

Heutiger Kenntnisstand zu Wirkungsmechanismen hochfrequenter EMF

Roland Glaser

Wien, 12. 11. 2007

Humboldt-Universität zu Berlin



„Hypotheses non fingo“

Newton

Welcher, zweifellos nachgewiesene Effekt schwacher HF-Felder auf biologische Systeme erfordert eine biophysikalische Erklärung?

Lässt die Biophysik Effekte erwarten, die vielleicht drohend
Im Hintergrund lauern, ohne dass man sie bisher sicher
nachgewiesen hätte?

- Was könnten "nicht-thermische" Effekte sein?

Was bedeutet: WIRKUNGSMECHANISMUS?

Physikalische Primärreaktionen

*Bruch einer chemischen Bindung,
Änderung von Ionenbindungen
Induktion und Bewegung von Dipolen,
Erwärmung*

.....

Biologische Primärreaktionen

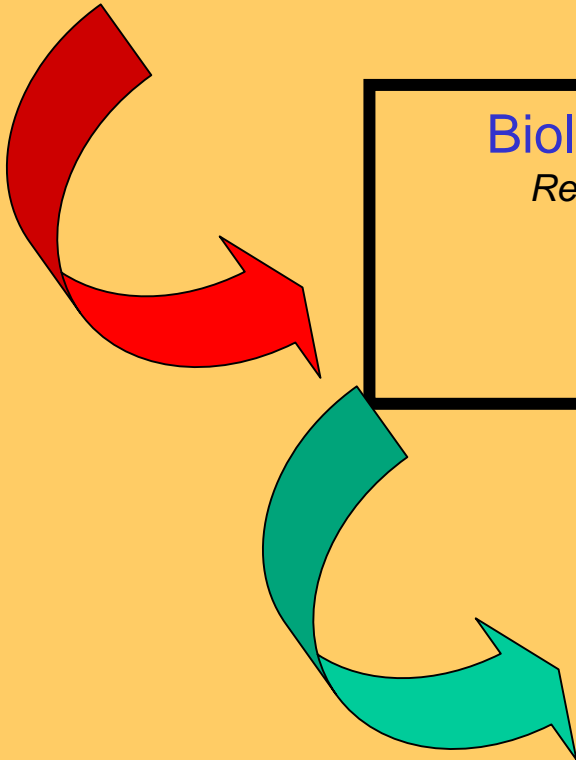
*Rezeptor-Aktivierung,
Ca-Signalsystem,
genetische Veränderungen,
Protein-Expressionen,*

