frage eines Zusammenhangs zwischen dem Einfluss von Mobilfunkbasisstationen und Krebs liegt aktuell die Studie aus Naila vor, die im Nahbereich einer GSM-Mobilfunkanlage (0-400 m) gegenüber dem Fernbereich (>400 m) nach 5 Jahren Exposition eine signifikante Zunahme der Malignominzidenz um das dreifache, sowie ein um 8,5 Jahre jüngeres Erkrankungsalter zeigt. Auffällig war insbesondere das Mammakarzinom, das als mögliches Markerkarzinom für elektromagnetische Wellen angesprochen wird [16].

Die Grenzwerte sind auf ein Niveau abzusenken, das unerwünschte Gesundheitseffekte vermeidet. Es geht nicht um den Nachweis, sondern um den Grad an Evidenz aus wissenschaftlichen und empirischen Erkenntnissen und das jeweils adäquate Handeln der verantwortlichen Menschen – sprich der Entscheidungsträger in Wissenschaft, Verwaltung und Politik und der Gesellschaft als Einheit. Zum Handeln braucht es Evidenz. Wie schon eingangs erwähnt kommt guter epidemiologischer Forschung hier eine Hauptaufgabe zu.

Kern guter epidemiologischer Forschung ist die optimale Methodik und Durchführung. Insbesondere sollte dabei beachtet werden: Je besser die individuelle Exposition an den Hauptaufenthaltsorten (Schlaf- und Arbeitsplatz) erfasst wird, um so geringer ist die Expositionsfehlklassifikation, die im Extremfall dazu führt, dass Effekte nicht entdeckt werden können, obwohl sie vorhanden sind. Wenn mehrere Faktoren zu einem erhöhten Risiko beitragen, sollten möglichst alle starken Faktoren erhoben und multivariat ausgewertet werden. Die Auswertung sollte zum Ziel haben, Expositions-Wirkungs-Beziehungen darzustellen und nicht mit Cut-Off Werten zu arbeiten, wie bei einigen Magnetfeldstudien zu kindlichen Leukämien. Die Durchführung und Förderung umweltepidemiologischer Forschung muss als zentrale öffentliche Aufgabe mit hoher Transparenz verstanden werden. Je eher wir damit beginnen, um so mehr wird die Gesellschaft und jeder Einzelne durch ein Mehr an Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit profitieren.

Eigenschaften hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung

Im Gegensatz zu den niederfrequenten Feldern sind hier das elektrische und das magnetische Feld miteinander gekoppelt: das elektrische Feld bedingt das magnetische und umgekehrt. Hochfrequente elektromagnetische Wellen pflanzen sich drahtlos im Raum fort und nehmen bei Frequenzen im MHz-Bereich und höher immer mehr auch quasioptische Eigenschaften an. Dazu zählen z.B. Reflexion an leitfähigen Oberflächen oder Beugung an Kanten. Aus diesem Grund werden sie für die Übertragung von Nachrichten als Funkwellen benutzt. Sie können über Antennen abgestrahlt und an einem anderen Ort über Antennen wieder empfangen werden. Die Information kann über verschiedene Modulationsverfahren wie z.B. durch Änderung der Frequenz, Amplitude oder Phase der Trägerwelle „aufgeprägt“ werden.

Frequenzen größer 30 kHz werden im Allgemeinen generell als Hochfrequenz bezeichnet. In der amerikanischen Sprachregelung wird jedoch der Bereich der „radiofrequenten“ Strahlung (30 kHz bis 300 MHz, radiofrequency radiation) von der „Mikrowellenstrahlung“ (300 MHz bis 300 GHz, microwave radiation) unterschieden.

Quellen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung

Sender wie Rundfunk, Fernsehen, Mobilfunkbasisstationen (Handymasten) für GSM, UMTS etc., Mobiltelefone (Handys), Schnurlostelefone (CT1, DECT/GAP), Bündelfunk (TETRA, Tetrapol), Datenfunk, Bluetooth, Funknetzwerke (WLAN), Radaranlagen, Richtfunk, Mikrowellenherde, Funkbabyphone und -kameras, Funktastatur und -bestellsysteme, hochgetaktete Computer.

Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung

Bei der Beschreibung der Wirkungen wurde der Schwerpunkt auf aktuelle Arbeiten zur Mobilfunktechnologie gelegt. Dies erfolgt einerseits wegen des starken öffentlichen Interesses an dieser Thematik und andererseits aufgrund der immer deutlicher werdenden Auswirkungen auf Wohlbefinden und Gesundheit.

Untersuchungen zu den gesundheitlichen Auswirkungen elektromagnetischer Wellen gehen auf die 40er Jahre des 20. Jahrhunderts zurück. Im Vordergrund standen dabei Untersuchungen im hohen Dosisbereich mit der Frage der übermäßigen Erwärmung des Körpers bzw. der Bildung von Linsentrübungen (Katarakt), z.B. bei radarexponierten Personen. Dazu wurden verschiedene Tierversuche durchgeführt, die Linsentrübungen bei immer geringeren Dosen erbrachten, wenn die Linsen nicht sofort nach der Bestrahlung, sondern erst nach einer mehrwöchigen Wartezeit untersucht wurden. Bereits damals wurden nichtthermische Wirkungen bei der Kataraktbildung diskutiert.

