

EMF und gesundheitliche Wirkungen

Aktuelle Aspekte

Dr.-med. univ. Gerd Oberfeld

*Umweltmediziner beim Amt der Salzburger Landesregierung,
Landessanitätsdirektion, Referat Umweltmedizin sowie
Referent für Umweltmedizin der Österreichischen Ärztekammer*

Postfach 527, A-5010 Salzburg

Tel: 0043 - 662 - 8042 - 2969

Fax: 0043 - 662 - 8042 - 3056

gerd.oberfeld@salzburg.gv.at

Vorbemerkung

Ich beschränke mich in meinen Ausführungen auf aktuelle Aspekte aus epidemiologischen Untersuchungen zu elektrischen, magnetischen sowie elektromagnetischen Feldern (EMF) und gesundheitlichen Wirkungen, da

- diese Untersuchungen die Hauptsäulen der Bewertung gesundheitlicher Risiken und Langzeitrisiken sind
- Expositions-Wirkungs-Beziehungen aus diesen Studien abgeleitet werden
- diese Untersuchungen unter den Bedingungen der „echten“ Welt erhoben wurden und damit Schlussfolgerungen realitätsnäher sind als Laboruntersuchungen
- diese Untersuchungen auch Wechselwirkungen mit anderen Umwelteinflüssen untersuchen können.

Niederfrequente magnetische Wechselfelder – Endbericht „California EMF Program“ Juni 2002

Von der kalifornischen Gesundheitsbehörde wurde in den letzten neun Jahren unter dem Titel „California EMF-Program“ eine Evaluierung der möglichen Risiken durch elektrische und magnetische Felder bei Stromleitungen, Hausinstallationen, Elektroarbeitsplätzen und -geräten durchgeführt. Der Titel lautet: „An Evaluation of the Possible Risks From Electric and Magnetic Fields (EMFs) From Power Lines, Internal Wiring, Electrical Occupations and Appliances“ [1]. Der mit Juni 2002 datierte, im Herbst 2002 veröffentlichte Endbericht listet umfassende wissenschaftliche Daten zu gesundheitlichen Wirkungen auf und führt eine Risikoabschätzung durch. Dieser Bericht ist nach meiner Einschätzung die derzeit weltweit beste, modernste und aktuellste Risikoabschätzung zu niederfrequenten magnetischen Wechselfeldern und Gesundheit.

Zusammenfassend ergab sich vom California Department of Health (DHS) nachfolgende Einstufung:

Gesundheitsendpunkt (Health Outcome)	Einstufung	Hazard (Gefahr)
Leukämie beim Kind	2B bis 1	Möglich bis Definitiv
Leukämie beim Erwachsenen	2B bis 1	Möglich bis Definitiv
Hirntumor beim Erwachsenen	2B	Möglich
Fehlgeburt	2B	Möglich
Amyotrophe Lateralsklerose	2B	Möglich
Hirntumor beim Kind, Brustkrebs, Alzheimer, Selbstmord, plötzlicher Herztod	3	Inadequat

Tabelle 2-1: Einstufung der Wirkung niederfrequenter magnetischer Wechselfelder (ELF-Bereich) durch das California Department of Health (DHS), Juni 2002

Niederfrequente magnetische Wechselfelder – IARC-Einstufung Juni 2001

Im Juni 2001 überprüfte eine Arbeitsgruppe wissenschaftlicher Experten der International Agency for Research on Cancer (IARC), einer Teilorganisation der WHO mit Sitz in Lyon, Studien über die Kanzerogenität von statischen und niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern. Anhand der Standardklassifizierung der IARC, die an Menschen und Tieren sowie in Laborversuchen festgestellte Befunde abwägt, wurden niederfrequente magnetische Wechselfelder aufgrund von epidemiologischen Studien über kindliche Leukämien als **möglicherweise krebserregend für Menschen** eingestuft (Gruppe 2B). Befunde für alle anderen, bei Kindern und Erwachsenen auftretenden Krebserkrankungen sowie andere Expositionsarten (z.B. statische Felder und extrem niederfrequente elektrische Felder) wurden entweder aufgrund unzureichender oder wegen widersprüchlicher wissenschaftlicher Information als nicht klassifizierbar eingestuft [2].