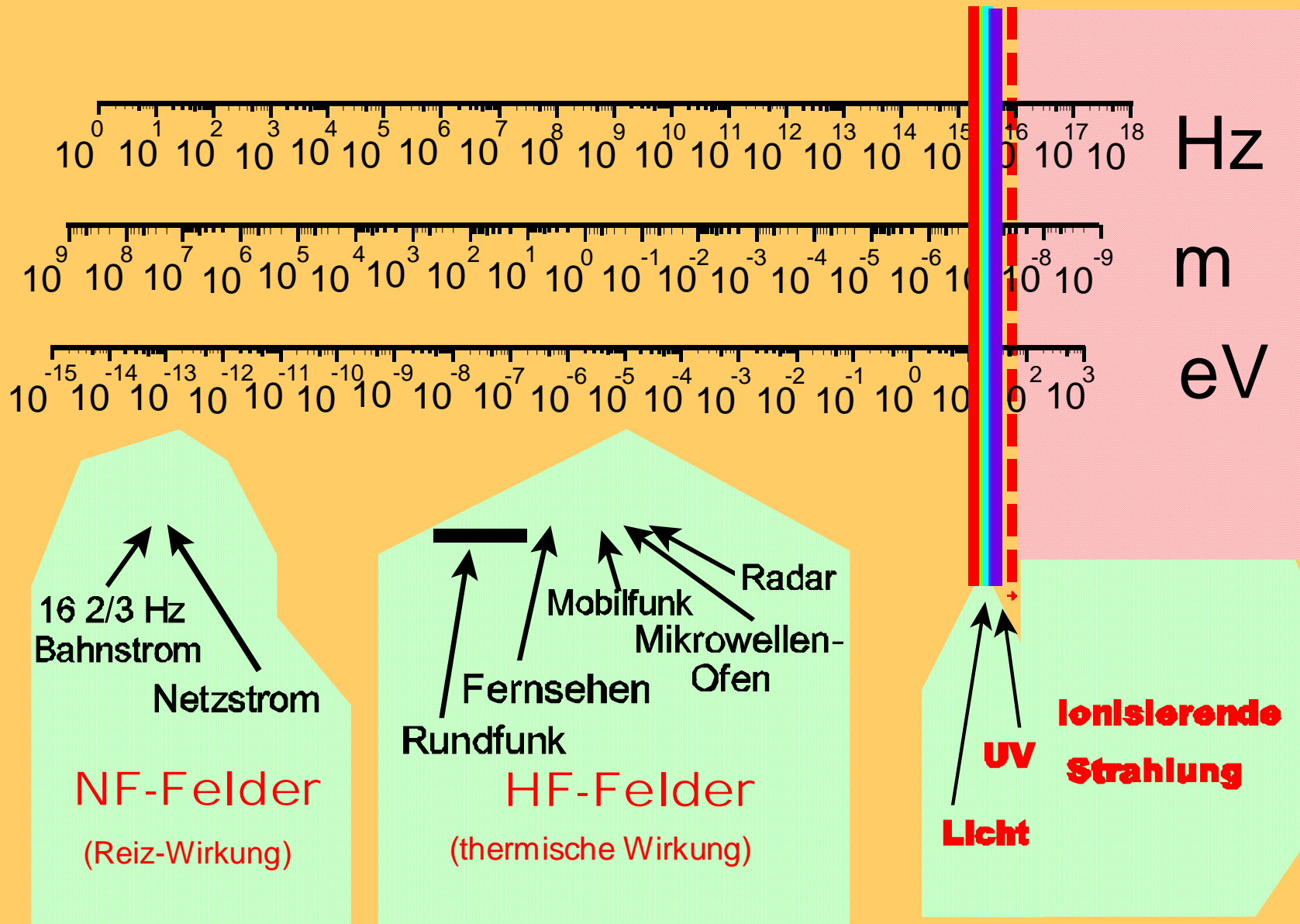
.....

Gesundheitsschäden

*Krebsentstehung
nervöse Leiden
Schlafstörungen
degenerative Vorgänge*

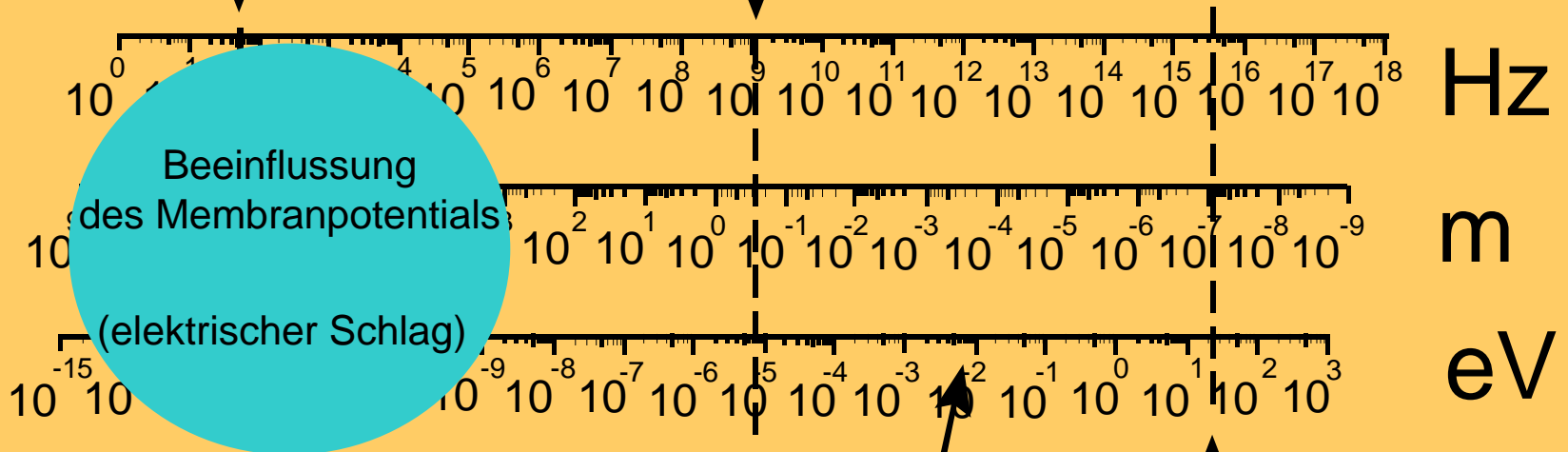
.....





