

Auswirkungen des Mobilfunks auf die Gesundheit – epidemiologische Befunde

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

Übersicht

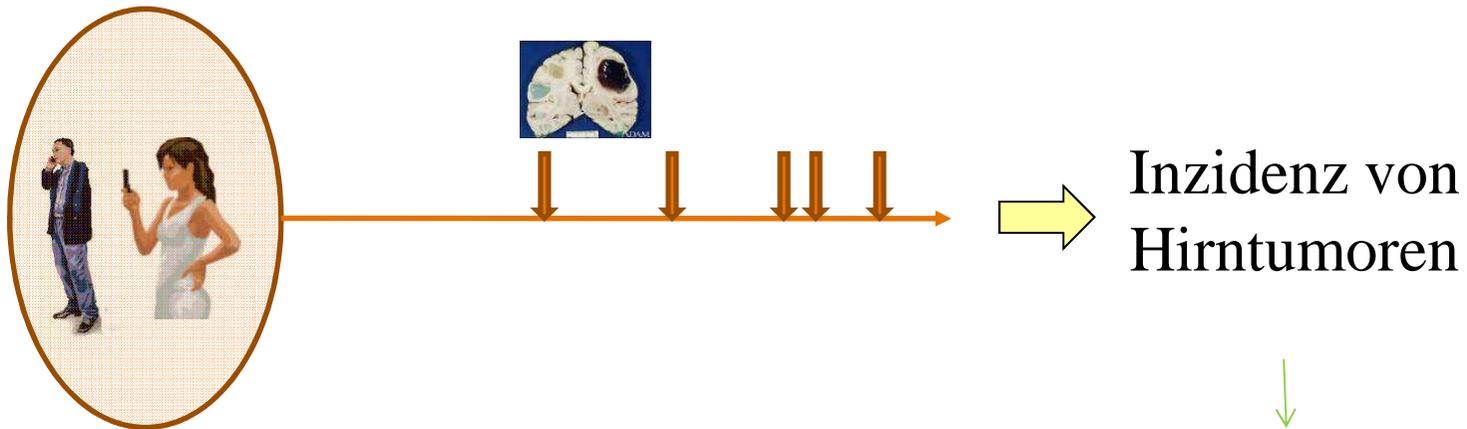
- Studien zu Mobiltelefonen
 - Kohortenstudien
 - Fall-Kontroll Studien
 - Inzidenztrends
- Studien zu Mobilfunk Basisstationen
 - Interventionsstudien
 - Felduntersuchungen
- Zusammenfassung



Studien zu Mobiltelefonen

KOHORTENSTUDIEN

KOHORTE VON MOBILTELEFONNUTZERN

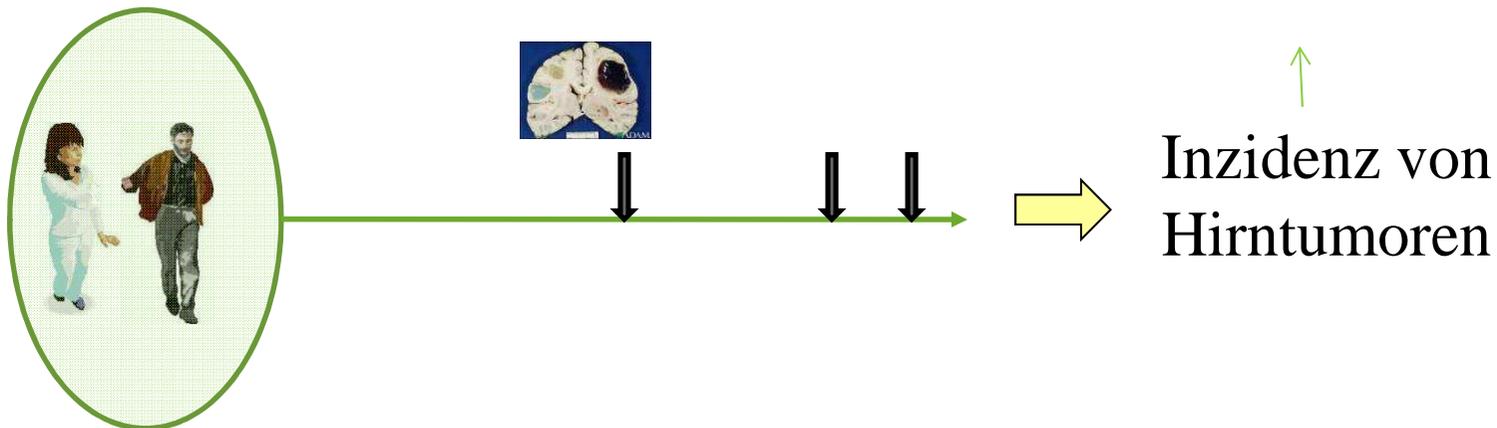


Inzidenz von
Hirntumoren



Relatives
Risiko

KOHORTE VON NICHT-NUTZERN



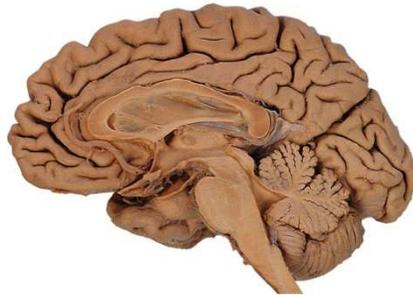
Inzidenz von
Hirntumoren



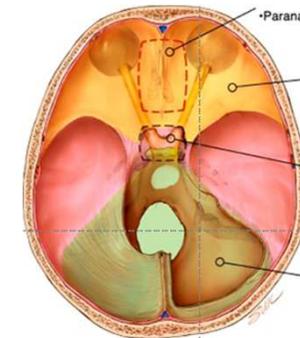
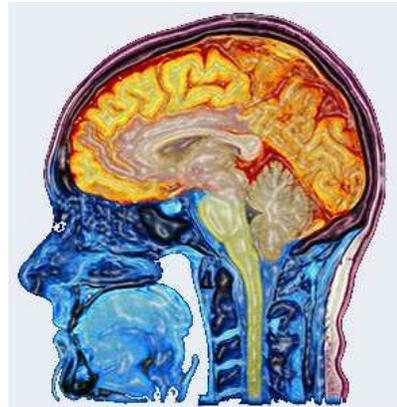
Latenzzeit von Hirntumoren

- 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



Copyright © 2002 by Mosby, Inc.