Die Definition der Einstufung 2B im Originalwortlaut:

„The agent (mixture) is possibly carcinogenic to humans. The exposure circumstance entails exposures that are possibly carcinogenic to humans. This category is used for agents, mixtures and exposure circumstances for which there is limited evidence of carcinogenicity in humans and less than sufficient evidence of carcinogenicity in experimental animals. It may also be used when there is inadequate evidence of carcinogenicity in humans but there is sufficient evidence of carcinogenicity in experimental animals. In some instances, an agent, mixture or exposure circumstance for which there is inadequate evidence of carcinogenicity in humans but limited evidence of carcinogenicity in experimental animals together with supporting evidence from other relevant data may be placed in this group.”

Fehlgeburten und Spitzenwerte niederfrequenter magnetischer Wechselfelder

Die in Kalifornien durchgeführten epidemiologischen Untersuchungen (Fall-Kontroll-Studie und prospektive Kohortenstudie) [3, 4] zur Frage des Zusammenhangs zwischen dem Auftreten von Fehlgeburten in den ersten 20 Schwangerschaftswochen und mittels Personendosimeter über 24 Stunden gemessenen magnetischen Feldern (60 Hz), zeigten ein erhöhtes Risiko mit den gemessenen Spitzenwerten im Bereich 1.600 nT und darüber, jedoch nicht mit den erhobenen Mittelwerten. Das 25.-Perzentil betrug 1.600 nT – das bedeutet, dass 75 % der Frauen gegenüber Magnetfeldspitzen von 1.600 nT und mehr exponiert waren.

Ergebnisse bei repräsentativer Expositionsmessung [4] bei einem cut-off von 1.600 nT: Fehlgeburten in den ersten 20 Schwangerschaftswochen: RR = 2,9 (95%-CI 1,6-5,3); Fehlgeburten in den ersten 10 Schwangerschaftswochen: RR = 5,7 (95%-CI 2,1-15,7). 40 % aller Fehlgeburten waren mit Magnetfeldern >1.600 nT assoziiert. Bei grober Übertragung auf Österreich entspricht das ca. 5.800 Fehlgeburten pro Jahr. Zum Vergleich verzeichnet Österreich ca. 1.000 Verkehrstote jährlich.

Leukämie bei Kindern und niederfrequente magnetische Wechselfelder

EMF II-Studie [Schüz, Michaelis, 2000]

Die EMF II-Studie von Schüz und Michaelis [5] ist eine Fall-Kontroll-Studie zu magnetischen Wechselfeldern (50 Hz) und kindlicher Leukämie. Studienpopulation: Westdeutschland. Teilnehmerate: 66 %. Endpunkt: alle zwischen 1992 und 1994 neuen Fälle von akuter lymphatischer Leukämie (ALL) n = 452 und akuter nicht-lymphatischer Leukämie (ANLL) n = 62.

Fälle n = 514; Kontrollen n = 1.301 (Matching 1 : 2,5); Zeitspanne zwischen Expositionsmessung und mittlerer Expositionszeit 3-12 Jahre; Expositionsmessung: Tag 6-22 Uhr; Nacht 2-6 Uhr; Altersverteilung (Fälle): 0 bis 4 Jahre: 56 %; 5 bis 9 Jahre: 30 %; 10+ Jahre: 14 %.

Ergebnisse Nachtwert (Median 22-6 Uhr) (gepoolte Analyse der deutschen EMF-Studien) Fälle n = 669, Kontrollen n = 1.698.

Magnetische Induktion	<100 nT	100-<200 nT	200-<400 nT	>=400 nT
Fälle (n)	625	44	14	7
OR _a	1,00	1,33 (0,9-1,97)	2,40 (1,07-5,37)	4,28 (1,25-14,7)

Tabelle 5-1: EMF II-Studie, niederfrequente magnetische Wechselfelder und Leukämierisiko, Nachtwerte

Kanadische Fall-Kontroll-Studie [Green, 1999]

In einer Kanadischen Fall-Kontrollstudie [6] zu kindlichen Leukämien wurde die Magnetfeldexposition mit Personendosimetern erhoben. In der Gruppe der unter 6-Jährigen fand sich ein signifikanter Zusammenhang in Form einer Expositions-Wirkungskurve. Bei Expositionswerten als Mittelwert über 24 Stunden von über 140 nT zeigte sich ein OR von 4,5 (95% Konfidenzintervall: 1.3-15.9).