Wechselstrom:
50 Hz
6000 km
 $2 \cdot 10^{-13}$ eV

Mobilfunk
1 GHz
0,3 m
 $4 \cdot 10^{-6}$ eV



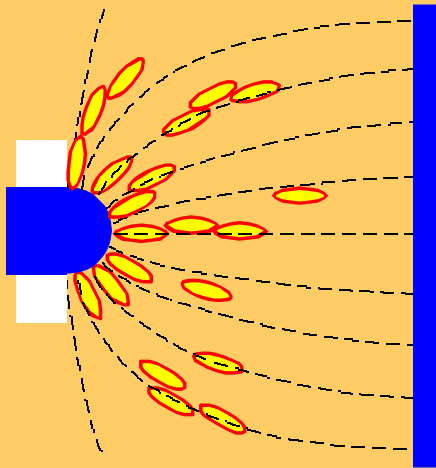
Energie
des thermischen
Rauschens bei 37°C
 $kT=0,026$ eV

UVC-Licht
 $3 \cdot 10^{15}$ Hz
 10^{-7} m
12 eV

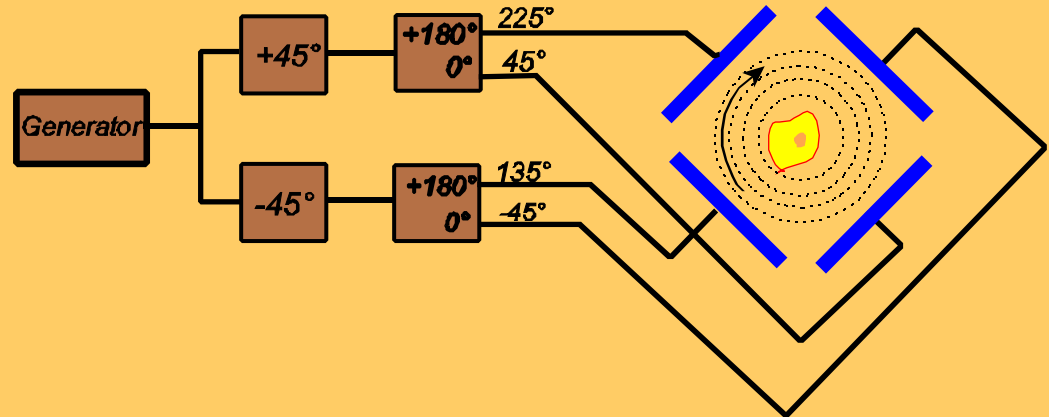
Die Quantenenergie der Wellen
des Mobilfunks reicht nicht aus,
selbst schwache Bindungen
(Wasserstoffbrücken-Bindungen)
zu sprengen!

Wenn nicht quantenmechanisch, so könnten elektromagnetische Felder auch durch ihren elektrischen Vektor auf Ionen und Dipole wirken!

Dielectrophoresis



Electrorotation



Doch dazu sind Feldstärken > 10.000 V/m erforderlich!

Wie könnten Felder geringer Intensität trotzdem wirken?

Aufschaukeln durch Resonanz

Funktioniert nicht durch die Dämpfung im Wasser

Aufsummierung durch ein "Ratschen"-Prinzip

Die Refraktärzeiten sind zu schnell

Anregung von Molekülschwingungen

Für Biomakromoleküle wären mindestens 100 GHz erforderlich.

Für Wasser wäre es ein mikrothermischer Effekt

Doch:

Probieren geht über Studieren!

Welche einigermaßen gesicherten Effekte
erfordern eine Erklärung?