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

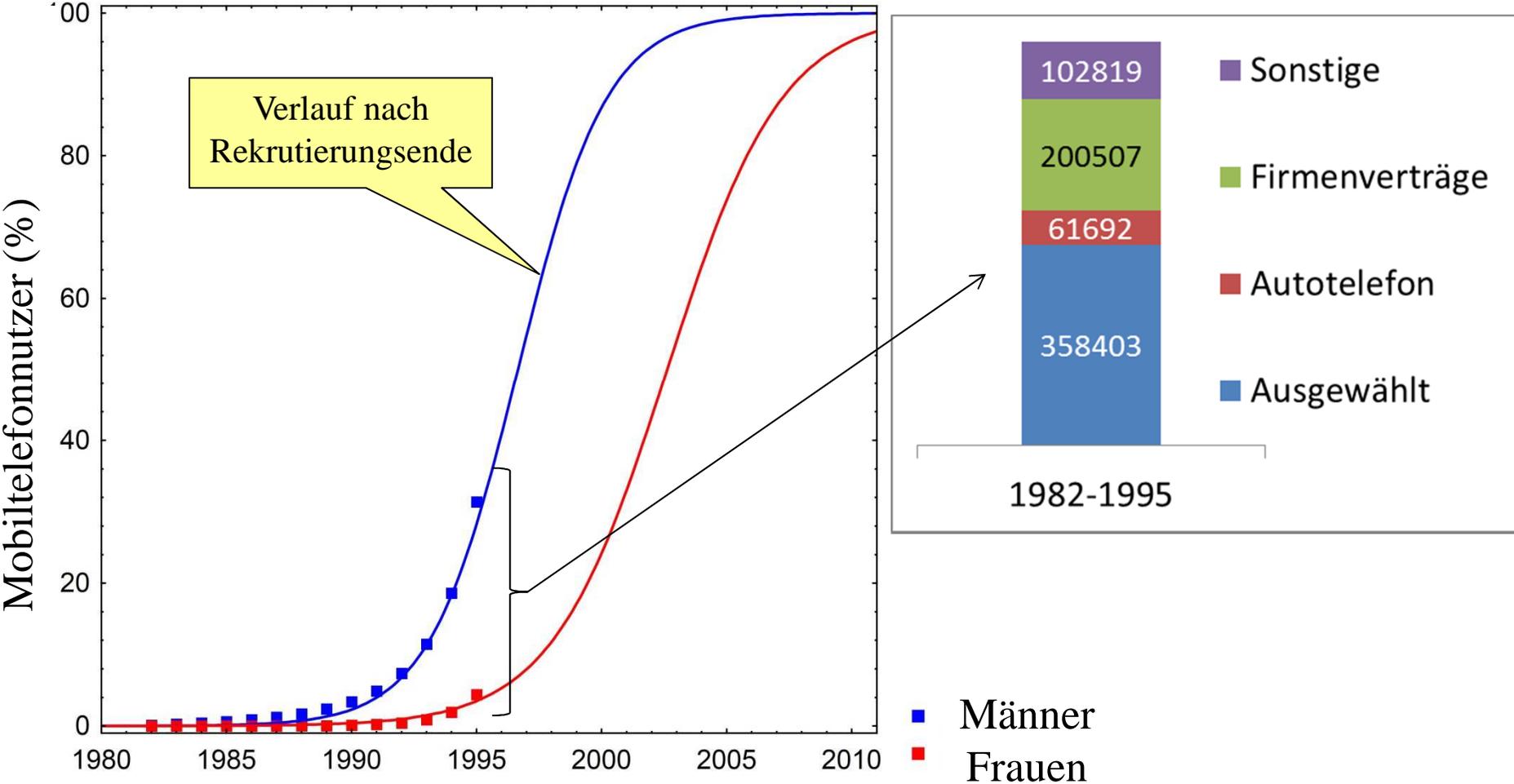
Meningeome (16)
Mesenchymale (21)

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†
Glioma‡				
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 1.50)	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

