

# Auswirkungen des Mobilfunks auf die Gesundheit – epidemiologische Befunde

Univ.Prof.Dr.Michael Kundi  
Medizinische Universität Wien  
Institut für Umwelthygiene

## Übersicht

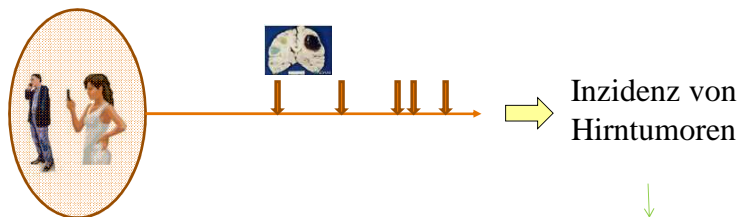
- Studien zu Mobiltelefonen
  - Kohortenstudien
  - Fall-Kontroll Studien
  - Inzidenztrends
- Studien zu Mobilfunk Basisstationen
  - Interventionsstudien
  - Felduntersuchungen
- Zusammenfassung



Studien zu Mobiltelefonen

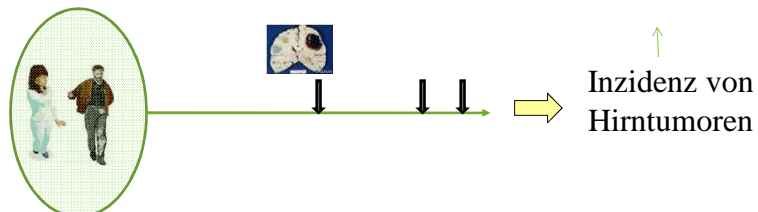
# KOHORTENSTUDIEN

## KOHOORTE VON MOBILTELEFONNUTZERN



↓  
Relatives  
Risiko

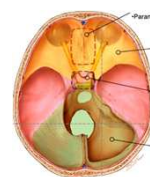
## KOHOORTE VON NICHT-NUTZERN



## Latenzzeit von Hirntumoren

- **Gliome:**
  - 20-30 Jahre im Durchschnitt (Kranzinger et al. 2001; Sadetzki et al. 2005)
- **Meningeome**
  - 20-40 Jahre im Durchschnitt (Umansky et al. 2008)
- **Akustikusneurinome**
  - Verdopplungszeit ~1.7 Jahre -> 25 Jahre Latenzzeit (Mohyuddin et al. 2003; Thomson & Tos 1990)

## Tumoren des Nervensystems



### Neuroepitheliales Gewebe

Astrozytome (11)  
Oligodendrogliome (2)  
Gemischte Gliome (2)  
Ependymale Tumoren (8)  
Choroid plexus (2)  
Neuronale und gemischte (12)  
Embryonale (11)  
Andere (5)

### Peripheres NS

Schwannome (4)  
Neurofibrome  
Perineuromata  
MPNST (5)

### Meningeale Tumoren

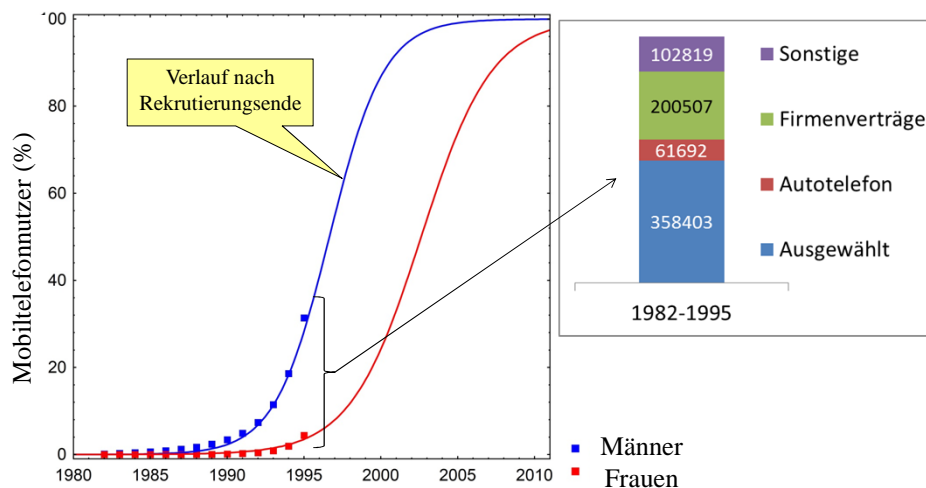
Meningeome (16)  
Mesenchymale (21)

Lymphome &  
Haematopoietische  
Neoplasien (3)  
Keimzelltumoren (8)  
Sella Region (4)