Verschiedene Publikationen aus einer Schweizer Arbeitsgruppe zeigen, dass Einfluss auf Schlaf und kognitives Verhalten nur mit gepulsten, nicht mit ungepulsten Feldern erfolgt:

Huber, R. et al.: Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG. J. Sleep Res. 2002; 11(4)289-295

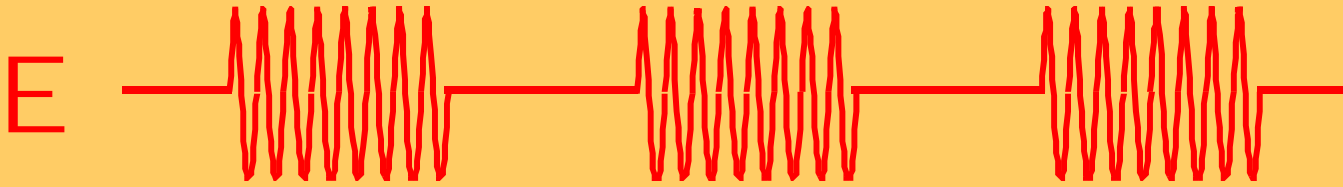
Huber, R. et al.; Exposure to pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields affects regional cerebral blood flow. Europ. J. Neuroscie. 2005; 21(4)1000-1006

Regel, S. J.; Gottselig, J. M., and Schuderer, J. et al.: Pulsed radio frequency radiation affects cognitive performance and the waking EEG. Neuroreport. 2007; 18803-807

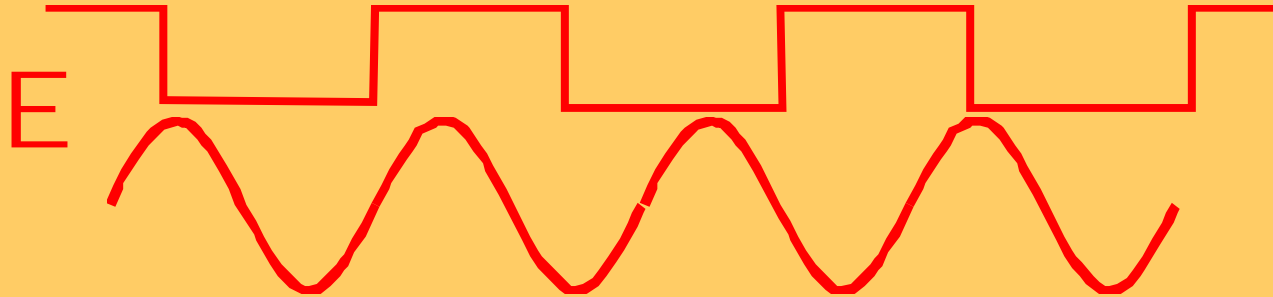
Regel, S. J. et al.: Pulsed radio-frequency electromagnetic fields dose-dependent effects on sleep, the sleep EEG and cognitive performance. J. Sleep Res. 2007; 16, 253-258

Können gepulste Felder demoduliert werden?

DEMODULATIONSSARTEN:



technisch:

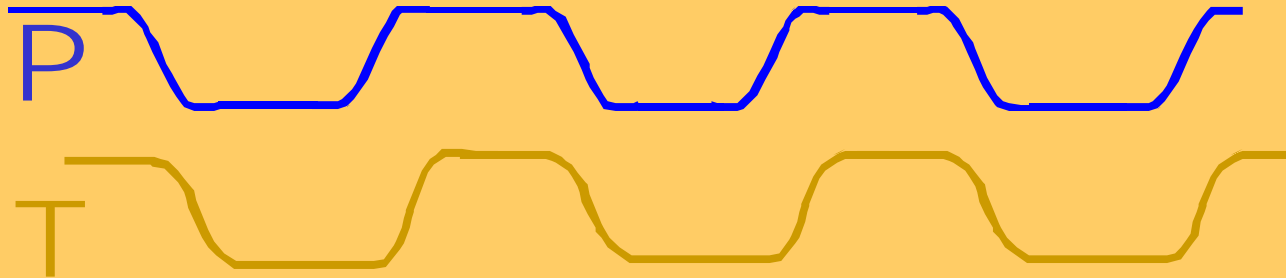


Ab 10 MHz in biologischen Systemen nicht möglich!