Cohort study

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

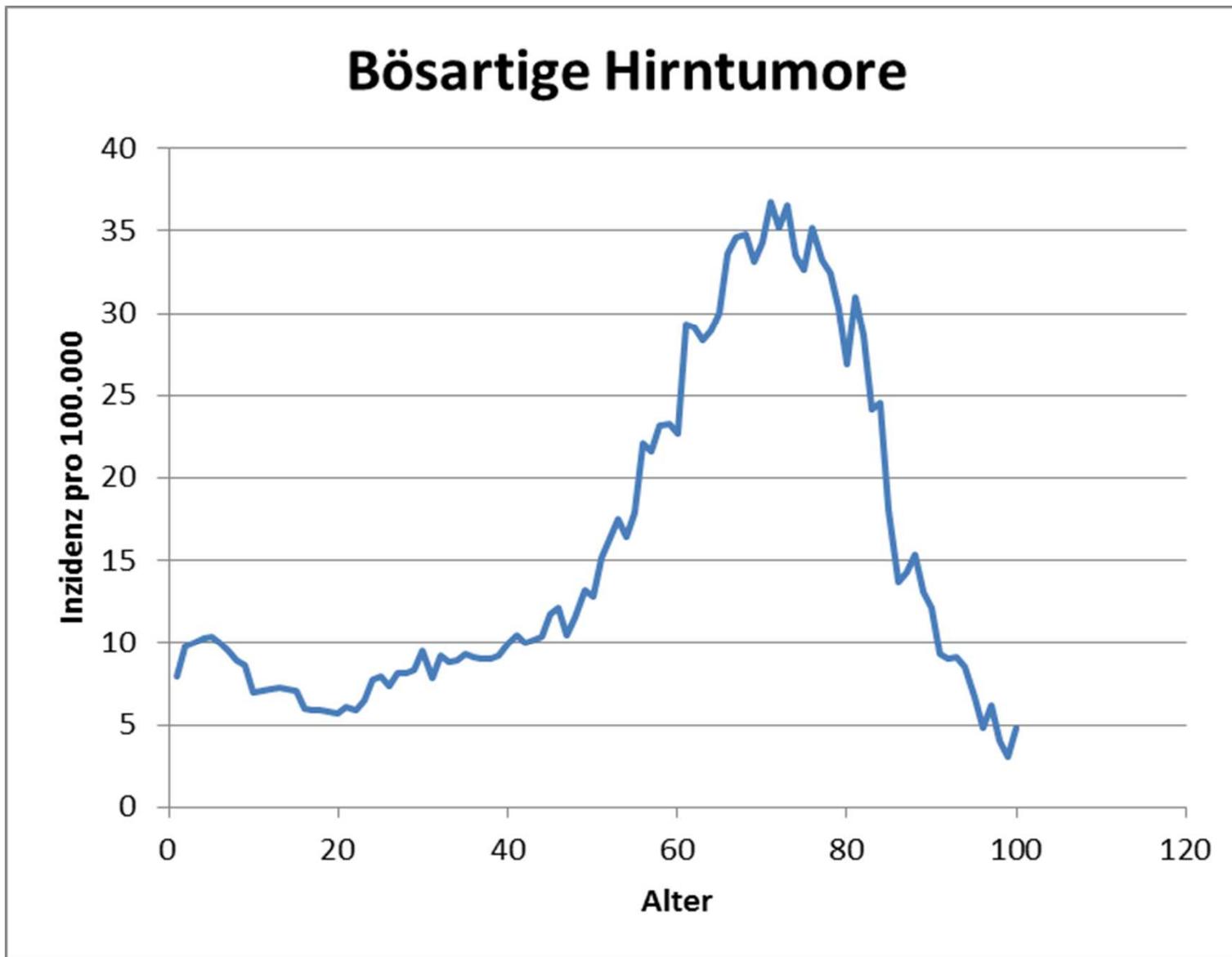
Michael Kundi

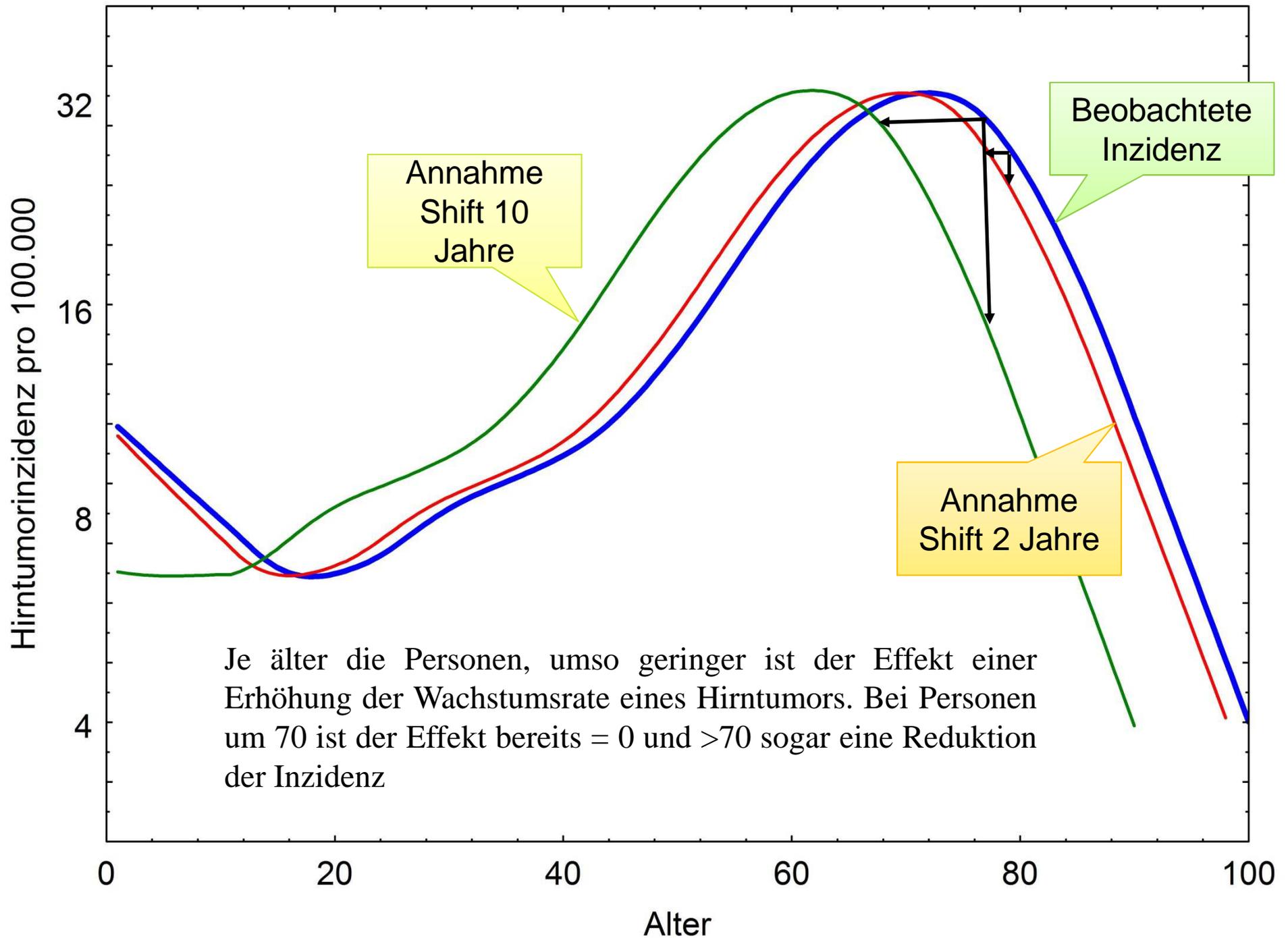
[10.1136/ebmed-2011-100479](#)

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!