1959 wurde von Heller in der Zeitschrift Nature eine neue physikalische Methode zur Erzeugung von Chromosomenschäden vorgestellt [17]. Die Autoren verwendeten gepulste Kurzwellen mit einer Frequenz von 27 MHz und exponierten wachsende Knoblauchwurzelzellen in einer Wasserschale für 5 Minuten diesem Feld. Im Wasser wurde keine Temperaturerhöhung festgestellt. Die Untersuchung erfolgte 24 Stunden nach der Bestrahlung. Die meisten Chromosomenbrüche wurden bei Pulsraten zwischen 80 und 180 Pulsen pro Sekunde festgestellt.

In einer Zusammenstellung von Arbeiten zur Wirkung elektromagnetischer Wellen [18] wurde von Sage die Evidenz für nachfolgende Bereiche dargestellt: Effekte auf das genetische Material (DNA), chromosomale Schäden und Mikrokern-Bildung, Effekte auf die Ornithindecaboxylase (ODC), Gentranskription und -induktion, Stressreaktion (Hitzeschockproteine), Effekte auf zellulärer Ebene (Kalzium-Ionen), zelluläre Effekte am Immunsystem, Blut-Hirn-Schranke, Blutdruck, Geschlechtsorgane, Krebs, subjektive Symptome bei Benutzern von Mobiltelefonen, neurologische Effekte, Störungen bei Neurotransmittern, Augenschädigungen, Verhaltensänderungen, Lernfähigkeit und Gedächtnis, kognitive Funktionen und Schlaf.

Auf der Basis der vorhandenen Literatur zu elektromagnetischen Wellen kommt Cherry zu dem Schluss, dass elektromagnetische Strahlung etwa von Mobilfunksendeanlagen ein wahrscheinlicher Risikofaktor für nachfolgende Krankheiten ist: Krebs, insbesondere Gehirntumoren und Leukämie aber auch alle anderen Krebsarten, Herzrhythmusstörungen, Herzinfarkte, neurologische Effekte inklusive Schlafstörungen, Lernschwierigkeiten, Depressionen und Selbstmorde, Fehlgeburten und Fehlbildungen [19].

Studien zu Mobilfunksendeanlagen

Zur Frage des Zusammenhangs zwischen Mobilfunkbasisstationen und direkten Gesundheitseffekten gibt es weltweit zumindest fünf epidemiologische Arbeiten sowie eine experimentelle Kurzzeitexposition auf unterschiedlichem Publikationsniveau.

Santini Studie Frankreich

Ein Fragebogen zu 16 unspezifischen Krankheitssymptomen wurde an 530 Personen in Frankreich versendet, die sich auf einen Aufruf zur Teilnahme hin gemeldet hatten [1]. Santini verwendete bei dieser Untersuchung die Selbstselektion. Dabei kann angenommen werden, dass sich eher Personen meldeten, die Beschwerden durch Mobilfunksendeanlagen vermuten. Dies hat den Nachteil, dass eine Übertragung auf die Gesamtbevölkerung quantitativ nicht möglich ist. Es schafft jedoch den Vorteil, dass Effekte eher entdeckt werden können. Der gegenteilige Ansatz wäre nur junge gesunde Erwachsene einzuladen, die keine Beschwerden gegenüber Mobilfunksendeanlagen aufweisen dürfen.

Es zeigte sich eine Zunahme von unspezifischen Symptomen mit abnehmender selbst eingeschätzter Distanz zu Mobilfunksendern. Bei der Symptomklasse „sehr häufig“ fand sich eine signifikante Zunahme etwa für die Symptome Müdigkeit, Reizbarkeit, Kopfschmerzen, Schlafstörungen, depressive Tendenzen, Konzentrationsschwierigkeiten, Gedächtnisverlust und Schwindel gegenüber der Referenzgruppe (> 300 m Distanz). Eine Übersicht geben dazu die nachfolgende Tabelle und Abbildung.

Die Zunahme der Beschwerdehäufigkeit in der Entfernungsklasse 50-100 m deckt sich mit dem ebenfalls häufig in diesem Entfernungsbereich auftretenden Feldstärkemaximum in städtischen Bereichen. Damit konnte gezeigt werden, dass die Beschwerden eine physikalische Ursache, nämlich die elektromagnetische Strahlung der Anlage, haben.

Symptome	Distanz zur Mobilfunkbasisstation in Metern (m)					
	< 10 m	10-50 m	50-100 m	100-200 m	200-300 m	> 300 m
Müdigkeit	72*	50,9*	56,6*	41,1	43,7	27,2
Reizbarkeit	23,2*	25,7*	44,1*	4,1	9	3,3
Kopfschmerzen	47,8*	26,1*	36,7*	31,2*	0	1,8
Übelkeit	6,9	3	3,8	4,6	2,3	1,1
Appetitverlust	8,3	5,5	5	0	0	3,3
Schlafstörungen	57*	57,5*	58,5*	50*	35,5	21,1
Depressive Tendenzen	26,8*	19,7*	24*	3,1	2,5	3,7
Unwohlsein	45,4*	18,9	12,8	0	5,1	8,1
Konzentrations-schwierigkeiten	28,8*	16,6	26,4*	12,5	5,5	7,1
Gedächtnisverlust	25,4*	26,6*	29*	15,6	11,1	5,8
Hautprobleme	17,1*	10,8	11,1	7,5	0	4,6
Sehstörungen	24,3*	13,5	7,1	4,9	2,8	4,1
Hörstörungen	17,4	12	15,5	7,7	9,5	8,7
Schwindel	12,5*	7,5*	9,6*	2,7	5,2	0
Bewegungsstörungen	7,7*	1,7	3	0	0	1
Herz-Kreislauf-Probleme	13*	9,6	7,4	0	6,5	3

*) Signifikanter Unterschied ($p < 0.05$) im Verhältnis zur Referenzkategorie > 300 m oder nicht exponiert für die Symptomklasse „sehr häufig“