Exposition (Mittelwert) [nT]	Fälle [n]	Kontrollen [n]	OR	95%CI
<30	14	33	1	
30-70	18	32	2	0,6-6,8
70-140	27	33	4	1,1-14,4
>140	29	33	4,5	1,3-15,9

Tabelle 5-2: Green Studie, Kanada, niederfrequente magnetische Wechselfelder und Leukämierisiko, Mittelwerte 24 Stunden

Zunahme der kindlichen Leukämien mit der Elektrifizierung in den USA [Milham, 2001]

Kindliche Leukämien bei 2-4 jährigen haben in den letzten 80 Jahren deutlich zugenommen. Milham [7] untersuchte den Zusammenhang zwischen der voranschreitenden Elektrifizierung in den USA mit Daten zur Inzidenz der kindlichen Leukämie. Er fand einen Schaltereffekt bei Elektrifizierung. 10% Zunahme der Elektrifizierung ergab eine Zunahme der kindlichen Leukämie um 24 % (95%CI 8-41%). Bei ursächlichem Zusammenhang wären nach Milham 60% der kindlichen Leukämien (75 % ALL) erklärbar und vermeidbar.

Epidemiologische Studien zu Mobilfunkbasisstationen

Zu dieser derzeit wohl brennendsten Frage gibt es weltweit erst drei Arbeiten auf unterschiedlichem Publikationsniveau und mit unterschiedlichen epidemiologischen Ansätzen.

Studie zur Gesundheit von Menschen, die in der Nähe von Mobilfunk Basisstationen leben [Santini, 2002]

Ein Fragebogen zu 18 unspezifischen Gesundheitssymptomen wurde von Santini et al. [8 an Personen in Frankreich versendet, die mitteilten, dass Sie an dieser Studie teilnehmen wollten. Aus meiner Sicht ist diese Studie eine Querschnittstudie mit einem nicht näher spezifizierbaren Selektionsbias, da sich mit hoher Wahrscheinlichkeit eher Personen meldeten, die über mögliche Probleme im Zusammenhang mit Mobilfunk berichten wollten. Mit dieser Information im Hinterkopf muss die Studie gelesen und interpretiert werden.

Santini fand eine Zunahme von unspezifischen Gesundheitssymptomen mit zunehmender Nähe zu der selbst eingeschätzten Distanz zu Mobilfunksendern. Symptome wie Übelkeit, Appetitverlust, Sehstörungen und Bewegungsprobleme wurden gegenüber der Referenzgruppe (> 300 m Distanz)

nur in der Expositionsklasse < 10 m von einer Mobilfunk Basisstation signifikant gehäuft gefunden. Symptome wie Müdigkeit, Kopfschmerzen und Schlafstörungen treten gegenüber der Referenzgruppe (> 300 m Distanz) in zahlreichen Expositionsklassen (<10 m, 10-50 m, 50-100 m, 100-200 m) signifikant häufiger auf. Eine Übersicht geben dazu die folgende Tabelle und Grafik.

Symptoms	Distances from base stations in meters (m)											
	< 10 m		10 à 50 m		50 à 100 m		100 à 200 m		200 à 300 m		> 300 m ...	
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Fatigue	76*	72*	63*	50.9*	60.6	56.6*	64.2	41.1	66.6*	43.7	40.7	27.2
Irritability	32.8	23.2*	41.*	25.7*	47.2*	44.1*	25.8	4.1	25	9	18	3.3
Headaches	51*	47.8*	40*	26.1*	40.6*	36.7*	60.7*	31.2*	19.3	0	15.6	1.8
Nausea	14.5*	6.9	8.4	3	5.7	3.8	2.4	4.6	0	2.3	2.1	1.1
Loss of Appetite	20.4*	8.3	8	5.5	5	5	6.9	0	4.2	0	3.3	3.3
Sleep Disturbance	41.*	57*	41.4*	57.5*	46.9*	58.5*	45.8*	50*	33.3	35.5	13.8	21.1
Depressive Tendency	16.9	26.8*	21.6	19.7*	11.6	24*	16.2	3.1	13.6	2.5	10.3	3.7
Feeling of Discomfort	28*	45.4*	25.2*	18.9	30.6*	12.8	15.7*	0	9.7	5.1	2.4	8.1
Difficulty in concentration	39.3	28.8*	37.5	16.6	34.2	26.4*	25	12.5	43.3	5.5	26.7	7.1
Loss of Memory	27.8	25.4*	29.4	26.6*	37.1*	29*	25	15.6	17.2	11.1	17.9	5.8
Skin Problems	18.1*	17.1*	6.6	10.8	11.1*	11.1	13.9*	7.5	8.7	0	1.2	4.6
Visual Disruptions	14.5	24.3*	23	13.5	22	7.1	2.5	4.9	15	2.8	13.6	4.1
Hearing Disruptions	33.3*	17.4	17.7*	12	8.3	15.5	7.7	7.7	11.6	9.5	5.6	8.7
Dizziness	10	12.5*	17.3*	7.5*	9.6	9.6*	12.2	2.7	7.7	5.2	6.2	0
Movement Difficulties	5.6	7.7*	8.2	1.7	3	3	0	0	2	0	2.9	1
Cardio-vascular Problems	10.1*	13*	15.3*	9.6	12.3*	7.4	8.7	0	8.5	6.5	1	3