physikalisch:

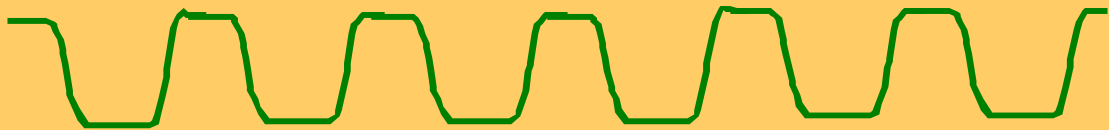
Hören gepulster Felder nur bei Feldstärken >> Handy

Möglicherweise Aktivierung thermischer Rezeptoren



biologisch:

Da bei GSM-Feld ca 10^6 Schwingungen/Puls nur möglich, wenn auch ungepulstes Feld wirkt.

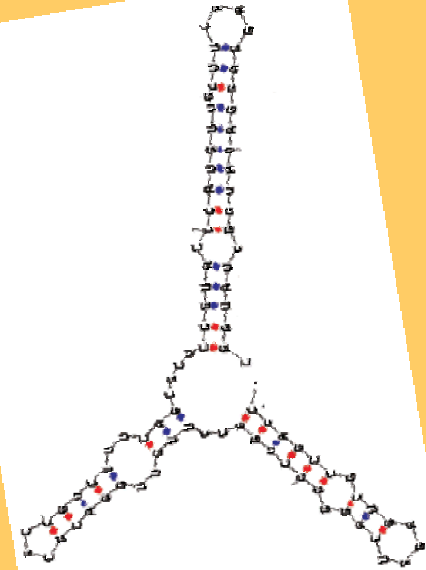


Ca-Konzentration, Nervenimpuls, Enzymaktivität, Proteinexpression...

Molekulare Thermometer der Zelle

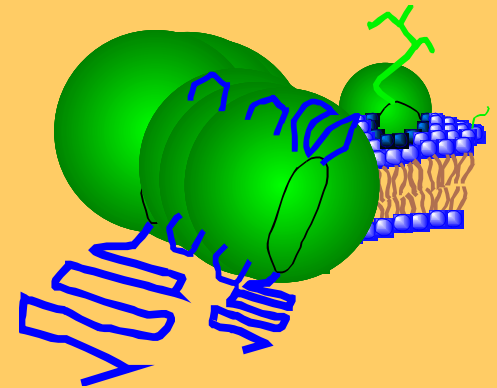
- RNA-Thermometer (thermosensitive "riboswitches")

*Zunächst hauptsächlich bei Mikroorganismen gefunden.
Lösen Expression von Stressproteinen aus.*



- thermosensitive TRP-Kanäle ("Transient Receptor Potential")

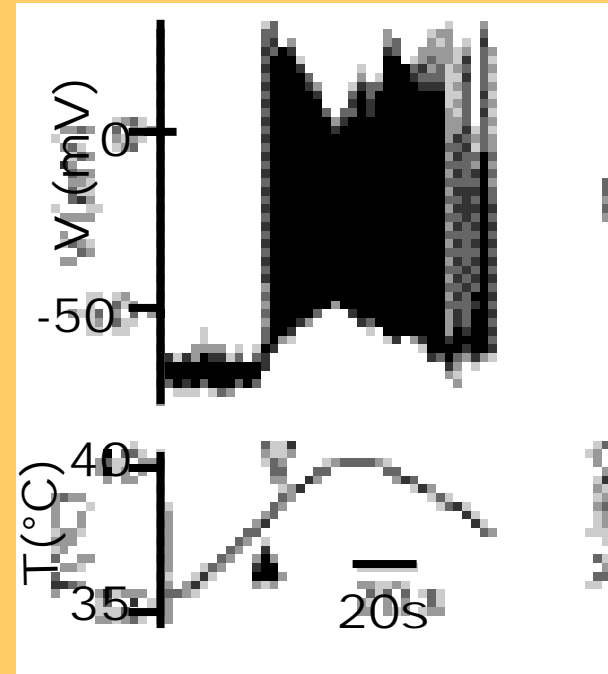
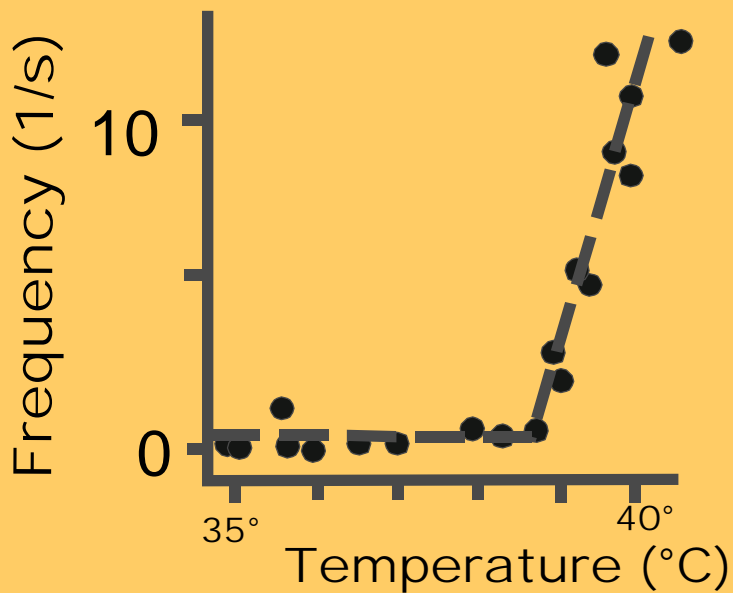
*Kommen in verschiedenen Varianten in den meisten Zellen vor.
Lösen universelle Signalketten aus.*