Bösartige Hirntumore





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

HIRNTUMOR FÄLLE

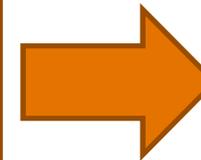


Chance
Handynutzer
zu finden



Chancen-
verhältnis

KONTROLLPERSONEN



Chance
Handynutzer
zu finden



Fall-Kontroll Studien

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

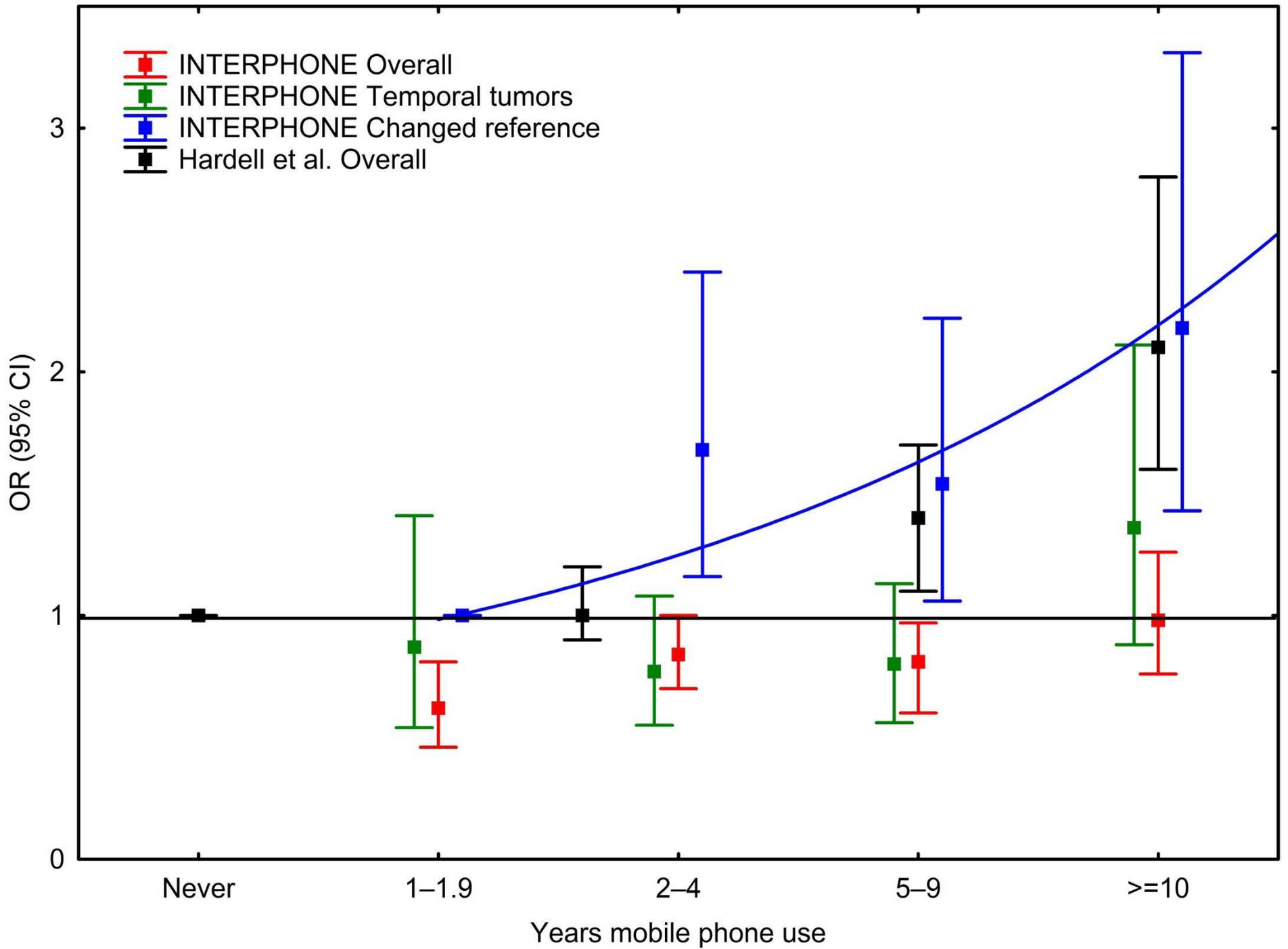
Hardell-Studien

- 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

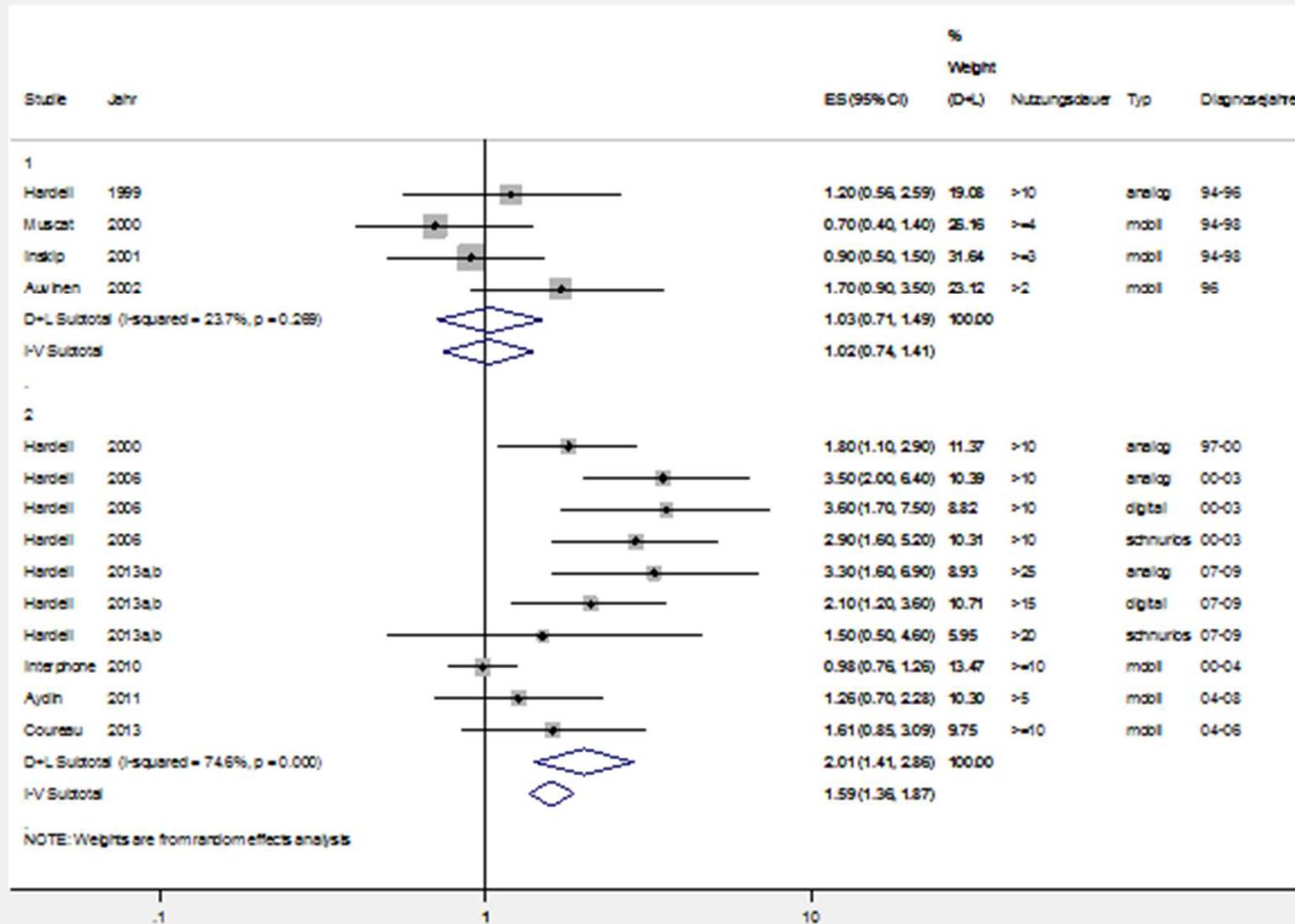
	Interphone	Hardell Gruppe
Gliome	2708	1498
Meningeome	2409	1625
Akustikus- neurinome	1105	316
Kontrollen	7658	3530