= Significant difference (p < 0.05) in comparison to reference (control) subjects found at > 300 m or not exposed, for the responses 2 = «often» and 3 = «very often»

Tabelle 6-1: Häufigkeit (%) von Beschwerden von Anwohnern von Mobilfunk-Basisstationen als eine Funktion der Entfernung

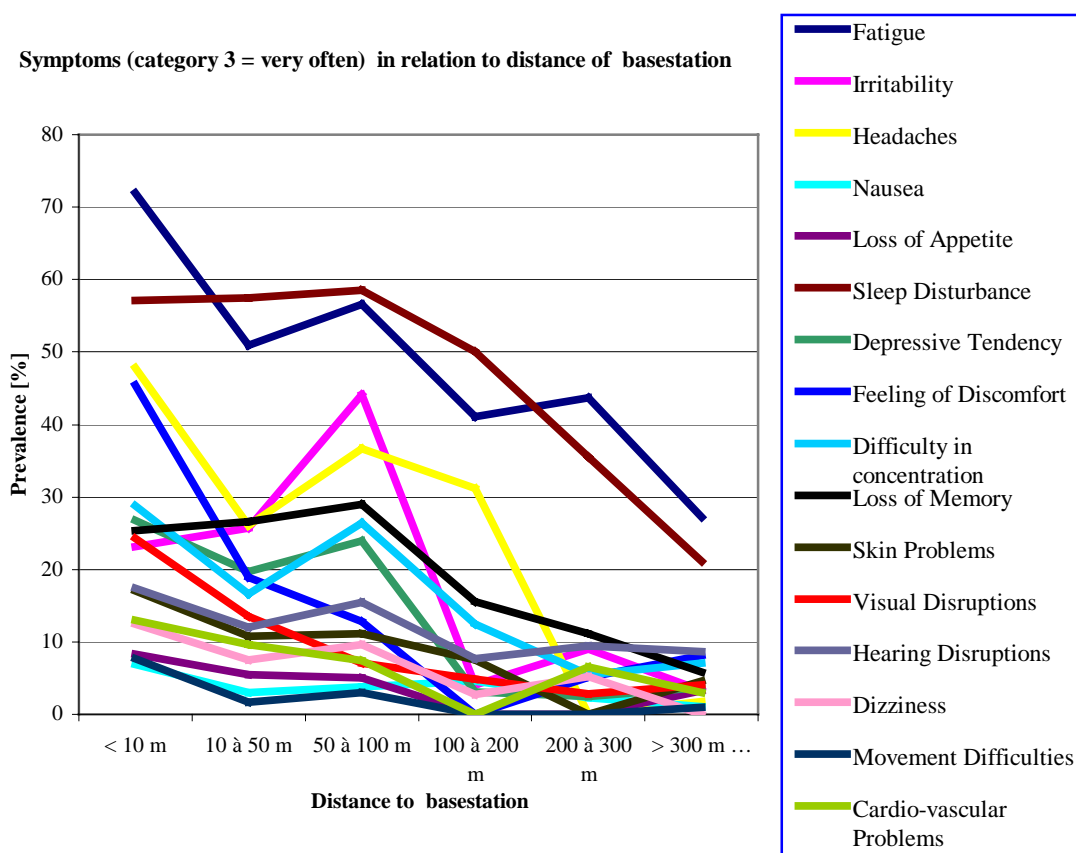


Abb. 6-1: Häufigkeit (%) von Beschwerden von Anwohnern von Mobilfunk Basisstationen als eine Funktion der Entfernung

