

Akute Effekte von Hochfrequenzstrahlung Stand des Wissens

Peter Achermann

*Institut für Pharmakologie und Toxikologie
Zürcher Zentrum für integrative Humanphysiologie
Zentrum für Neurowissenschaften Zürich
Universität Zürich*



- Akute Effekte von hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung (HF EMF)
- Humanstudien im Labor – Provokationsstudien



Ziele von Humanstudien im Labor

- Klären, ob EMF eine biologische Wirkung haben (Intensitäten unterhalb Grenzwerte)
- Klären, ob EMF den Menschen messbar beeinflussen (Hirnphysiologie, Wohlbefinden)
- Allfällige Wirkungsmechanismen etablieren
- (Abschätzung allfälliger Gesundheitsrisiken)

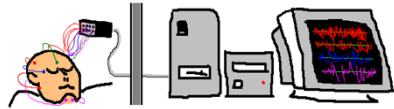


Überblick

- HF EMF und Gehirn
 - Gegenwärtiger Stand des Wissens
 - Wach-EEG
 - Schlaf-EEG
 - PET (regionaler Blutfluss, Glucose Stoffwechsel im Gehirn)
 - Kognition
- Variabilität der Messgrößen
- Schlussfolgerungen

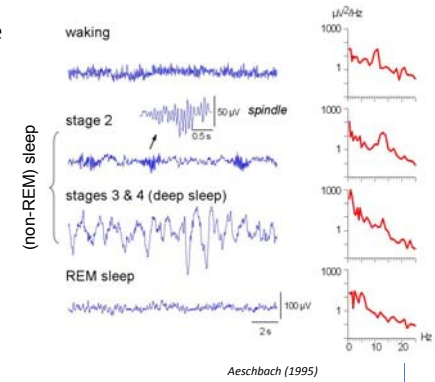


HF EMF und Gehirn: Effekte auf Wach- und Schlaf-EEG

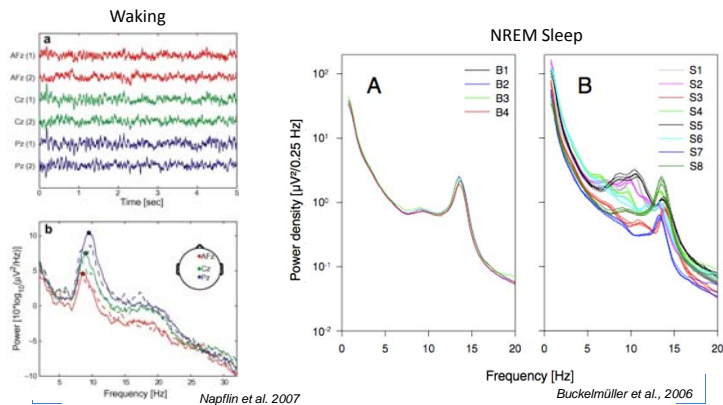


Warum EEG-Messungen?

- Einfache, nicht-invasive Technik welche die Aktivitäten kortikaler Neuronen aufzeichnet
- Gut charakterisiert
 - Korreliert mit Wachheitszuständen und kognitiven Prozessen im Wachzustand
 - Widerspiegelt die verschiedenen Schlafphasen