Hori, A.; Minato, K., and Kobayashi, S.

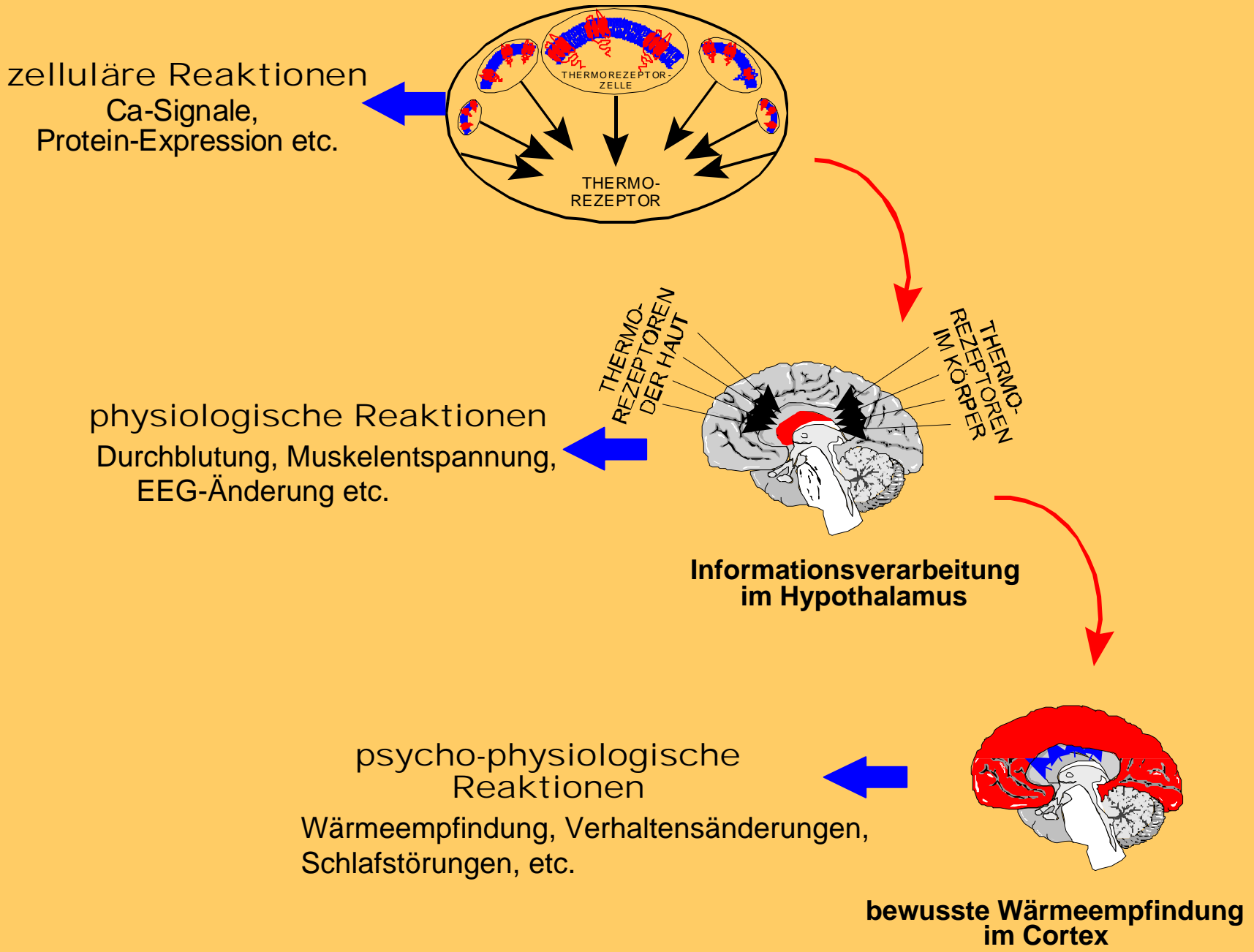
Warming-activated channels of warm-sensitive neurons in rat hypothalamic slides.