Mobilfunk Basisstationen: Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden [Kundi, 2002]

In einer Querschnittstudie mit Pilotcharakter wurden von Kundi et al. [9] Personen, die mehr als ein Jahr in der Nähe von einer von zehn ausgewählten Basisstationen lebten, untersucht. Dabei wurden subjektive Symptome und Beschwerden, Schlafqualität und Merkfähigkeit abgefragt bzw. getestet. Die Exposition der Haushalte wurde hinsichtlich Mobilfunk sowie Rundfunk- und Fernsehsendern frequenzselektiv gemessen. Das Maximum für die Summe in den GSM-Bändern war $1.400 \mu\text{W}/\text{m}^2$. Das 95er Perzentil betrug $570 \mu\text{W}/\text{m}^2$.

Unabhängig von möglichen Befürchtungen der Anwohner wurden signifikante Zusammenhänge zwischen den gemessenen Leistungsflussdichten des Mobilfunks und Herz-Kreislauf-Symptomen sowie der Aufnahmegeschwindigkeit (perceptual speed) gefunden.

Die Studie wurde im Oktober 2002 auf dem 2nd Workshop on Biological Effects of EMFs in Rhodos vorgestellt und wird derzeit publiziert.

Auswirkungen von Mikrowellenexpositionen von Mobilfunk-Basisstationen [Gómez-Perretta, 2002]

In einer Querschnittstudie untersuchten Gómez-Perretta et al. [10] in einer Stadt in Murcia (Spanien) Menschen in der Nähe einer GSM 1800-Basisstation. Mittels Fragebogen wurden Symptome passend zum "Mikrowellensyndrom" bzw. zur "Funkfrequenzkrankheit" erhoben. Die Leistungsflussdichte der Basisstation wurde in den Wohnungen gemessen.

Die statistische Analyse zeigte eine signifikante Beziehung zwischen der Zunahme des geschil-derten Schweregrads der Beschwerden und der frequenzselektiv gemessenen Leistungsflussdichte. Eine Aufteilung der Exponierten in eine Gruppe mit einer Entfernung von $< 250 \text{ m}$ und eine Gruppe mit einer Entfernung $> 250 \text{ m}$ Distanz zur Basisstation zeigte ebenfalls eine Zunahme des Schweregrads der Beschwerden mit der gemessenen Leistungsflussdichte.

Respondents	N = 54	N = 47	
A Power den $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	0.11 ± 0.19	0.01 ± 0.04	< 0.001
D istance to B S	$107 \pm 57 \text{ m}$	$284 \pm 24 \text{ m}$	0.001
F atigue	1.11 ± 1.13	0.74 ± 1.07	n.s.
I rritability	1.56 ± 1.08	1.04 ± 1.02	< 0.05
H eadache	2.17 ± 0.86	1.53 ± 1.00	< 0.001
N ausea	0.93 ± 0.99	0.53 ± 0.88	< 0.05
A ppetite loss	0.96 ± 1.03	0.55 ± 0.88	< 0.05
D iscom fort	1.41 ± 1.11	0.87 ± 0.97	< 0.02
G ait difficulty	0.68 ± 0.93	0.94 ± 1.07	n.s.
A S T E N I C	8.81 ± 4.79	6.21 ± 5.33	< 0.02

Average severity of symptoms in two groups: Higher exposure 0.11 ($d < 150 \text{ m ts}$) & lower with power density $0.01 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ($d > 250 \text{ m ts}$).

Tabelle 6-2: Gruppenvergleich: Exposition gegenüber einer GSM 1800-Basisstation und verschiedene Beschwerden

Mobil- und Schnurlostelefone und das Risiko für Hirntumore

In einer Fall-Kontroll Studie untersuchte Hardell et. al. [11] 1.617 Patienten im Alter von 20-80 Jahren beiderlei Geschlechts, bei welchen im Zeitraum 1.1.1997 bis 30.6.2000 die Diagnose Gehirntumor gestellt wurde. Die Exposition gegenüber Mobil- und Schnurlostelefonen, ionisierender Strahlung, organischen Lösungsmitteln, Pestiziden, Asbest etc. wurde ermittelt.