Vergleich Hardell-INTERPHONE Gruppe

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

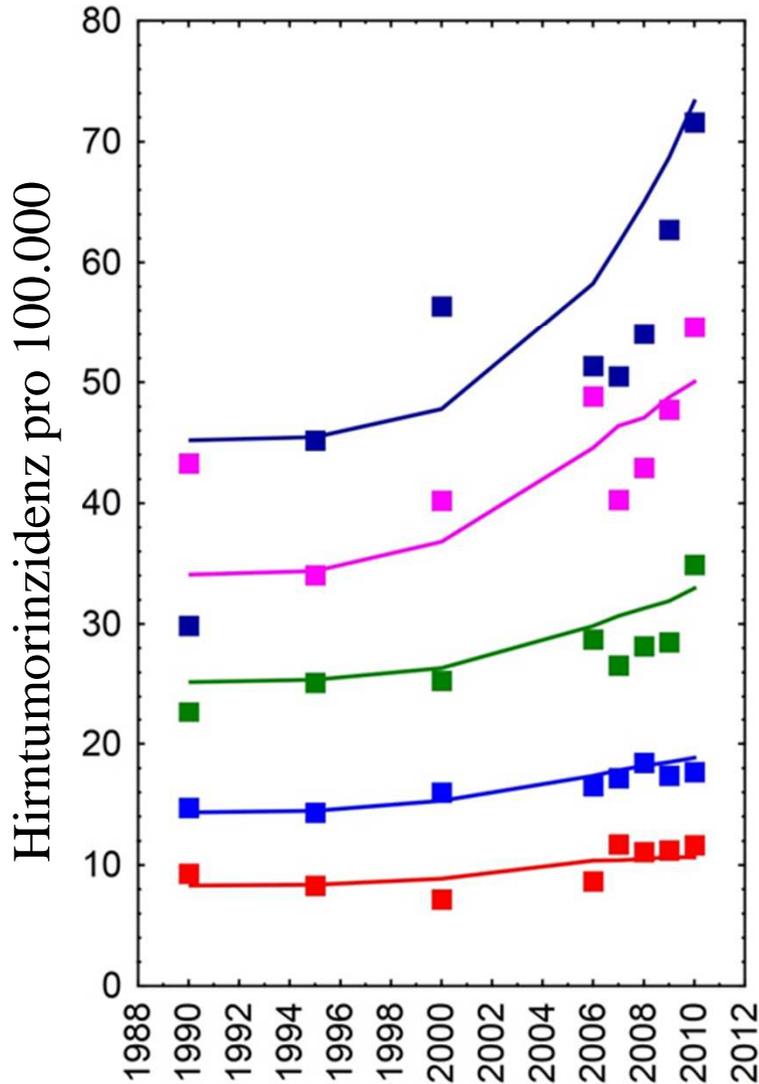
INZIDENZTRENDS

Trenduntersuchungen

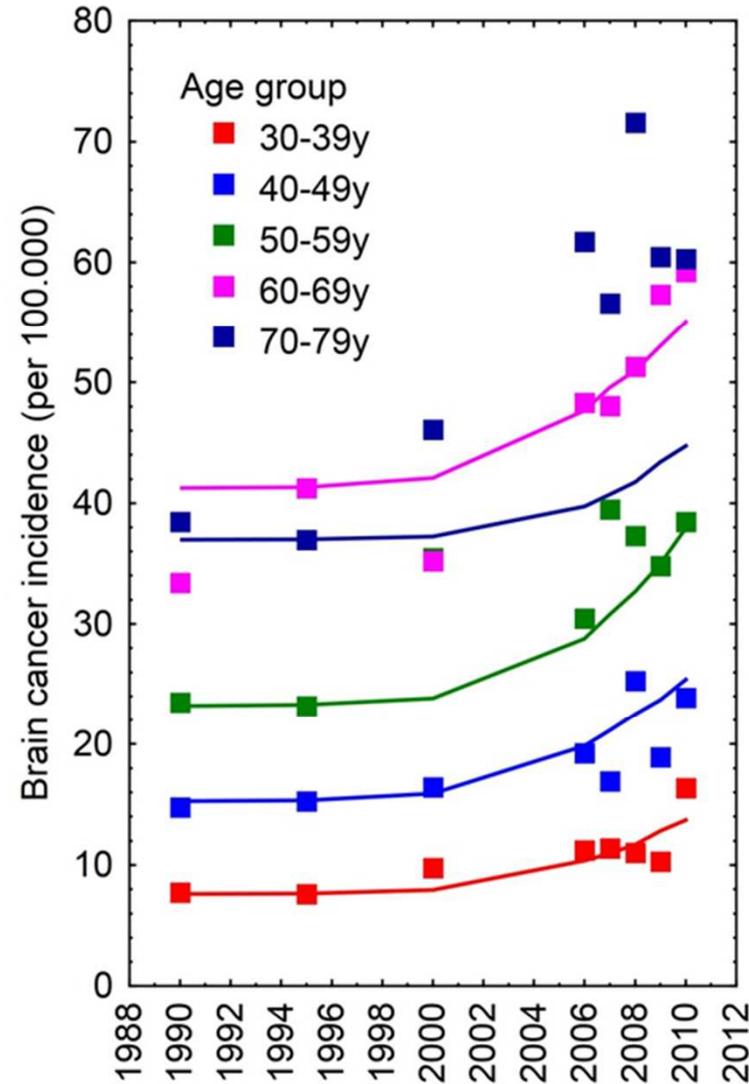
- Deltour et al. (2012): Dänemark, Finnland, Norwegen und Schweden 1979 -2008:
 - +0,4 % [+0,1 - 0,6 %] Männer und +0,3 % [+0,1 - 0,5 %] Frauen
 - keine Trendänderung in der Beobachtungszeit
- Little et al. (2012): 12 Regionen in den USA 1992-2008