Tabelle: Häufigkeit (%) von Beschwerden von Anwohnern (n=530) von Mobilfunk-Basisstationen als Funktion der Entfernung

Symptome in Beziehung zur Entfernung zur Mobilfunkbasisstation für die Kategorie "sehr häufig"

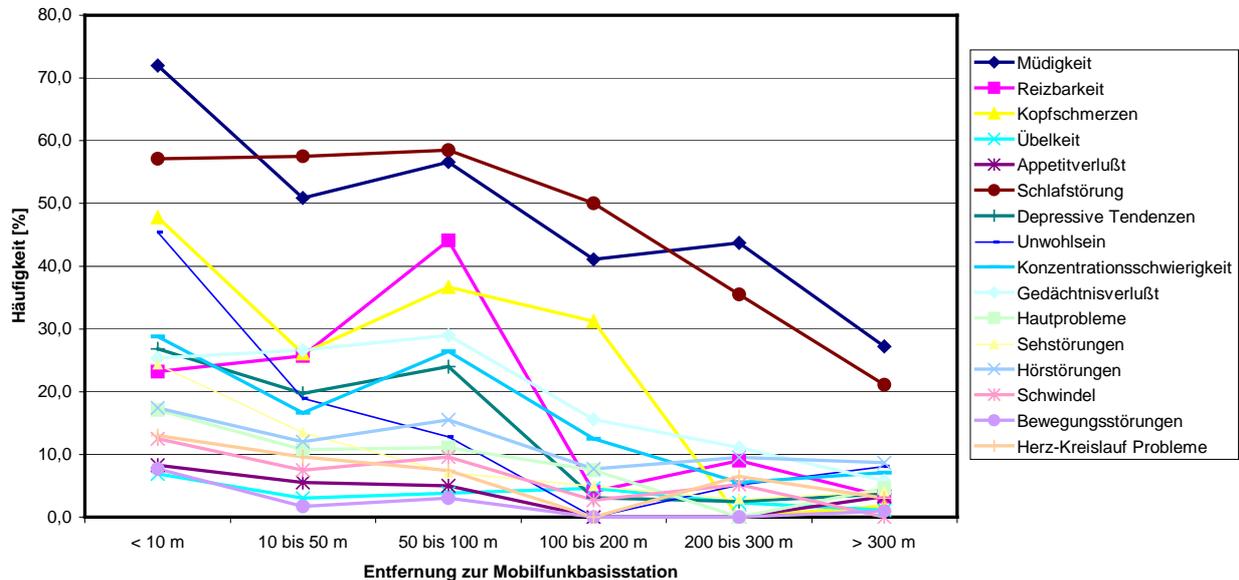


Bild: Häufigkeit (%) von Beschwerden von Anwohnern von Mobilfunk Basisstationen als Funktion der Entfernung

Hutter/Kundi Studie Kärnten und Wien

In einer Querschnittstudie wurden in Österreich (Kärnten und Wien) Personen untersucht, die länger als ein Jahr in der Nähe einer Mobilfunkbasisstation lebten [2]. Dabei wurden subjektive Symptome und Beschwerden, Schlafqualität und Merkfähigkeit abgefragt bzw. getestet. Die Exposition der Studienteilnehmer wurde hinsichtlich Mobilfunk sowie Rundfunk- und Fernsehsendern frequenzselektiv im Schlafzimmer gemessen. Das Maximum für die Summe der GSM-Mobilfunkbänder betrug $1400 \mu\text{W}/\text{m}^2$.

Unabhängig von möglichen Befürchtungen der Anwohner wurden signifikante Zusammenhänge zwischen der Leistungsflussdichte des GSM-Mobilfunks und Herz-Kreislauf-Symptomen gefunden. Zu den Herz-Kreislaufsymptomen zählten: Müdigkeit, Kurzatmigkeit, Herzpochen/Herzjagen, Kopfschmerzen, rasche Erschöpfung, kalte Füße und Schwindelgefühl. Wichtig sind dazu zwei Feststellungen: Die Symptome traten bei Expositionswerten deutlich unter $1 \text{ mW}/\text{m}^2$ auf (alter Salzburger Vorsorgewert) auf. Weiters die Auswahl der Studienteilnehmer erfolgte repräsentativ und es erfolgte keine Selektion im Hinblick auf eine besonders empfindliche Gruppe. Das bedeutet, dass die gefundenen Effekte repräsentativ für die Gesamtbevölkerung sind und so stark sind, dass sie bereits innerhalb weniger Jahre sichtbar werden.

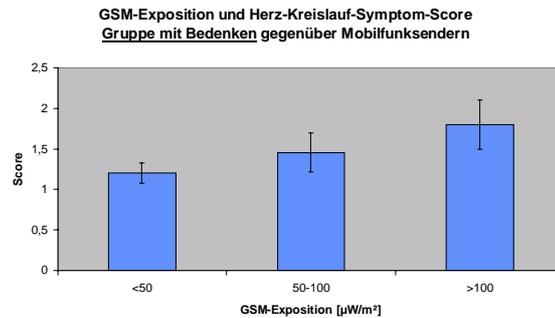
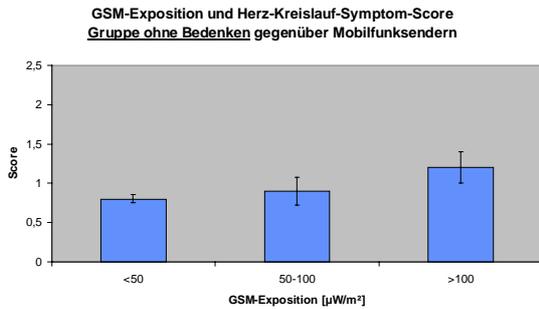