## Kohortenstudien zu Mobilfunk

- 1993 begonnene Untersuchung bei Mobiltelefon- und tragbaren Telefonnutzern (Rothman et al. 1996)
- 1994/95 begonnene Untersuchung bei allen Subskribenten in Dänemark 1982-1995 (Johansen et al. 2001; Schütz et al. 2006, 2011; Frei et al. 2011)
- 1,3 Millionen Frauen im Alter von 50-70 zwischen 1999-2001 zum Brustkrebsscreening eingeladen. 65% haben zwischen 1999 und 2005 Fragebogen zu Mobiltelefonnutzung beantwortet. Nachbeobachtet bis 2009/2011 (Benson et al. 2013a,b)

## Beispiel: Dänische Kohortenstudie



## Beispiel: Dänische Kohortenstudie

Tumour category	Men		Women*	
	Cases	Incidence rate ratio†	Cases	Incidence rate ratio†
<b>Glioma‡</b>				
Non-subscribers	1853	1	1455	1
Subscribers	324	1.08 (0.96 to 1.22)	32	0.98 (0.69 to 1.40)
Years of subscription:				
1-4	85	1.20 (0.96 to 1.51)	8	0.87 (0.43 to 1.75)
5-9	122	1.05 (0.87 to 1.26)	14	1.02 (0.60 to 1.72)
≥10	117	1.04 (0.85 to 1.26)	10	1.04 (0.56 to 1.95)
10-12	80	1.06 (0.85 to 1.34)	NA	—
≥13	37	0.98 (0.70 to 1.36)	NA	—

Darin sind der Großteil aller Handynutzer und ca. die Hälfte aller >10 Jahre Nutzer

Darin sind nahezu alle Handynutzer enthalten

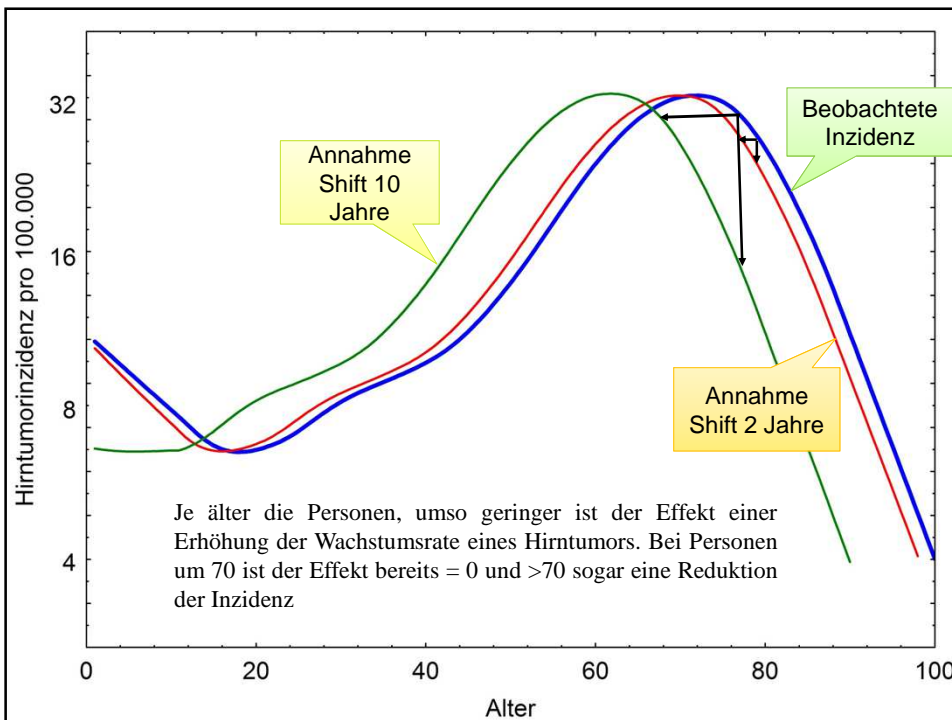
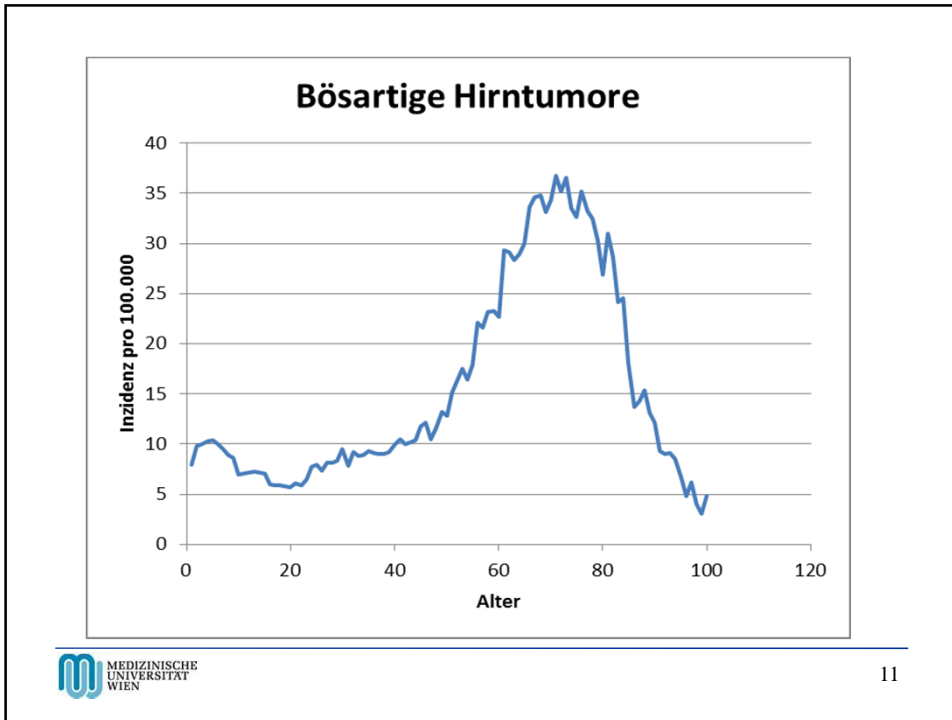
Failure to detect a link between mobile phone use and brain tumours in a large Danish cohort study: but findings may be due to bias