Grosse intraindividuelle Stabilität



Wach-EEG

HF EMF und Wach-EEG: Überblick

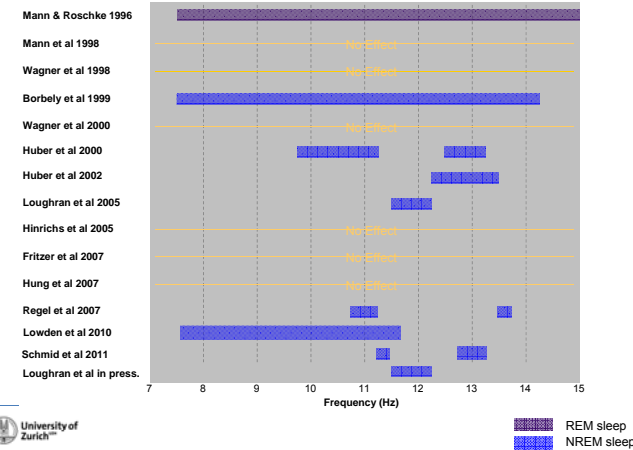
| Author | Effect |
|---------------------|--|
| Reiser 1995 | ↓ alpha (9.75 – 12.5 Hz) ↑ beta (12.75 – 35 Hz) |
| Röschke & Mann 1997 | No effect |
| Hietanen et al 2000 | No effect |
| Huber et al 2002 | ↑ alpha (~10 Hz) |
| Croft et al 2002 | ↑ alpha (8 – 12 Hz) ↑ delta (1 – 4 Hz) |
| D'Costa et al 2003 | ↑ alpha (8 – 12 Hz) ↓ beta (13 – 30 Hz) |
| Curcio et al 2005 | ↑ alpha (8 – 12 Hz) |
| Regel et al 2007 | ↑ alpha (10.5 – 11 Hz) |
| Perentos et al 2007 | No effect |
| Hinrikus et al 2008 | ↑ alpha (8 – 13 Hz) ↑ beta (15 – 38 Hz) |
| Croft et al 2008 | ↑ alpha (8 – 12 Hz) |
| Croft et al 2010 | ↑ alpha (8 – 12 Hz) |

HF EMF und Wach-EEG: Wissensstand

- Pulsmodulierte Hochfrequenzstrahlung beeinflusst das Wach-EEG
 - Alpha Aktivität
 - Pulsmodulation scheint wichtig für HF EMF-induzierte EEG Effekte
 - Meist während Exposition (aber auch nach Exposition, z.B. Huber et al., 2002; Regel et al. 2007)
 - Bestätigung der Befunde durch unabhängige Replikation

Schlaf-EEG

HF EMF und Schlaf-EEG: Überblick

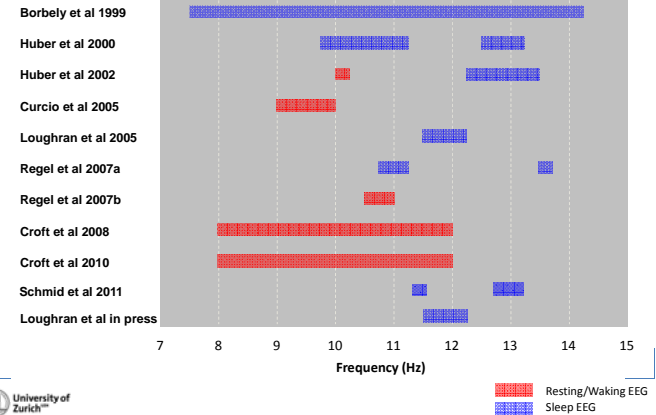


HF EMF und Schlaf-EEG: Wissensstand

- Pulsmodulierte Hochfrequenzstrahlung beeinflusst das Schlaf-EEG
 - Spindel- and Alpha-Aktivität
 - Pulsmodulation scheint wichtig für HF EMF-induzierte EEG Effekte
 - Effekte dauern über Exposition hinaus an
 - Bestätigung der Befunde durch unabhängige Studien
 - Ort der Quelle (Kopfseite) ohne Einfluss, ev. dosisabhängig
 - Grosse Variabilität zwischen Personen



HF EMF und EEG: Konsistente Effekte

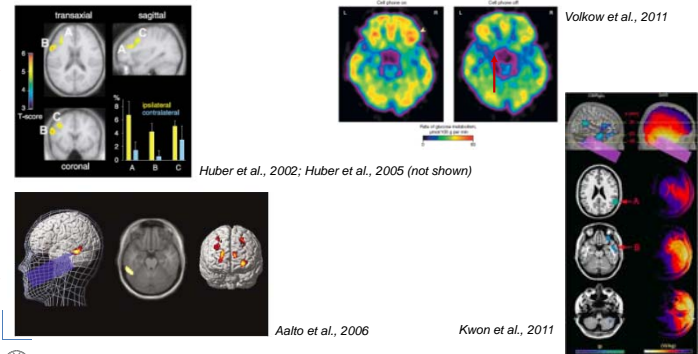


HF EMF und Gehirn: Effekte auf regionalen zerebralen Blutfluss (rCBF) und Glucose Metabolismus im Gehirn