Bild: Expositions-Wirkungs-Beziehungen zwischen Herz-Kreislauf-Symptomen und GSM-Mobilfunkexpositionswerten im Schlafzimmer

Navarro Studie Spanien/La Nora

In einer Querschnittstudie in La Nora, Murcia, Spanien wurden Anwohner im Umfeld zweier GSM Basisstationen untersucht [3]. Die Rekrutierung der Teilnehmer erfolgte über Selbstselektion. Dazu wurden in der Apotheke und beim Friseur Fragebögen aufgelegt. Der verwendete Fragebogen war mit dem von Santini ident und es wurden Symptome passend zum "Mikrowellensyndrom" erhoben. Die Leistungsflussdichte wurde breitbandig (400 MHz- 3000 MHz) über dem Bett gemessen. Die Spektrumanalyse ergab die Dominanz zweier GSM 900/1800 MHz Basisstationen. Eine Aufteilung der Exponierten in eine Gruppe mit einer Entfernung von < 250 m (mittlere Exposition $100 \mu\text{W}/\text{m}^2$) und eine Gruppe mit einer Entfernung > 250 m Distanz (mittlere Exposition $1.100 \mu\text{W}/\text{m}^2$) zur Basisstation zeigte für 9 Symptome eine signifikant höheren Score in der Gruppe mit der höheren Feldstärke.

	n=47	n=54	p-Wert
Mittlere Exposition	$100 \mu\text{W}/\text{m}^2$	$1.110 \mu\text{W}/\text{m}^2$	<0,001
Mittlere Entfernung	284 m	107 m	<0,001
Gereiztheit	1,04	1,56	<0,05
Kopfschmerzen	1,53	2,17	<0,001
Übelkeit	0,53	0,93	<0,05
Appetitverlust	0,55	0,96	<0,05
Unwohlsein	0,87	1,41	<0,02
Schlafstörung	1,28	1,94	<0,01
Depression	0,74	1,3	<0,02
Schwindelgefühl	0,74	1,26	<0,05

n: Anzahl Teilnehmer in der Gruppe

p-Wert: Der p-Wert ist der Wahrscheinlichkeitswert und gilt als signifikantes Ergebnis, wenn $p < 0,05$ ist

Tabelle: Gruppenvergleich: Exposition gegenüber GSM Basisstationen und verschiedenen Krankheitssymptomen (Score)

Oberfeld Studie Spanien/La Nora

Die oben angeführte Querschnittsstudie von Gomez-Peretta et al. wurde vom Autor dieses Kapitels mittels eines logistischen Regressionsmodells auf individueller Ebene reanalysiert [4]. Es fanden sich signifikante Beziehungen zwischen den gemessenen Feldstärken und 13 Symptomen in einer Expositions-Wirkungsbeziehung. Die Tabelle zeigt die für Alter, Geschlecht und Entfernung adjustierten Ergebnisse.

<i>Symptome</i>	Mittlere Exposition 0.05 – 0.22 V/m (6 – 128 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)			Hohe Exposition 0.25 – 1.29 V/m (165 – 4400 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)			p for the trend
	OR	95%-CI	p	OR	95%-CI	p	
Müdigkeit	28.53	3.03 – 268.78	0.0034	40.11	4.56 – 352.44	0.0009	0.0039
Reizbarkeit	3.12	0.91 – 10.68	0.0704	9.22	2.86 – 29.67	0.0002	0.0009
Kopfschmerzen	5.99	1.50 – 23.93	0.0113	6.10	1.80 – 20.65	0.0037	0.0050
Übelkeit	5.92	0.60 – 58.68	0.1288	12.80	1.48 – 110.64	0.0205	0.0499
Appetitmangel	6.66	0.62 – 71.52	0.1175	27.53	3,07 – 247.03	0.0031	0.0030
Schlafstörungen	10.39	2.43 – 44.42	0.0016	10.61	2.88 – 39.19	0.0004	0.0008
Depressive Tendenzen	39.41	4.02 – 386.40	0.0016	59.39	6.41 – 550.11	0.0003	0.0016
Unwohlfühlen	4.29	1.14 – 16.15	0.0314	10.90	3.16 – 37.56	0.0002	0.0007
Konzentrationsprobleme	8.27	2.01 – 34.01	0.0034	19.17	4.91 – 74.77	0.0000	0.0001
Gedächtnisstörungen	2.35	0.62 – 8.89	0.2090	7.81	2.27 – 26.82	0.0011	0.0031
Hautprobleme	7.04	1.06 – 46.62	0.0429	8.22	1.39 – 48.51	0.0201	0.0628
Sehstörungen	2.48	0.65 – 9.44	0.1830	5.75	1.68 – 19.75	0.0054	0.0186
Hörstörungen	3.89	0.99 – 15.21	0.0510	1.63	0.45 – 5.95	0.4572	0.1285
Schwindel	2.98	0.62 – 14.20	0.1712	8.36	1.95 – 35.82	0.0042	0.0117
Gangschwierigkeiten	1.32	0.30 – 5.84	0.7114	2.07	0.57 – 7.50	0.2690	0.5211
Herz-Kreislauf-Probleme	9.42	0.93 – 95.07	0.0572	17.87	1.96 – 162.76	0.0105	0.0333

Tabelle: Zusammenhang zwischen breitbandig ermittelter elektrischer Feldstärke (dominiert durch GSM 900/1800 Mobilfunksendeanlagen) und verschiedenen Krankheitssymptomen

Die von den Studienteilnehmern geschätzte Entfernung zwischen Wohnung und Mobilfunksender wurde als Maß für mögliche Befürchtungen ins Modell aufgenommen und änderte das statistische Modell kaum. Auch diese Daten sind auf Grund der Selbstsektion quantitativ nicht auf die Gesamtbevölkerung übertragbar. Sehr wohl sind die Ergebnisse auf eine nicht näher quantifizierbare Gruppe innerhalb der Bevölkerung übertragbar, die unabhängig von möglichen Befürchtungen erhebliche Störungen des Wohlbefindens und der Gesundheit bedingt durch die Einstrahlung von Mobilfunksendeanlagen erleidet.