Michael Kundi

10.1136/ebmed-2011-100479

Commentary on: Frei P, Poulsen AH, Johansen C, *et al.* Use of mobile phones and risk of brain tumours: update of Danish cohort study. *BMJ* 2011;343:d6387.

Korrektur des Fehlers liefert für Männer statt einem Inzidenzverhältnis von 0.98 ein solches von 1.68!

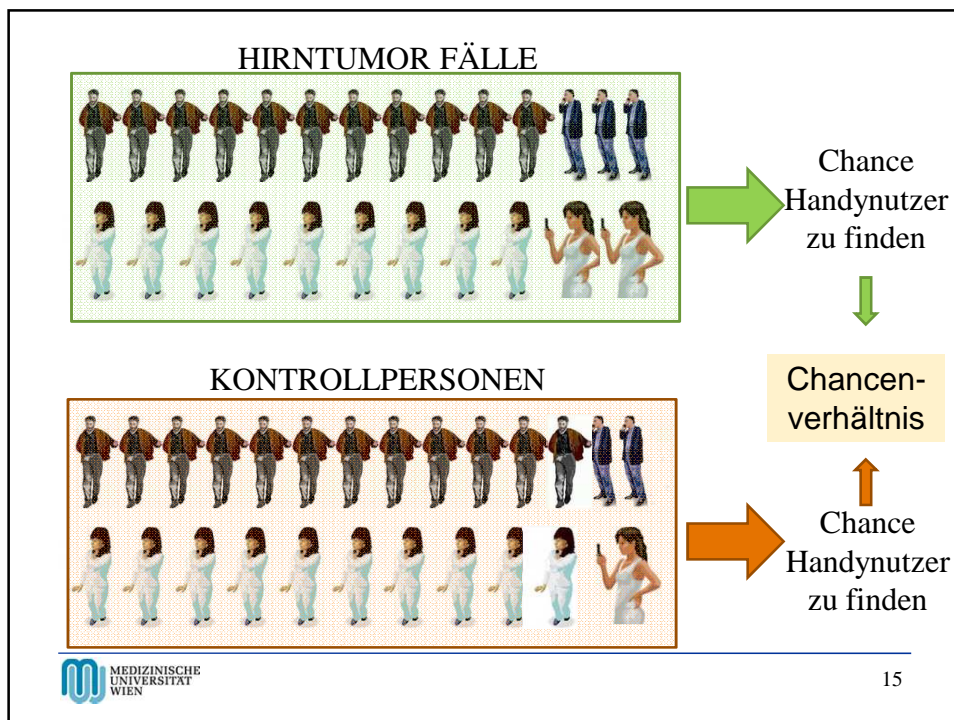


## Zusammenfassung Kohortenstudien

- Keine der Kohortenstudien kann zur Frage eines Zusammenhangs zwischen Mobiltelefonnutzung und dem Tumorrisiko einen relevanten Beitrag leisten
  - die Studie von Rothman et al. wurde nach einem Jahr abgebrochen
  - die dänische Kohortenstudie wurde vom Nutzungstrend eingeholt und hatte methodische Mängel
  - die britische Million Women Study hat das Problem zu kurzer Nutzungsdauer und dass die Studie nur Frauen im Alter von 50-70 Jahren einschloss