Andere Techniken (PET) bestätigen die Wirkung pulsmodulierter HF-EMF auf die Gehirnaktivität

Regionaler zerebraler Blutfluss (rCBF) Glucose Metabolismus im Gehirn

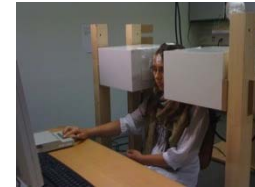


HF EMF und PET-Studien: Wissensstand

- Hinweise, dass pulsmodierte Hochfrequenzstrahlung die Gehirnphysiologie beeinflusst:
 - Regionaler Blutfluss
 - Glucose Metabolismus
 - Effekte v.a. in der exponierten Hemisphäre

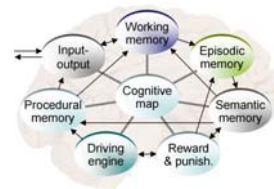


HF EMF und Gehirn: Kognitive Effekte



HF EMF und Kognition

- Viele Studien
- Untersuchte Endpunkte:
 - Trefferraten in Tests (Genauigkeit)
 - Reaktionszeiten
- Kognitive Bereiche:
 - Sprachgedächtnis
 - Visuell-räumliches Gedächtnis
 - Erinnerungsvermögen



HF EMF und Kognition: Überblick

| Cognitive Performance | Studies |
|--------------------------|---|
| ↑ RT | Koivisto et al., 2000a, b; Preece et al., 1999; Curcio et al., 2004; Jech et al., 2001; Lee et al., 2003 |
| ↓ RT | Regel et al., 2007a, b; Hamblin et al., 2004; Edelstyn et al., 2002; Eliyahu et al., 2006; Keetley et al., 2006; Luria et al., 2009 |
| ↑ Accuracy | Regel et al., 2007a, b; Lass et al., 2002; Smythe et al., 2003 |
| ↓ Accuracy | Krause et al., 2004; Rodina et al., 2005; Leung et al., 2011 |
| No Change in performance | Fritzer et al., 2007; Bessett et al., 2005; Unterlechner et al., 2007; Terao et al., 2006; Schmid et al., 2005; Russo et al., 2006; Preece et al., 2005; Krause et al., 2007; Krause et al., 2000a, b; Kleinogel et al., 2008; Hinrichs et al., 2004; Haarala et al., 2003a, b; 2004; 2005; 2007; Freude et al., 2000; Curcio et al., 2008; Croft et al., 2002; Aalto et al., 2006; Sauter et al., 2011 |



HF EMF und Kognition: Wissensstand

- Viele Studien
- Grosse Variabilität der Resultate
- Neuere Studien mit besserer Methodik zeigen, dass eher keine Effekte von HF EMF auf die Kognition vorhanden sind
- Neuere Übersichtsarbeiten kommen zum Schluss, dass Mobiltelefonsignale keine kognitiven oder psychomotorischen Effekte bewirken

Warum die grosse Variabilität?

- Unterschiedliche Expositionsbedingungen
 - Exposition häufig schlecht definiert
 - Schlechte Dosimetrie
 - Keine Verblindung der Experimente
 - Unterschiedliche Signale (Studien nicht vergleichbar)
- Unterschiedliche Studienansätze
 - kognitive Endpunkte (Tests)
 - Messansätze bei Schlafstudien
 - EEG Aufzeichnungen
 - “Between subjects vs. within subjects design”
- Größenordnung von Effekten
 - Abhängig von der Grösse der Stichprobe
- Statistik
 - Mehrfachvergleiche
- Individuelle Variabilität