Wichtig ist die Feststellung, dass sich bereits in der mittleren Expositionsklasse bei 6-128 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ signifikant erhöhte Risikoschätzer zeigten. Expositionen dieser Größenordnung sind zwischenzeitlich in unseren Siedlungsbereichen immer häufiger anzutreffen.

Basierend auf diesen Daten wird die im Februar 2002 auf Basis empirischer Evidenz seitens der Landessanitätsdirektion Salzburg gegebene Empfehlung, einen Summenwert für die Dauerexposition gegenüber GSM 900/1800 Mobilfunkbasisstationen von 0,02 V/m bzw. 1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (neuer Salzburger Vorsorgewert) nicht zu überschreiten, weiter gestützt.

TNO-Studie zu GSM und UMTS

Am 30. September 2003 wurde die von den drei niederländischen Ministerien für Gesundheit, Umwelt und Wirtschaft beauftragte Untersuchung des TNO Physics and Electronics Laboratory zu UMTS und GSM vorgestellt [17]. Im Doppel-Blind-Ansatz wurden Teilnehmer zweier unterschiedlicher Personengruppen einzeln in einer geschirmten Expositionskammer gegenüber hochfrequenter Strahlung exponiert, die von zwei Basisstationsantennen in einer Entfernung von drei Metern abgestrahlt wurde. Die Exposition der Probanden betrug bei allen verwendeten Signalen 1 V/m als Spitzenwert, entsprechend 2,65 mW/m² (2650 µW/m²). Dies entspricht der Exposition im Hauptstrahl einer typischen Mobilfunk-Sektorantenne in einer Entfernung von etwa 125 m (10 W Antenneneingangsleistung, isotroper Antennengewinn 17 dBi).

Von den drei unterschiedlichen Signalen (GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz, UMTS 2100 MHz) wurden pro Proband nur jeweils zwei Signale verwendet, sowie jeweils eine Plazebophase ohne Feld. Die Abfolge der einzelnen Phasen war den untersuchten Personen und den unmittelbar mit dem Experiment befassten Studienbetreuern nicht bekannt (Doppelblinddesign). Die Einwirkzeit des Feldes betrug jeweils 15 Minuten, mit einer anschließenden Pause von 30 Minuten. Vor der Durchführung der Tests erfolgte eine Trainingsphase unter Anleitung und ohne Exposition.

Es wurden zwei Gruppen zu je 36 Personen untersucht. Die Gruppe A umfasste Personen, die sich bei einer Umweltschutzorganisation wegen gesundheitlicher Probleme durch Mobilfunksendeanlagen gemeldet hatten. In die Gruppe B wurden Personen aufgenommen, die keine Beschwerden gegenüber Mobilfunksendeanlagen hatten. Als Endpunkte der Untersuchung wurden vier computergestützte Tests (Reaktionszeit, Gedächtnisvergleich, selektive visuelle Aufmerksamkeit und Doppelaufgabe) sowie die Erhebung des Wohlbefindens mittels Fragebogen (23 Fragen) herangezogen.

Im Hinblick auf die Auswirkungen bei den kognitiven Leistungen wurden statistisch signifikante Veränderungen beobachtet, aber ohne klares Muster betreffend Expositionsart (GSM, UMTS), kognitive Teilfunktionen und Gruppenzugehörigkeit.

Die Ergebnisse des Fragebogens zum Wohlbefinden zeigten hingegen ein klares Bild. Beim Summenscore über alle Fragen zeigte sich bei der Exposition gegenüber dem UMTS-Signal bei beiden Gruppen eine signifikante Zunahme der Beschwerden. Bei der Gruppe B erhöhte sich der Summenscore von 2,44 (Plazebo) auf 3,08 (UMTS). Bei der Gruppe A erhöhte sich der Summenscore von 7,47 (Plazebo) auf 10,75 (UMTS). Bei den 23 Einzelfragen zum Wohlbefinden zeigte sich bei der Gruppe A auf der Ebene der einzelnen Fragen bei acht Fragen gegenüber der Plazebophase eine signifikante Verstärkung des Beschwerdegrades:

- Q 1 „Schwindel“
- Q 3 „Nervosität“
- Q 8 „Brustschmerzen oder Atemwegsbeschwerden oder Gefühl nicht genug Luft zu haben“
- Q 16 „Körperteile fühlen sich taub oder kribbelnd an“
- Q 18 „Teile des Körpers fühlen sich schwach an“
- Q 19 „sich nicht konzentrieren können“