Studien zu Mobiltelefonen

## FALL-KONTROLL STUDIEN



## Fall-Kontroll Studien

Studie	Diagnosejahre	Endpunkt(e)
<b>Hardell 1</b>	94-96	Hirntumoren
<b>Muscat 1</b>	94-98	Bösartige Hirntumoren
<b>Inskip</b>	94-98	Bösartige Hirntumoren, Meningeome, Akustikusneurinome
<b>Auvinen</b>	96	Bösartige Hirntumoren, Meningeome
<b>Muscat 2</b>	97-99	Akustikusneurinome
<b>Hardell 2</b>	97-00	Bösartige Hirntumoren, Meningeome, Akustikusneurinome
<b>Han</b>	97-07	Akustikusneurinome
<b>Hardell 3</b>	00-03	Bösartige Hirntumoren, Meningeome, Akustikusneurinome
<b>Interphone</b>	00-04	Bösartige Hirntumoren, Meningeome, Akustikusneurinome
<b>Sato</b>	00-06	Akustikusneurinome
<b>Petterson</b>	02-07	Akustikusneurinome
<b>Cefalo</b>	04-08	Hirntumoren
<b>Cerenat</b>	04-06	Bösartige Hirntumoren, Meningeome
<b>Gousias</b>	05-06	Bösartige Hirntumoren
<b>Corona</b>	06-10	Akustikusneurinome
<b>Hardell 4</b>	07-09	Bösartige Hirntumoren, Meningeome, Akustikusneurinome



## INTERPHONE Studie

- Multinationale epidemiologische Studie zum Zusammenhang zwischen Mobiltelefonnutzung und Tumoren im Kopfbereich
  - Hirntumore
    - Gliome
    - Meningeome
    - Akustikusneurinome
  - Speicheldrüsenkrebs
- Finanziert 50:50 von der EU und der Mobilfunkindustrie
- Größte bisher durchgeführte epidemiologische Untersuchung zu Hirntumoren

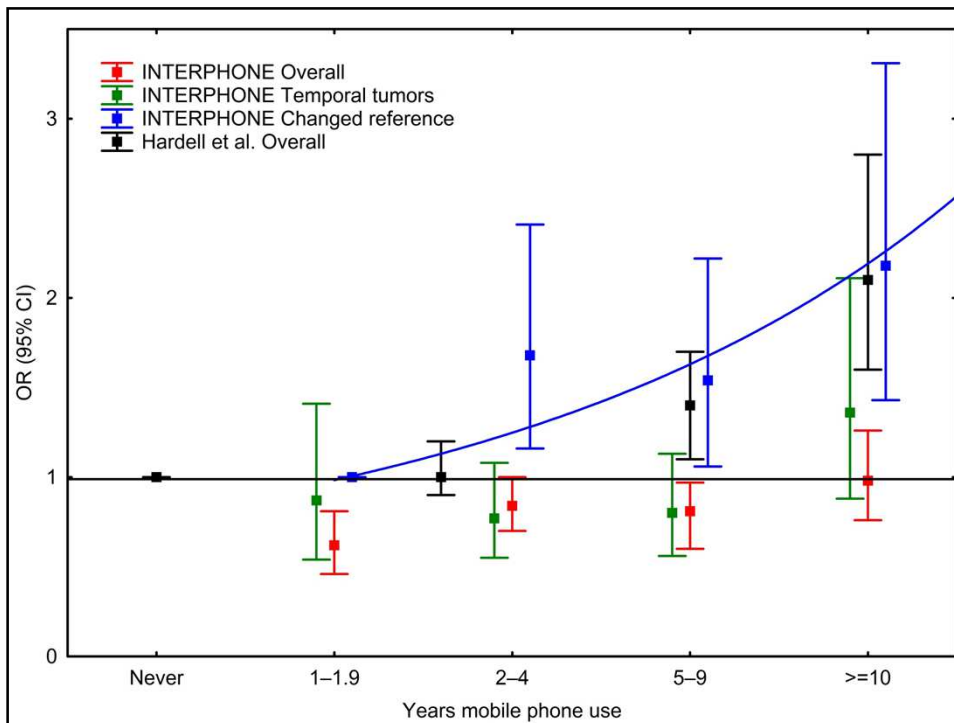
## Hardell-Studien

- Serie von mehreren Fall-Kontrollstudien in verschiedenen Regionen in Schweden
  - Pilotstudie 1994-1996
  - 1. Studie 1997-2000
  - 2. Studie 2001-2003
  - 3. Studie 1997-2003 (verstorbene Fälle/Kontrollen)
  - 4. Studie 2007-2009
- Nach der Interphone-Studie die 2. größte epidemiologische Untersuchung zu Hirntumoren