Die Verwendung eines analogen Mobiltelefons zeigte ein erhöhtes Risiko mit einer odds ratio (OR) von 1,3 (95% CI 1,02-1,6). Wenn die Nutzung eines analogen Mobiltelefons vor mehr als 10 Jahren begonnen wurde, erhöhte sich das Risiko auf OR 1,8 (95 %CI 1,1-2,9). Die Untersuchung zeigte hinsichtlich der Lokalisation des Tumors im Schläfenbereich ein erhöhtes Risiko für jene Seite des Kopfes, an der das Mobiltelefon vorwiegend verwendet wurde OR 2,5 (95% CI 1,3-4,9). Im Hinblick auf die unterschiedlichen Tumortypen, fand sich das höchste Risiko für Akustikusneurinome OR 3,5 (95 % CI 1,8-6,8).

Für digitale Mobiltelefone und Schnurlostelefone wurden in einer weiteren Analyse [12] erhöhte Risiken für den Tumortypus Astrocytom auf der Seite der vorwiegenden Verwendung (ipsilateral) analoger Mobiltelefone von OR 1,8 (95% CI 1,1-3,2), für digitale Mobiltelefone (GSM) OR 1,8 (95% CI 1,1-2,8) und Schnurlostelefone OR=1,8 (95% CI 1,1-2,9) gefunden. Für Astrocytome fand sich auf der ipsilateralen Seite ein signifikant erhöhtes Risiko für die Dauer der Nutzung der drei Telefontypen.

Literatur

- [1] An Evaluation of the Possible Risks From Electric and Magnetic Fields (EMFs) From Power Lines, Internal Wiring, Electrical Occupations and Appliance; California department of health; www.dhs.ca.gov/ehib/emf/RiskEvaluation/riskeval.html
- [2] Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields, VOL. 80 (2002), IARC, Lyon
- [3] Lee, G.M.; Neutra, R.R.; Hristova, L.; Yost, M.; Hiatt, R.A.: A nested case-control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages; *Epidemiology*; 2002 Jan; 13(1); S. 21 - 31.
- [4] Li, D.K.; Odouli, R.; Wi, S.; Janevic, T.; Golditch, I.; Bracken, T.D.; Senior, R.; Rankin, R.; Iriye, R.: A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage; *Epidemiology*; 2002 Jan; 13(1); S. 9 - 20.
- [5] J. Schüz, J. Michaelis; Abschlußbericht der EMF II-Studie; Epidemiologische Studie zur Assoziation von Leukämieerkrankungen bei Kindern und häuslicher Magnetfeldexposition; IMSD-Technischer Bericht Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz; Mainz , Dezember 2000
- [6] Green, L.M.; Miller, A.B.; Agnew, D.A.; Greenberg, M.L.; Li, J.; Villeneuve, P.J.; Tibshirani, R.: Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada; *Cancer Causes Control* 1999 Jun; 10(3); S. 233 - 243.
- [7] Milham, S.; Ossiander, E.M.: Historical evidence that residential electrification caused the emergence of the childhood leukemia peak; *Medical Hypotheses*; 2001 Harcourt Publishers Ltd; doi: 10.1054/mehy.2000.1138, www.idealibrary.com

- [8] Santini, R.; Santini, P.; Danze, J.M.; Le Ruz, P.; Seigne, M.: Study of the health of people living in the vicinity of mobile phone base stations: 1st Influence of distance and sex; *Pathol Biol* 2002; 50; S. 369 - 373.
- [9] Hutter, H-P.; Moshhammer,H.; Kundi, K.: Mobile Telephone Base-Stations: Effects on Health and Wellbeing; Presented at the 2nd Workshop on Biological Effects of EMFs, 7. - 11. Oktober 2002, Rhodos, Greece
- [10] Gómez-Perretta, C.; Navarro, E.A.; Bardasano, J.L.; Segura, J.; Portolés, M.; Maestu, C.: Effects of microwave exposure from cellular phone base stations: La Ñora's study; Presented at the COST 281 Workshop, November 12-13, 2002; London
- [11] 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
- [12] 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