- Q 21 „leicht zerstreut sein“
- Q 23 „wenig Aufmerksamkeit für etwas haben“

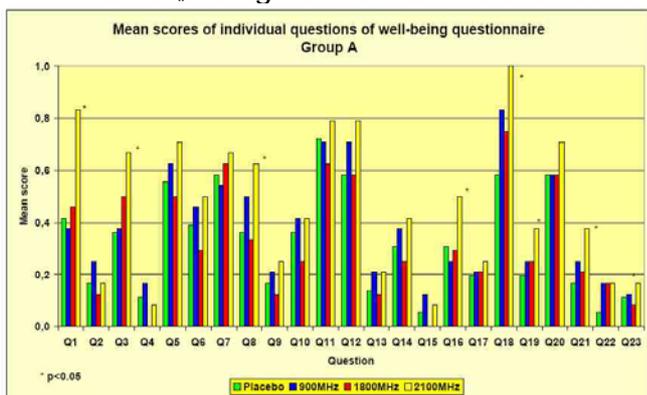


Bild: Gruppe A: Mittlerer Score für die Einzelfragen des Fragebogens zum Wohlbefinden

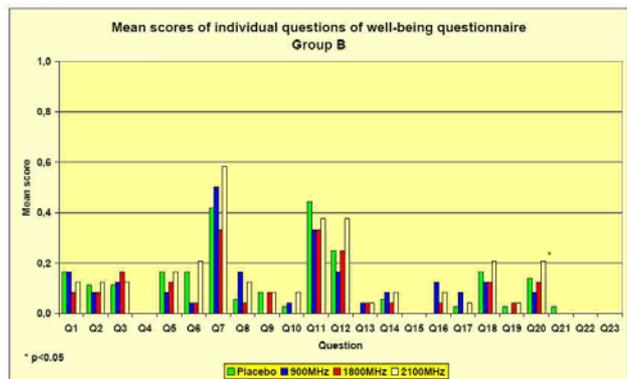


Bild: Gruppe B: Mittlerer Score für die Einzelfragen des Fragebogens zum Wohlbefinden

Bemerkenswert an der Untersuchung ist der deutliche Unterschied der Symptomausprägung zwischen der Gruppe A (Beschwerden bei GSM-Sendern) und der Gruppe B (keine Beschwerden bei GSM Sendern) sowohl beim Training bzw. in der Plazebosituation als auch speziell die deutliche Reaktion bei der Feldexposition. Dies ist ein weiterer Beleg für die Existenz elektrosensibler Personen.

Von hoher Bedeutung ist die deutliche Reaktion der Probanden der Gruppe A auf das verwendete UMTS-FDD Signal (W-CDMA) bei einer nur 15 minütigen Einwirkung. Diese Signalform wird im derzeit im Aufbau befindlichen UMTS-Netz eingesetzt. Die in der TNO-Studie verwendete und mittels Signalgenerator erzeugte UMTS-Signalform stellt den Fall dar, dass nur die vier dominierenden Steuerkanäle aktiv sind und kein Nutzkanal. Dieser Fall tritt an einer realen UMTS-Basisstation dann auf, wenn kein Verkehr über die Station abgewickelt wird und nur die permanent sendenden Steuerkanäle aktiv sind. Dies dürfte überwiegend zur Nachtzeit der Fall sein.

Überlegungen zu epidemiologischen Untersuchungen bei Mobilfunkbasisstationen

Im Allgemeinen wird zur Einschätzung eines Gesundheitsrisikos die Evidenz aus Zellversuchen, Tierversuchen, experimentellen Untersuchungen am Menschen und epidemiologischen Untersuchungen herangezogen. Die Quantifizierung des Risikos erfolgt in aller Regel durch experimentellen Untersuchungen am Menschen und epidemiologische Untersuchungen.

Noch vor wenigen Jahren wurde von der WHO und etwa der COST281 Arbeitsgruppe im November 2002 argumentiert, es mache kaum Sinn epidemiologische Untersuchungen bei Anwohnern von Basisstationen durchzuführen. Seitens der WHO werden aktuell unter dem Titel „2003 WHO research agenda for radio frequency fields“ [23] unter der Überschrift Mensch, Langzeitstudien und künftige notwendige Untersuchungen nun konkret epidemiologische Studien bei fixen Sendeanlagen mit den Endpunkten Schlafstörungen und anderer „weicher“ Endpunkte oder chronische Erkrankungen vorgeschlagen. Im speziellen sollen Langzeit- und Ganzkörperexpositionen bei Umweltfeldstärken untersucht werden. Unverständlich sind dann wieder Vorschläge auf derselben Seite, welche die

Untersuchung der Auswirkung hochfrequenter Strahlung auf kognitive Funktionen durch Ganzkörperwärmung oder lokalisierte Erwärmung des Kopfes mit gut definierten Methoden empfehlen. Der geschätzte Leser mag sich selbst ein Urteil über diesen letzten Vorschlag der WHO bilden.

An Hand des nachfolgenden Beispiels für eine mögliche Vorgangsweise bei Clusteruntersuchungen soll ein erster Eindruck vermittelt werden wie epidemiologische Untersuchungen bei Mobilfunkbasisstationen durchgeführt werden können. Von Interesse sind auch Kohortenstudien mit der jährliche Erfassung der persönlichen Exposition im Bettbereich und ev. einem zweiten Hauptaufenthaltort sowie von Symptomen, Erkrankungen und die Erhebung von verschiedenen Laborparametern im Umfeld um eine neu errichtete Mobilfunksendeanlage.

Methodologie für eine bevölkerungsbezogene Clusteruntersuchung bei Mobilfunksendeanlagen

Ein Cluster ist die zeitliche und / oder örtliche Häufung von Symptomen und / oder Krankheiten in einer Population. Ausgangspunkt sind meist Meldungen zu vermuteten Häufungen von Symptomen und/oder Krankheiten.