 - hochgradige Gliome: +0,64 % [+0,33-0,95 %]
 - niedriggradige 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

Männer



Frauen



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 Hirntumormeldungen
 - überhaupt fehlender Meldungen
 - Klassifikationsproblemen
- Die beobachteten Inzidenztrends sind mit einem erhöhten Hirntumorrisiko durch Mobiltelefonnutzung kompatibel

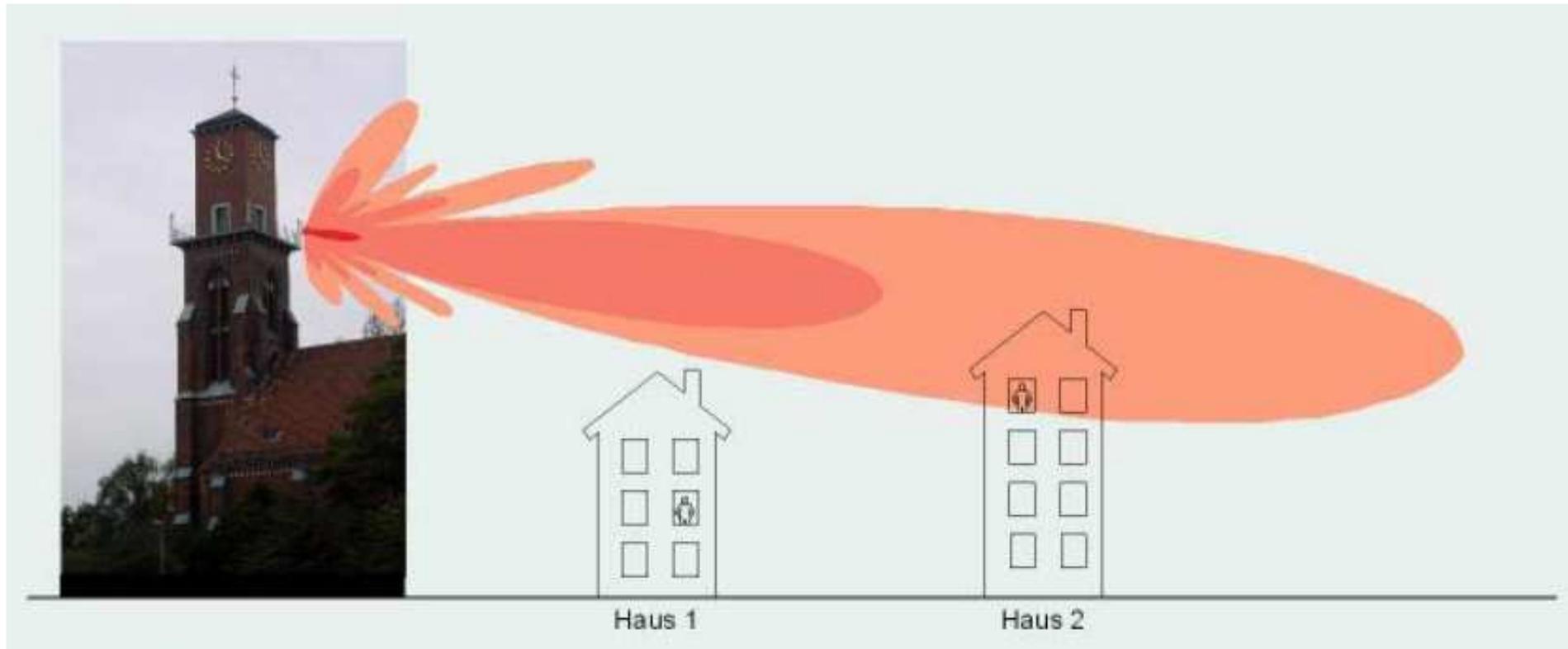
Zusammenfassung Epidemiologie der Mobiltelefonnutzung