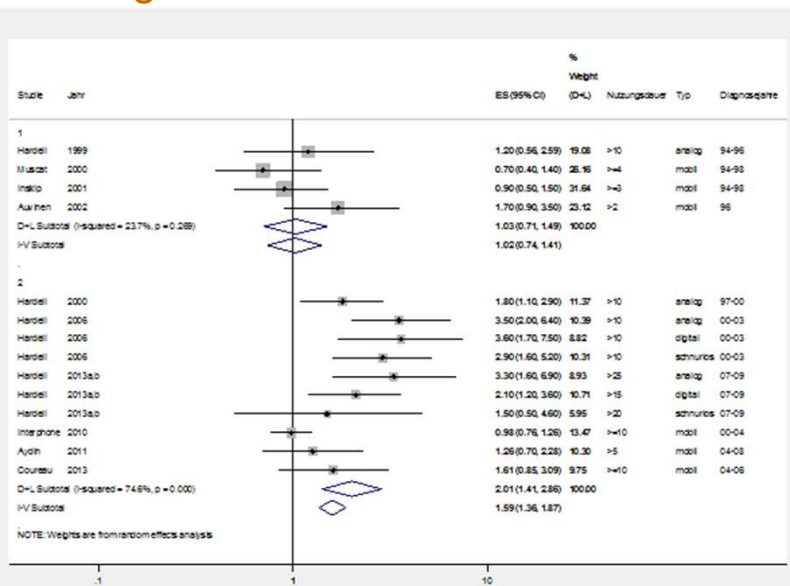
	Interphone	Hardell Gruppe
<b>Gliome</b>	2708	1498
<b>Meningeome</b>	2409	1625
<b>Akustikus- neurinome</b>	1105	316
<b>Kontrollen</b>	7658	3530

## Vergleich Hardell-INTERPHONE Gruppe

	Hardell-Gruppe	Interphone-Gruppe
<b>Definition der Handy-Nutzung</b>	Nutzung ohne Freisprech-einrichtung oder externe Antenne > 1 Jahr vor Diagnose	Mindestens ein Gespräch/Woche über ein halbes Jahr > 1 Jahr vor Diagnose
<b>Definition der Nicht-Exposition</b>	Weder Mobil- noch Schnurlostelefon	Keine Mobiltelefon-Nutzung
<b>Erhebungsmethode</b>	Fragebogen + Telefoninterview	Persönliches Computer-assistiertes Interview
<b>Rekrutierungsdauer</b>	6 Jahre	Durchschnitt: 2,6 Jahre
<b>Altersbereich</b>	20-80 Jahre	30-59 Jahre (manche 20-69)
<b>Teilnahmerate</b>		
<b>bösartige Hirntum.</b>	64%	65%
<b>Kontrollen</b>	90%	53%



## Bösartige Hirntumoren



## Zusammenfassung Fall-Kontroll Studien

Die INTERPHONE Studie ist zwar die größte bisher durchgeführte epidemiologische Untersuchung zu Tumoren im Kopfbereich, sie weist aber einige methodische Mängel auf, die bei einem Vergleich mit den Ergebnissen der Hardell Gruppe deutlich zu Tage treten.

Die Evidenz aus epidemiologischen Studien weist derzeit auf eine erhöhtes Risiko der Mobiltelefonnutzung für Hirntumore hin, wobei eine kausale Interpretation zulässig ist.

Wegen der noch immer kurzen Nutzungsdauer (im Vergleich zur Entwicklungsdauer der Krankheit) kann das Risiko in seiner Höhe noch nicht beziffert werden.

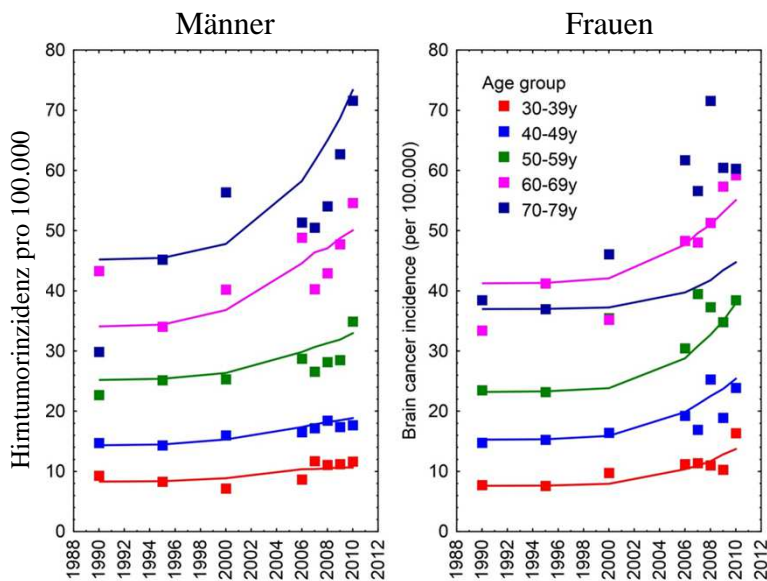
Studien zu Mobiltelefonen

## INZIDENZTRENDS

## Trenduntersuchungen

- Deltour et al. (2012): Dänemark, Finnland, Norwegen und Schweden 1979 -2008:
  - +0,4 % [+0,1 - 0,6 %] Männer und +0,3 % [+0,1 - 0,5 %] Frauen
  - keine Trendänderung in der Beobachtungszeit
- Little et al. (2012): 12 Regionen in den USA 1992-2008
  - hochgradige Gliome: +0,64 % [+0,33-0,95 %]
  - niedriggradige Gliome: -3,02 % [-3,49 bis -2,54 %].
  - Hirntumoren im Temporallappen: +0,73 % [+0,23-1,23 %]
- Dobes et al. (2011a,b): Australien 2000-2008:
  - bösartige Hirntumoren: +3,9 % [+2,4-5,4 %].
- de Vocht et al. (2011a,b): England 1979-2010
  - Anstieg bei Hirntumoren im Temporallappen
  - besonders ausgeprägt seit 2000