Neurosci. Lett. 1999; 27, 593-96.



Temperature dependence of the „firing rate“ of thermosensitive neurons

Q_{10} up to 21 !



Aalto S ; Haarala C ; Bruck A ; Sipilä H; Hämäläinen H, and Rinne JO.

Mobile phone affects cerebral blood flow in humans.

J Cereb Blood Flow Metab. 2006; 26(7)885-890;

902 MHz, 217 Hz gepulst, mittlerer SAR: 0,743 W/kg

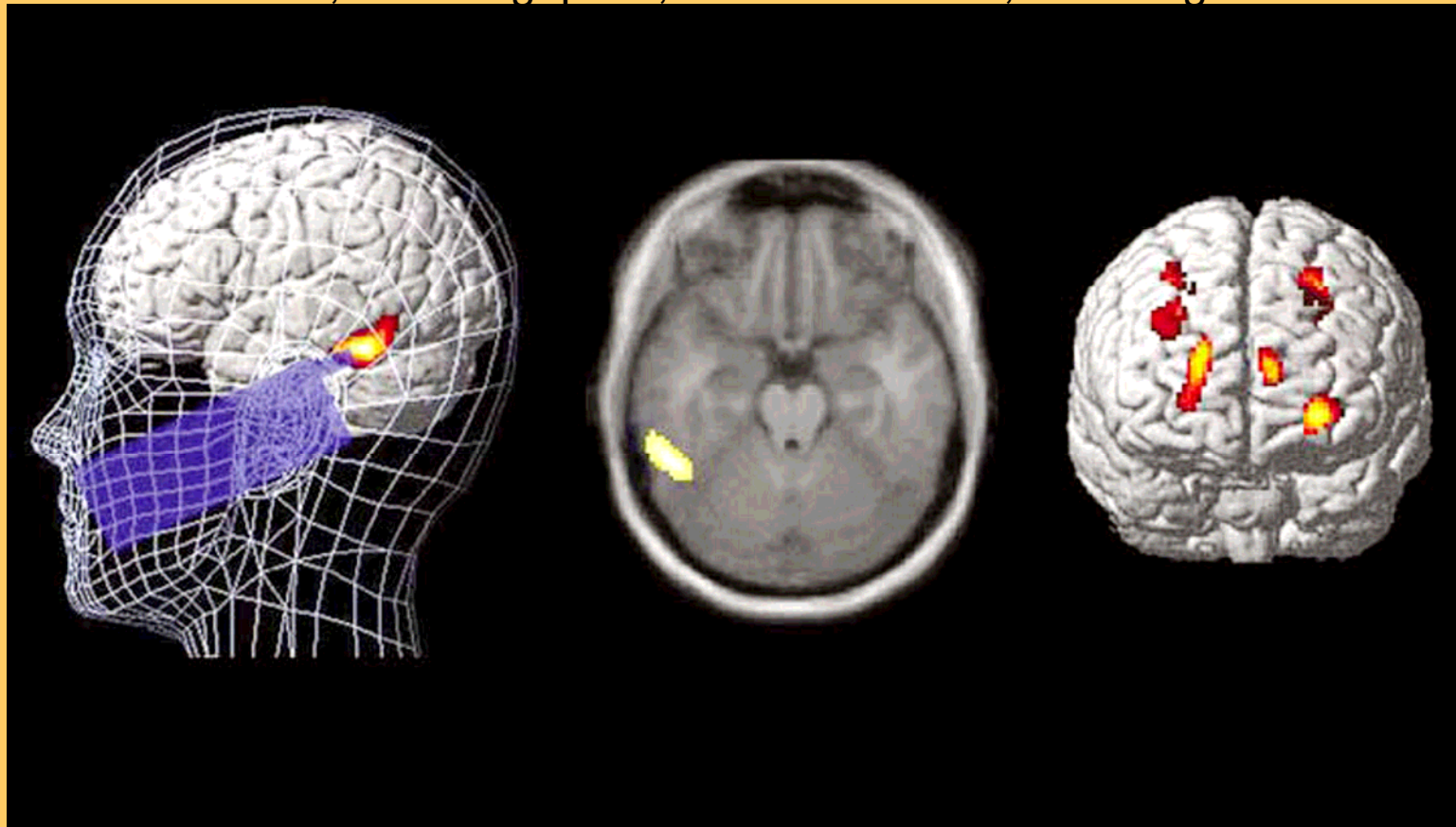


Figure 1 The position of the mobile phone and visualization of the results of a statistical analysis testing the effects of EMF exposure. (Left and centre panel) A cluster (p_{Corr} value = 0.003; peak voxel's $T = 4.94$) with decreased rCBF during EMF exposure was located in the left fusiform gyrus in the posterior inferior temporal lobe (BA 37). (Right panel) Clusters with increased rCBF were located in the frontal lobe (p_{Corr} values between 0.001 and 0.007, peak voxel's T -values between 4.53 and 5.52). See Table 1 for a detailed description of the results.

Zusammenfassung:

- Forschung über biologische Wirkung hochfrequenter Felder ist über ein Jahrhundert alt!
Trotzdem gibt es bis heute keine biophysikalisch vertretbare Vorstellung über einen nicht-thermischen Wirkungsmechanismus hochfrequenter Felder im Intensitätsbereich gültiger Grenzwerte.
- Es ist unzulässig und unbegründet, folgende Gegebenheiten aus dem Bereich des Strahlenschutzes vor ionisierender Strahlung zu übernehmen:
 - Grenzwerte orientiert an natürlichem Strahlenpegel,
 - Akkumulation der Effekte,
 - genetische Schäden.
- Der SAR-Wert ist ein brauchbares Maß für die wirksame Dosis von HF-Feldern.
Da im Bereich geltender Grenzwerte ausschließlich thermische Einflüsse von HF- Felder zu erwarten sind, muss im Frequenzbereich des Mobilfunks von einem Schwellenwert der Wirkung ausgegangen werden.

- Demodulationsarten:

- - *technische* Demodulation - Entstehung niederfrequenter EMF.
Ist in biologischen Systemen über 10 MHz nicht möglich.
- - *physikalische* Demodulation - Entstehung andersartiger Schwankungen
 - - - Druck-Schwankungen (Mikrowellen-Hören)
erfordert wesentlich höhere Intensitäten
 - - - Temperatur-Schwankungen könnten periodisch Thermorezeptoren aktivieren.
- *biologische* Demodulation - periodische Anregung biologischer Prozesse.
Setzt eine Primärwirkung des HF-Feldes voraus, z.B. Thermorezeption.

In biologischen Systemen sind keine niederfrequenten elektrischen Felder als Resultat einer Demodulation von HF-Feldern im GHz-Bereich zu erwarten.

-"nicht-thermische Effekte"

sind (wenn nicht Artefakte) wahrscheinlich das Resultat mikrothermischer Effekte bzw. Anregung von Thermorezeptoren.

-Forschung

erscheint notwendig, um die theoretisch postulierte Möglichkeit mikrothermischer bzw. sub-thermischer Effekte auf molekularem Niveau zu belegen.