1. Vorehebung

1.1 Erstellung einer vorläufigen Diagnoseliste mit Name, Alter, Wohnadresse(n) und Wohndauer, Symptome, Diagnosen mit dem Jahr der Diagnosestellung durch einen Arzt/Ärztin.

1.2 Eintragung aller Fälle in einen Ortsplan.

1.3 Formulierung der Ersthypothese. Die Ersthypothese könnte lauten: Es besteht der Verdacht für einen zeitlichen und örtlichen Zusammenhang zwischen den Einwirkungen (Immissionen) einer oder mehrerer Sendeanlagen und der Häufung von Symptomen und Erkrankungen in bestimmten Gebieten. Dieser Verdacht soll durch eine umweltepidemiologische Studie in zeitlicher Hinsicht und durch die Erstellung einer Expositions-Wirkungsbeziehung überprüft werden.

1.4 Erhebung des Expositionsverlaufs z.B. bei Sendeanlagen unterschieden nach der Art des Funkdienstes (B-Netz, C-Netz, GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz, UMTS, TETRA etc.), Datum der Inbetriebnahme und Außerbetriebnahme (Jahr) je Funkdienst, Antennenhöhe und Antennenausrichtung (alte Fotos) sowie ev. weitere funktechnische Daten (Antennentype, Downtilt, Sendeleistung, Kanalanzahl).

2. Erstellung des Studienplans

2.1 Festlegung des Studiendesigns (Studienhypothese, erforderliche Stichprobengröße)

2.2 Eingrenzung und Festlegung des Studiengebietes. Auswahl und örtliche Eingrenzung der Gebiete mit vermuteter Häufung und vergleichbarer Gebiete mit geringerer oder keiner Wirkung durch den vermuteten Risikofaktor.

3. Querschnittsuntersuchung

3.1 Befragung aller Personen \geq 18 Jahre im Studiengebiet mittels Fragebogen. Der Fragebogenversand kann zB über die Gemeinde unter Beilage eines verschließbaren

Rückkuverts erfolgen. Der Fragebogen sollte aus einem Stammbblatt für die Wohnung sowie Detailblätter je Person bestehen.

Beispiele für abgefragte Items:

Interessierende Endpunkte gemäß Studienhypothese zB Krebserkrankungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Depressionen, Alzheimer, Diabetes, Tinnitus, Hörsturz, Schilddrüsenerkrankungen, Schlafstörungen, generelle Gesundheit etc.) mit Zeitpunkt des Auftretens und Schweregrad.

Relevante Schutzfaktoren und Risikofaktoren für die untersuchten Endpunkte wie zB. Ernährung, Bewegung, berufliche und private Stressbelastung

Berufliche und private Exposition gegenüber Luftschadstoffen, Lärm, Schimmelpilzen im Innenraum,

Alkoholkonsum, Rauchverhalten,

Berufliche und private Exposition gegenüber ionisierender Strahlung (Röntgenaufnahmen, Strahlentherapie, Radon

Exposition gegenüber nichtionisierender Strahlung (Mobilfunk, DECT, Mobiltelefonnutzung, Schnurlostelefonnutzung)

Basisdaten (Alter, Geschlecht, Ausbildung, Größe, Gewicht)

4. Eingenistete Fall-Kontroll-Studie

4.1 Festlegung der Endpunkte für eine eingenistete Fall-Kontroll-Untersuchung

4.2 Auswahl der Fälle und Kontrollen

Fälle: zB alle Krebserkrankungen in einem bestimmten Zeitraum

Kontrollen: zB matching für Geschlecht und 5-Jahres Altersgruppe (1:1 bis 1:4)

4.3 Feldarbeit Interview

Persönliches Interview zum Endpunkt (Diagnose, Diagnosezeitpunkt und histologische Befundeinsicht (Arzt, Krankenhaus), berufliche und private Risikofaktoren

Expositionsanalyse

4.4 Feldarbeit Expositionsanalyse

Wo sollte gemessen werden? Hauptaufenthaltsorte im interessierenden Zeitraum z.B. Bett und Arbeitsplatz

Was sollte erhoben werden? Zu erheben ist die individuelle Exposition gegenüber den interessierenden Risikofaktoren entsprechend der Studienhypothese. Bei Mobilfunk zB durch Berechnung oder Messung. Bei Sendeanlagen die nicht mehr in Betrieb stehen ev. messtechnische Ermittlung der Exposition mittels Testsender.

Weitere Risikofaktoren

Magnetische Wechselfelder (Langzeitaufzeichnung 24 Stunden)

Elektrische Wechselfelder (Bett und Arbeitsplatz)

Elektromagnetische Wellen (Sendeanlagen aller Art)

5. Auswertung

Auswertungsziel ist die Darstellung von Expositions-Wirkungs-Beziehungen zwischen Endpunkt(en) und interessierendem Risikofaktor unter Berücksichtigung von Alter, Geschlecht und anderen Risikofaktoren.

Vorgangsweise kann die Gruppierung der Exposition zB in Quartile (4 gleich große Gruppen) sein und die Berechnung des Odds Ratio (OR) mittels logistischer Regression.

Zielwertaspekte für Mobilfunkanwendungen

Zum Schutz der individuellen und öffentlichen Gesundheit werden basierend auf dem heutigen Kenntnisstand aus wissenschaftlichen Daten und Empirie folgende Zielwerte vorgeschlagen: GSM Sendeanlagen für die Summe worst-case im Freien $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$, in Innenräumen $1 \mu\text{W}/\text{m}^2$. DECT-Basisstationen, WLAN-Sender, Bluetooth-Sender und UMTS-Basisstationen sollten zumindest um den Faktor 10 (bezogen auf die Leistung) strenger bewertet werden. Schnurlostelefone und Mobiltelefone sollten generell nur für wichtige und dringende Gespräche verwendet werden. Kinder und Jugendliche sollten Schnurlostelefone und Mobiltelefone wenn überhaupt, dann nur für Notfälle verwenden.