## Inzidenz-Trend Dänemark



## Zusammenfassung Inzidenztrends

- Deskriptiv epidemiologische Studien zu Hirntumorinzidenz zeigen überwiegend ansteigende Trends
  - für bösartige Hirntumore (besonders WHO Grad III-IV)
  - Tumoren im Temporallappen
- Es gibt jedoch Probleme in zahlreichen der Register wegen
  - lang zurückhängenden Hirnturmeldungen
  - überhaupt fehlender Meldungen
  - Klassifikationsproblemen
- Die beobachteten Inzidenztrends sind mit einem erhöhten Hirntumorrisiko durch Mobiltelefonnutzung kompatibel

## Zusammenfassung Epidemiologie der Mobiltelefonnutzung

Die analytisch epidemiologischen Studien geben klare Hinweise auf ein mit der Mobiltelefonnutzung verbundenes **erhöhtes Risiko für bösartige Hirntumore**. Ebenso zeigt sich ein erhöhtes Risiko für Akusikusneurinome. Die Beobachtungsdauer für einen Zusammenhang mit Meningeomen ist noch zu kurz, um eine Aussage zu treffen. Die bisherige Beobachtung zu Inzidenztrends steht mit einem Effekt der Mobiltelefonnutzung bzgl. Hirntumoren im Einklang mit den Ergebnissen der analytischen Epidemiologie. Wegen der noch zu kurzen Beobachtungsdauer kann die Höhe des Risikos nicht quantifiziert werden.

Studien zu Basisstationen

# INTERVENTIONSSTUDIEN

## Typische Expositionssituation



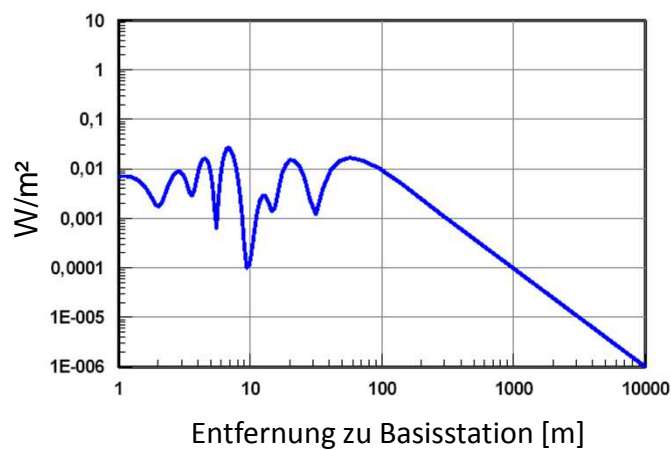
Haus 1



Haus 2

ECOLOG

## Mobilfunk-Basisstationen Exposition



Nach Matthes (2004)

## Studienübersicht

Studie	Untersuchte Gruppe(n)	Intensität/ Entfernung	Effekt
Heinrich et al. 2007	Erwachsene Arbeitnehmer	0.03 mW/m <sup>2</sup> Durchschnitt 0.75 mW/m <sup>2</sup> max	Tendenziell mehr Symptome
Leitgeb et al. 2008	Elektrosensitive	unbekannt	kein Effekt
Augner et al. 2009	Erwachsene	0.15-2.1 mW/m <sup>2</sup>	ruhiger
Danker-Hopfe et al. 2010	Erwachsene	50-500 m	kein Effekt



## Ergebnisse der Interventionsstudien

- Heinrich et al. fanden tendenziell mehr Symptome bei den Arbeitnehmern an Tagen, an denen die Basisstation aktiv war
  - Problem: tatsächliche Exposition wurde nicht berücksichtigt
- Leitgeb et al. schirmten mit Vorhängen die Bettstelle vor den Einwirkungen der Basisstation ab, wobei Pseudo- und echte Abschirmtextilien zufällig wechselten
  - Problem: schon kleine Lücken im Vorhang machen die Schirmwirkung zunichte, eine Messung wurde nicht vorgenommen
- Augner et al. verwendeten ebenfalls abschirmende Vorhänge, aber bei kurzfristiger Exposition im Cross-over
  - Problem: Nachwirkungen vorangegangener Exposition kann nicht ausgeschlossen werden
- Danker-Hopfe et al. untersuchten Schlaf bei Anrainern 50-500 m von zufällig an- und abgeschalteter Basisstation
  - Problem: tatsächliche Exposition nicht berücksichtigt