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

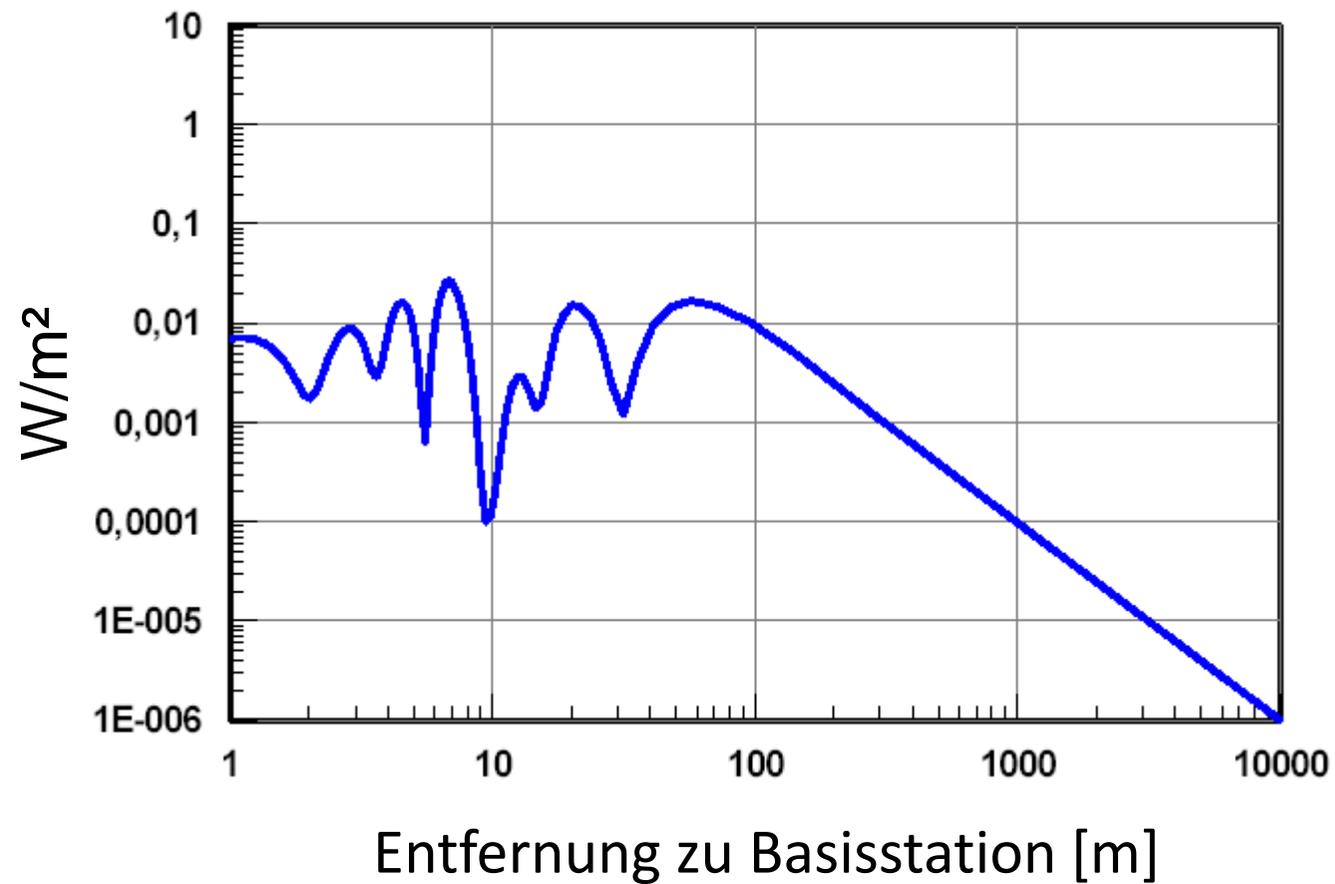
INTERVENTIONSSTUDIEN

Typische Expositionssituation



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 ² Durchschnitt 0.75 mW/m ² max	Tendenziell mehr Symptome
Leitgeb et al. 2008	Elektrosensitive	unbekannt	kein Effekt
Augner et al. 2009	Erwachsene	0.15-2.1 mW/m ²	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 ² Durchschn.	Reduziertes Wohlbefinden
Hutter et al. 2006	Querschnitt	Erwachsene	>0.5 mW/m ²	Kopfschmerz, vegetative Symptome, Konzentrationsstörung
Abdel-Rassoul et al. 2007	Querschnitt	Erwachsene Arbeitnehmer	< 1 mW/m ² (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 ²	Kopfschmerz, Konzentrationsstrg. (nicht sign.)
Berg-Beckhoff et al. 2009	Querschnitt	Erwachsene	≥0.03 mW/m ²	kein Effekt
Heinrich et al. 2010	Querschnitt	Kinder & Jugendliche	~0.03-0.2 mW/m ²	Kopfschmerz, Reizbarkeit, Konzentrationsstrg.
Rösli et al. 2010	Querschnitt und 1 Jahr follow-up	Erwachsene	>0.05 mW/m ²	kein Effekt
Thomas et al. 2010	Querschnitt	Kinder & Jugendliche	~0.03-0.5 mW/m ²	Verhaltensprobleme
Mohler et al. 2010	Querschnitt und 1 Jahr follow-up	Erwachsene	>0.05 mW/m ²	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 ²	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 ²	kein Effekt
Mohler et al. 2012	Querschnitt	Erwachsene	>0.05 mW/m ²	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