Literatur

- [1] Santini, R.; Santini, P.; Danze, J.M.; Le Ruz, P.; Seigne, M. (2002): Study of the health of people living in the vicinity of mobile phone base stations: 1st Influence of distance and sex; *Pathol Biol*; 50; S. 369 - 373.
- [2] Hutter, H-P., Moshammer, H., Kundi, K. (2002): Mobile Telephone Base-Stations: Effects on Health and Wellbeing; Presented at the 2nd Workshop on Biological Effects of EMFs, 7th – 11th October 2002, Rhode, Greece.
- [3] Navarro E.A.; Segura J.; Portolés M.; Gómez-Perretta de Mateo C. (2003): The Microwave Syndrome: A Preliminary Study in Spain; in: *Electromagnetic Biology and Medicine (formerly Electro- and Magnetobiology)*, Volume 22, Issue 2,; S. 161-169.
- [4] Oberfeld G.; Navarro E.A.; Portolés M.; Maestu C.; Gómez-Perretta de Mateo C. (2004): The Microwave Syndrom – further Aspects of a Spanish Study; prepared for the 3rd International Workshop on Biological Effects of EMFs, 4. - 8. October 2004, Kos, Greece.
- [5] Schliephake E. Arbeitsergebnisse auf dem Kurzwellengebiet. *Dt. Med. Wschr.*, 58 (1932)1235. Zit. in Reiter R. *Meteorobiologie und Elektrizität der Atmosphäre*, Leipzig, 1960.
- [6] Altpeter E., Battaglia M., Pfluger D., Minder C.E., Abelin Th.: 10 Jahre epidemiologische Forschung im Umfeld des Kurzwellensenders Schwarzenburg: Was haben wir gelernt? In: *Proceedings of "International Conference on Cell Tower Siting – Linking Science & Public Health*, 7th – 8th June 200, Salzburg, Austria.
- [7] Kolodynski A.A., Kolodynska V.V. Motor and psychological functions of school children living in the area of the Scrund Radio Station in Latvia. *The Science of the Total Environment* 180 (1996) 87-93.
- [8] Kundi M., Mild K.H., Lennart H., Mattson M-O.: Mobile Telephones and Cancer – a Review of Epidemiological Evidence. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 7:351-384, 2004.
- [9] Risk Evaluation of Potential Environmental Hazards From Low Frequency Electromagnetic Field Exposure Using Sensitive in vitro Methods (REFLEX); Final Report, 2004.
- [10] Lai, H. and Singh, N.P., (1995): "Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells". *Bioelectromagnetics*, Vol 16, pp 207-210, 1995.

- [11] Lai, H. and Singh, N.P., (1996): "Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation". *Int. J. Radiation Biology*, 69 (4): 513-521.
- [12] Lai, H., and Singh, N.P., (1997): "Melatonin and Spin-Trap compound Block Radiofrequency Electromagnetic Radiation-induced DNA Strands Breaks in Rat Brain Cells." *Bioelectromagnetics*, 18:446-454.
- [13] Lönn S.; Ahlbom A.; Hall P.; Feychting M.; (2004): Mobile Phone Use and the Risk of Acoustic Neuroma; in: *Epidemiology*, Volume 15, Number 6, November 2004, S. 653-659.
- [14] Hardell, L.; Hallquist, A.; Hansson Mild, K.; Carlberg, M.; Pahlson, A.; Lilja, A.: Cellular and cordless Telephones and the risk for brain tumours; *European Journal of Cancer Prevention* 2002, 11, S. 377 – 386.
- [15] Hardell L, Mild KH, Carlberg M.; Further aspects on cellular and cordless telephones and brain tumours; *Int J Oncol* 2003 Feb;22(2):399-407.
- [16] Eger H., Hagen K.U., Luca B, Vogel P, Voit H.: Einfluss der räumlichen Nähe von Mobilfunksendeanlagen auf die Krebsinzidenz. *umwelt-medizin-gesellschaft* (17) 4/2004.
- [17] Heller J.H.; Teixeira-Pinto A.A. (1959): A New Physical Method of creating Chromosomal Aberrations; in: *Nature* No. 4665 March 28; S. 905-906.
- [18] Sage C. (2000): An Overview of Radiofrequency/Microwave Radiation Studies Relevant to Wireless Communications and Data. In: *Proceedings of "International Conference on Cell Tower Siting – Linking Science & Public Health, 7th – 8th June 200, Salzburg, Austria.*
- [19] Cherry N. (2000): Probable Health Effects Associated with Base Stations in Communities: The Need for Health Surveys; In: *Proceedings of "International Conference on Cell Tower Siting – Linking Science & Public Health, 7th – 8th June 200, Salzburg, Austria.*
- [20] Zwamborn, A.P.M.; Vossen, S.H.J.A.; van Leersum B.J.A.M.; Ouwens M.A.; Mäkel W.N.(TNO Physics and Electronics Laboratory): Effects of Global Communication system radio-frequency fields on Well Being and Cognitive Functions of human subjects with and without subjective complaints; TNO-report FEL-03-C148, September 2003; www.ez.nl/beleid/home_ond/gsm/docs/TNO-FEL_REPORT_03148_Definitief.pdf
- [21] 2003 WHO research agenda for radio frequency fields <http://www.who.int/peh-emf/research/rf03/en/index2.html>