Studien zu Basistationen

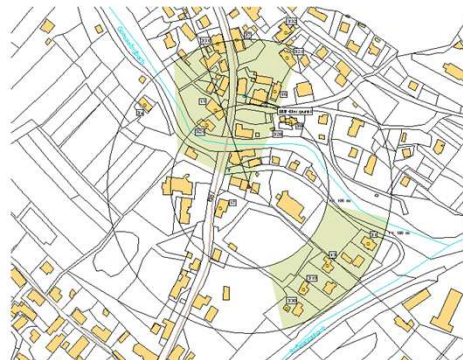
## FELDUNTERSUCHUNGEN

## Studienübersicht

Studie	Typ	Untersuchte Gruppe(n)	Intensität/ Entfernung	Effekt
Santini et al. 2002, 2003	Querschnitt	Erwachsene	<300 m (Selbsteinsch.)	Reduziertes Wohlbefinden
Navarro et al. 2003	Querschnitt	Erwachsene	1.1 mW/m <sup>2</sup> Durchschn.	Reduziertes Wohlbefinden
Hutter et al. 2006	Querschnitt	Erwachsene	>0.5 mW/m <sup>2</sup>	Kopfschmerz, vegetative Symptome, Konzentrationsstörung
Abdel-Rassoul et al. 2007	Querschnitt	Erwachsene Arbeitnehmer	< 1 mW/m <sup>2</sup> (im und gegenüberliegendes Gebäude mit BS)	Kopfschmerz, Schlafprobleme, Konzentrationsstörung, neurologische Symptome
Blettner et al. 2008	Querschnitt	Erwachsene	<500 m	Höherer Symptomscore
Thomas et al. 2008	Querschnitt	Erwachsene	~0.05-0.4 mW/m <sup>2</sup>	Kopfschmerz, Konzentrationsstrg. (nicht sign.)
Berg-Beckhoff et al. 2009	Querschnitt	Erwachsene	≥0.03 mW/m <sup>2</sup>	kein Effekt
Heinrich et al. 2010	Querschnitt	Kinder & Jugendliche	~0.03-0.2 mW/m <sup>2</sup>	Kopfschmerz, Reizbarkeit, Konzentrationsstrg.
Rösli et al. 2010	Querschnitt und 1 Jahr follow-up	Erwachsene	>0.05 mW/m <sup>2</sup>	kein Effekt
Thomas et al. 2010	Querschnitt	Kinder & Jugendliche	~0.03-0.5 mW/m <sup>2</sup>	Verhaltensprobleme
Mohler et al. 2010	Querschnitt und 1 Jahr follow-up	Erwachsene	>0.05 mW/m <sup>2</sup>	Schlafstörungen (nicht sign.)
Baliatsas et al. 2011	Querschnitt	Erwachsene	Durchschn. 347 m	kein Effekt
Heinrich et al. 2011	Querschnitt	Kinder & Jugendliche	~0.03-0.5 mW/m <sup>2</sup>	kein Effekt
Bortkiewicz et al. 2012	Querschnitt	Erwachsene	101-150 m	Kopfschmerz
Eskander et al. 2012	6 Jahre follow-up	Erwachsene	<500 m	Hormonprofil
Frei et al. 2012	Querschnitt und 1 Jahr follow-up	Erwachsene	>0.05 mW/m <sup>2</sup>	kein Effekt
Mohler et al. 2012	Querschnitt	Erwachsene	>0.05 mW/m <sup>2</sup>	kein Effekt
Shahbazi-Gahroue et al. 2014	Querschnitt	Erwachsene	10 - 300 m	Kopfschmerz, Übelkeit, Libidoverlust

## Hutter et al. 2006

- Österreich (Wien, Kärnten)
- 336 Personen
- Selektion zufällig nach geschätzter Exposition
- Exposition: Frequenzselektive Messung im Schlafräum
- Endpunkte: v.Zerssen Symptomliste, Pittsburgh sleep questionnaire, kognitive Leistung



**Table 4** Relative risk estimates of subjective symptoms of primary interest for categories of exposure to microwaves from base stations in the bedroom against lowest exposure category