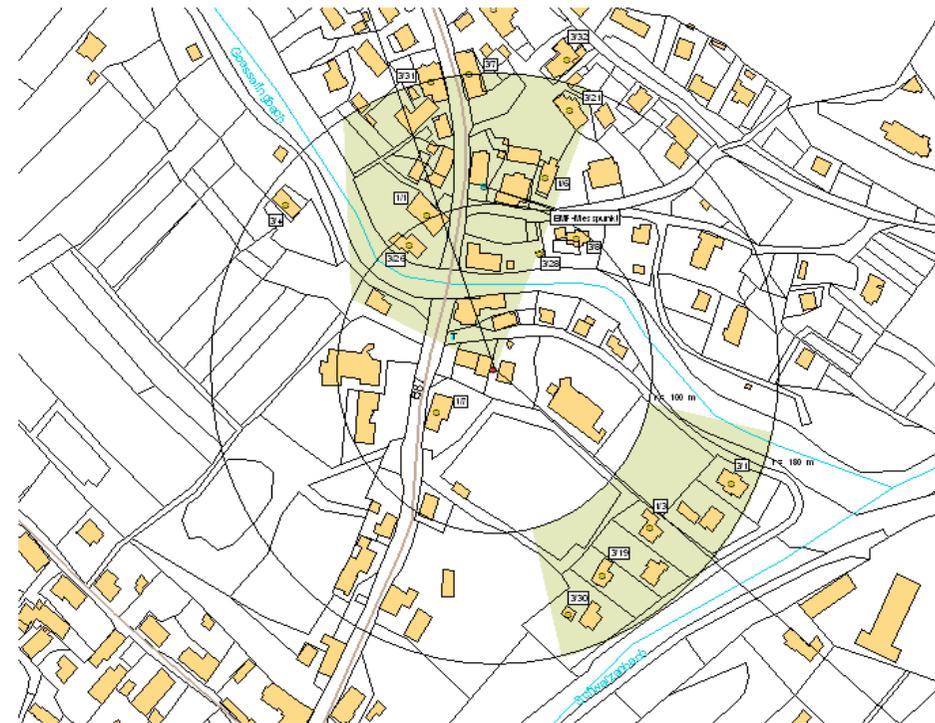


Table 4 Relative risk estimates of subjective symptoms of primary interest for categories of exposure to microwaves from base stations in the bedroom against lowest exposure category

Symptom	Exposure category (mW/m ²)	% 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	0.68–3.90	
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 flushes	≤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	0.64–6.10	
	>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	0.61–2.86	
	>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.

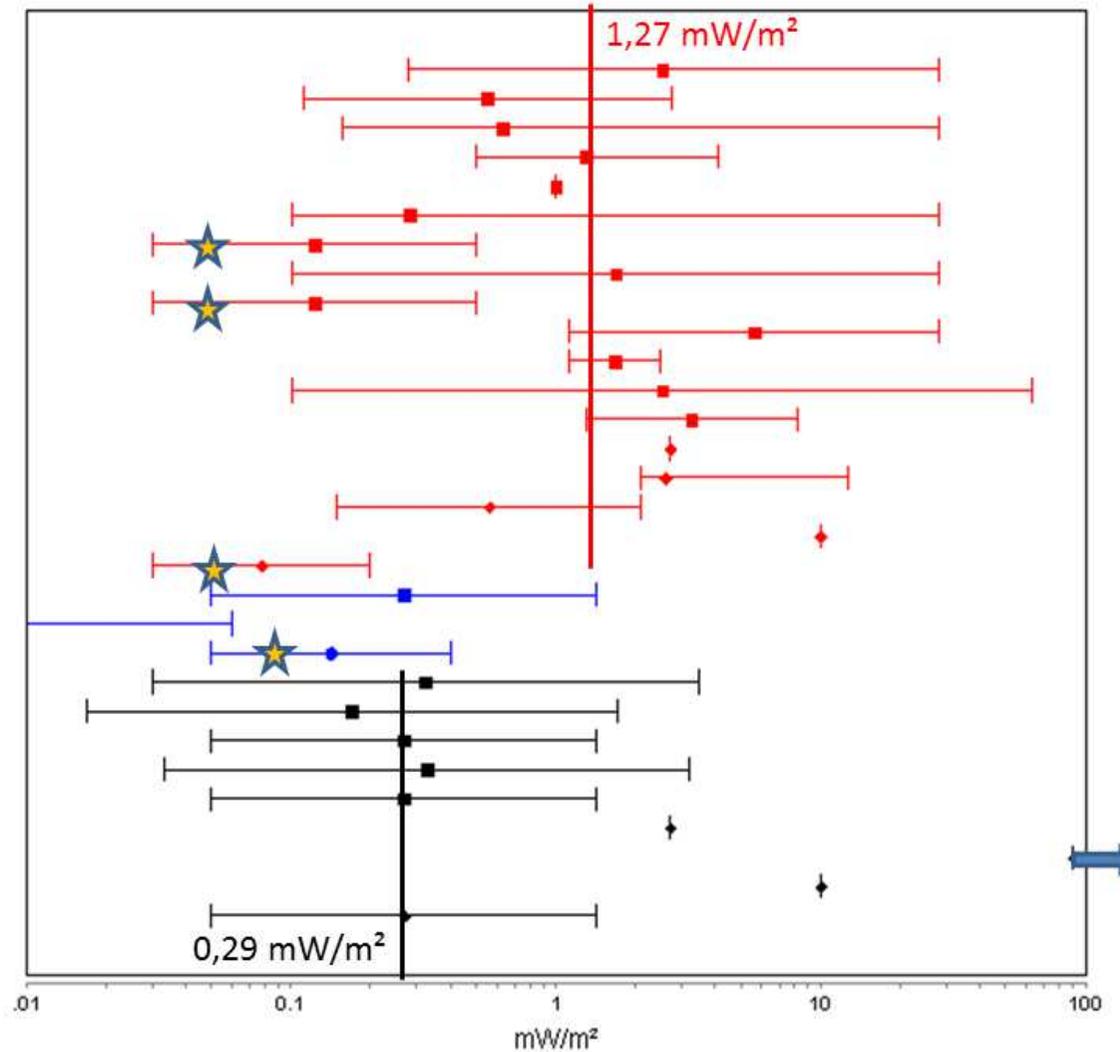
†Reference category.

Erhöhtes Risiko:
Kopfschmerzen
Konzentrations-
probleme
Kalte Hände/Füße

Zusammenfassung

Basisstationsstudien

- Santini et al. 2002, 2003
- Navarro et al. 2003
- Eger et al. 2004
- Hutter et al. 2006
- Abdel-Rassoul et al. 2007
- Blettner et al. 2008
- Thomas et al. 2010
- Dode 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
- Eltiti 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
- Röösli et al. 2010
- Baliatsas 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/m² (0,7 V/m)**
- Durchschnitt kein Effekt: **0,29 mW/m² (0,3 V/m)**

Die Folgerung daraus: Einflüsse auf das Wohlbefinden können ab ca. 1 mW/m² (0,6 V/m) auftreten.