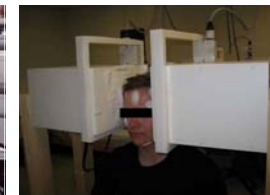
Exposition während Schlaf

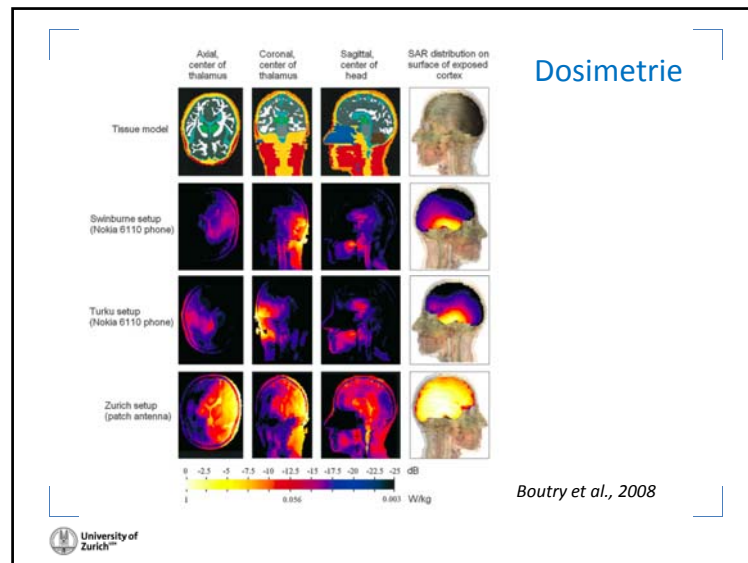


Exposition im Wachzustand



Mobiltelefonantennen asymmetrisch: Exposition links und rechts verschieden





Zusammenfassung Wissensstand

- Pulsmodulierte HF EMF bewirken Effekte
 - Wach EEG (Alpha Aktivität)
 - Non-REM Schlaf EEG (Spindel und Alpha Frequenz)
- Pulsmodulation entscheidend für EEG Effekte
 - Aber: unklar, welche Feldparameter die Effekte bewirken
 - Frequenz der Pulsmodulation scheint nicht entscheidend zu sein
- HF EMF Effekte:
 - Überdauern die eigentliche Exposition
 - Vermutlich nicht thermisch
 - Unabhängig von der Seite, wo die Feldquelle ist
 - Eventuell dosisabhängig
 - Grosse Variabilität zwischen Personen
- Andere Techniken stützen Befund eines Effekts auf das Gehirn
 - Hinweis: Regionaler zerebraler Blutfluss (rCBF)
 - Hinweis: Glucose Stoffwechsel
- Kognition
 - Gegenwärtig keine klaren / konsistenten Hinweise auf einen Effekt; eher kein Effekt
 - Individuelle Variabilität?

Wirkmechanismen unbekannt

- Einzig bekannter Wirkmechanismus von HF EMF ist der thermische
 - Was für die beobachteten Effekte auf die Hirnphysiologie verantwortlich ist, ist unbekannt
 - Hinweise, dass die Effekte nicht-thermisch sein könnten
 - Wichtig, die Frage der Wirkungszusammenhänge zu klären
- Effekte treten unterhalb der Grenzwerte auf!

Schlussfolgerungen

- Pulsmodulierte HF EMF (z.B. Mobiltelefone) beeinflussen die Gehirnphysiologie
 - Viele Studien zeigten konsistent Effekte auf das EEG
 - Effekte bei verschiedenen Aktivitätszuständen des Gehirns (Wach- und Schlafzustand)
 - Replikation innerhalb und in unabhängigen Forschungslabors
 - Effekte treten auf bei "realen" und "simulierten" Signalen
 - Studien, die keine Effekte zeigen, oft methodisch schwach
- Keine Kenntnisse zu möglichen Gesundheitseffekten
- Schwerpunkte für zukünftige Forschung
 - Mechanismen und Einwirkungsort (Gehirnregion)
 - Funktionelle Bedeutung
 - Mögliche Langzeitwirkungen

Dank

Sarah Loughran
Sabine Regel
Reto Huber
Alexander Borbèly



University of
Zurich^{UZH}



Niels Kuster
Manuel Murbach

Bundesamt für Gesundheit



Forschungstiftung
Mobilkommunikation
Research Foundation
Mobile Communication



University of
Zurich^{UZH}