Symptom	Exposure category (mW/m <sup>2</sup> )	% with symptom	Relative risk*	95% CI	p value
Headaches	<0.1†	61	1.00		0.017
	0.1-0.5	66	1.36	0.62-2.99	
	>0.5	79	3.06	1.22-7.67	
Vertigo	<0.1†	17	1.00		0.306
	0.1-0.5	27	1.27	0.50-3.22	
	>0.5	32	1.54	0.68-3.50	
Palpitations	<0.1†	26	1.00		0.444
	0.1-0.5	32	1.06	0.45-2.47	
	>0.5	38	1.37	0.61-3.11	
Tremor	<0.1†	12	1.00		0.062
	0.1-0.5	9	0.68	0.19-2.41	
	>0.5	26	2.37	0.96-5.87	
Hot flashes	<0.1†	32	1.00		0.739
	0.1-0.5	26	0.90	0.39-2.09	
	>0.5	26	0.87	0.37-2.01	
Sweating	<0.1†	34	1.00		0.455
	0.1-0.5	38	1.05	0.47-2.32	
	>0.5	40	1.35	0.61-2.97	
Cold hands or feet	<0.1†	40	1.00		0.019
	0.1-0.5	46	1.03	0.40-2.63	
	>0.5	62	2.57	1.16-5.67	
Loss of appetite	<0.1†	13	1.00		0.069
	0.1-0.5	17	1.23	0.42-3.57	
	>0.5	24	2.40	0.93-6.18	
Loss of energy	<0.1†	63	1.00		0.886
	0.1-0.5	63	1.32	0.61-2.84	
	>0.5	58	1.06	0.49-2.27	
Exhaustion	<0.1†	44	1.00		0.098
	0.1-0.5	41	0.77	0.30-2.02	
	>0.5	51	2.07	0.87-4.89	
Tiredness	<0.1†	64	1.00		0.258
	0.1-0.5	89	1.97	0.66-6.10	
	>0.5	88	1.92	0.62-5.96	
Difficulties to concentrate	<0.1†	60	1.00		0.035
	0.1-0.5	64	1.32	0.61-2.84	
	>0.5	76	2.55	1.07-6.08	
Feeling strained	<0.1†	44	1.00		0.450
	0.1-0.5	51	1.67	0.76-3.65	
	>0.5	40	0.74	0.33-1.63	
Urge for sleep	<0.1†	47	1.00		0.630
	0.1-0.5	54	1.21	0.56-2.61	
	>0.5	51	1.17	0.53-2.54	

p values for exposure factor are shown.

\*Adjusted for age, sex, region, regular use of mobile telephone, and fear of adverse effects of the base station.

†Reference category.

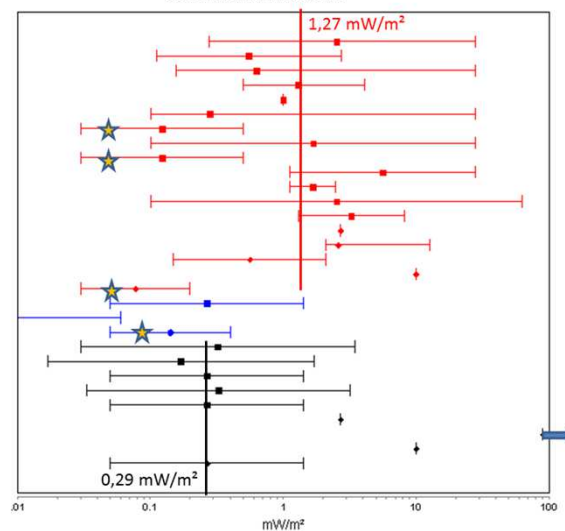
Erhöhtes Risiko:  
Kopfschmerzen  
Konzentrations-  
probleme  
Kalte Hände/Füße

37

## Zusammenfassung

### Basisstationsstudien

Santini et al. 2002, 2003  
 Navarro et al. 2003  
 Eger et al. 2004  
 Hütter et al. 2006  
 Abdel-Rassoul et al. 2007  
 Blettner et al. 2008  
 Thomas et al. 2010  
 Döde et al. 2011  
 Heinrich et al. 2011  
 Atzmon et al. 2012  
 Bortkiewicz et al. 2012  
 Eskander et al. 2012  
 Li et al. 2012  
 Zwamborn et al. 2003  
 Riddervold et al. 2008  
 Augner et al. 2009  
 Eltbi et al. 2007, 2009  
 Heinrich et al. 2010  
 Mohler et al. 2010  
 Heinrich et al. 2007  
 Thomas et al. 2008  
 Berg-Beckhoff et al. 2009  
 Elliott et al. 2010  
 Rössli et al. 2010  
 Ballatsas et al. 2011  
 Frei et al. 2012  
 Regel et al. 2006  
 Furubayashi et al. 2009  
 Wallace et al. 2010, 2012  
 Mohler et al. 2012



## Zusammenfassung Basisstationsstudien

Interventionsstudien sind wenig aussagekräftig.

Feldstudien haben teilweise methodische Probleme

- möglicher Selektionsbias
- Selbsteinschätzung der Exposition
- mögliche Verzerrung durch Befürchtungen

Zieht man die gesamte Evidenz heran, dann ergibt sich ein klarer Intensitätsunterschied zwischen Studien, die einen Effekt ermittelt haben und solchen, bei denen das nicht der Fall ist:

- Durchschnitt Studien mit Effekt: **1,27 mW/m<sup>2</sup> (0,7 V/m)**
- Durchschnitt kein Effekt: **0,29 mW/m<sup>2</sup> (0,3 V/m)**

Die Folgerung daraus: Einflüsse auf das Wohlbefinden können ab ca. 1 mW/m<sup>2</sup> (0,6 V/m) auftreten.