

Frequenz und Leistungsfenster bei der Einwirkung von schwachen elektromagnetischen Feldern auf das Gewebe

Frequency and Power Windowing in Tissue Interactions with Weak Electromagnetic Fields

William Ross Adey

In: Proc. IEEE 69 (1): 119-125 (1980)

(...) Es steht nun fest, dass einige Wirkungen von (elektromagnetischen) Feldern, die Temperaturerhöhungen hervorrufen, die um Größenordnungen niedriger sind als $0,1^{\circ}\text{C}$, auf das Gewebe zu bedeutenden physiologischen Veränderungen führen die nicht einfach auf das Ansteigen der Temperatur zurückgeführt werden können. Die Notwendigkeit sehr unterschiedlicher Modelle der Einkopplung der Energie dieser schwachen Felder ergibt sich aus den Frequenz- und Feldstärkefenstern die die Einwirkungen auf das Gehirn und einige andere Gewebe charakterisieren sowie aus den sehr schwachen oszillierenden elektrischen Gradienten in den Geweben, von denen gezeigt wurde, dass sie durch Mechanismen, die anscheinend das auslösende Feld verstärken, eine Wirkung auf die Zellfunktion haben. Diese Verstärkungsmechanismen könnten auf Ungleichgewichtsprozessen mit molekularem resonantem Zusammenwirken mehrerer Moleküle, also über größere Entfernungen (Anmerkung des Übersetzer: Größere Entfernungen natürlich im molekularen Maßstab) beruhen. Diese Mechanismen gehören zur Gruppe der kooperativen Prozesse und werden weithin als bedeutend für immunologische und endokrine Vorgänge sowie bei neurobiologischen Anregungen anerkannt. Man kann sehr wahrscheinlich davon ausgehen, dass diese Vorgänge an der Oberfläche der Zellmembran stattfinden.(...)

Biologische Wirkungen von oszillierenden elektrischen Feldern der Umwelt hängen mit dem elektrischen Gradienten zusammen, die sie im Gewebe hervorrufen. Und dieser Gradient ist vom Grad der Kopplung zwischen Feld und Gewebe abhängig. (...)

(S.120) Einwirkungen mit klaren Bioeffekten auf das Hirngewebe finden bei mit Frequenzen von unter 1000 Hz und vor allem im Bereich von 1 bis 20 Hz Amplituden- oder pulsmodulierten Radiofrequenz- und Mikrowellenfeldern statt. Unmodulierte Felder verursachen solche Wirkungen nicht. Hier findet eine viel stärkere Einkopplung des Feldes in das Gewebe (als bei ELF) statt und für Körperabmessungen von 0,05 Wellenlängen bis in den Resonanzbereich ist die Energieabsorption proportional zum Quadrat der Frequenz. Für Trägerfrequenzen zwischen 150 MHz und 450 MHz wurden Änderungen von Körperfunktionen und Verhalten bei im Gehirn hervorgerufenen Gradienten im Bereich von 10 bis 100 mV/cm² beobachtet. Für Trägerfrequenzen in diesem Bereich werden Spannungsgradienten in dieser Größenordnung im Gehirn der meisten Säugetiere einschließlich des Menschen bei Feldern mit einer Leistung zwischen 0,1 mW und 1mW/cm² (E Gradient in der Luft ungefähr zwischen 19 und 61 V/m) hervorgerufen. Diese so hervorgerufenen Spannungsgradienten haben den gleichen Amplitudenbereich, wie die körpereigenen Oszillationen niedriger Frequenz des Elektroenzephalogramms (EEG) in der Flüssigkeit zwischen den Zellen des Gehirns, wenn man sie über Entfernungen betrachtet, die den Abmessungen eines einzelnen Neurons entsprechen. (Anmerkung des Übersetzers: Also auch die gleiche Wirkung.) (...)

(Wirkungsfenster) wurden bei ELF oder LF modulierten Radiofrequenz- und Mikrowellenfeldern bei Stärken zwischen 1 V/cm und 0,1 V/cm gefunden. (...)

Das Ruhepotential beträgt über die 40 Angström (Anmerkung des Übersetzers: $10 \cdot 10^{-10}$) der Lipiddoppelschicht oder Plasmamembran, die die Grundlage der Zellmembran ist, ungefähr $10 \cdot 10^5$ V/cm. Erregung der Oberfläche des Endes einer Nervenfasern (Synapse)

kann dieses Potential um ungefähr $10 \text{ hoch } 3 \text{ V/cm}$ depolarisieren. Aus diesem Grund hat man allgemein angenommen, dass elektrische Gradienten in der Größenordnung des EEG (1 V/cm) in der die Zellen umgebenden Flüssigkeit bei der Anregung von Neuronen des Gehirns keine Rolle spielen, sondern dass es sich dabei nur um den Lärm des Motors des Gehirns handelt. Neuere Ergebnisse aufgrund von Forschungen auf den Gebieten von Verhalten, Neurophysiologie und Neurochemie deuten nun stark auf eine modulierende Rolle dieser Felder hin. (...)

(S.121) VHF oder UHF Radiofrequenzfelder mit einer Stärke im Bereich von 1 mW/cm^2 (61 V/m) verursachen im Gehirn Spannungsgradienten in der Größenordnung des EEGs und können, mit oder ohne ELF Amplitudenmodulation, im Frequenzbereich des EEGs auf Wirkungen auf die Gehirnfunktion untersucht werden.

Servantie et al. berichteten über eine bei Spektralanalysen von Ratten EEGs gefundene anhaltende Komponente im Bereich der Pulswiederholrate eines Mikrowellenfeldes, mit denen die Ratten bestrahlt worden waren. Nach Bestrahlung mit einem 500 bis 600 mal pro Sekunde gepulsten 3 GHz Feld (Pulslänge 1 Mikrosekunde, durchschnittliche Leistung 5 mW/cm^2) während einer Zeit von 10 Tagen kam es zu deutlichen Spitzen im EEG Spektrum im Bereich der Pulswiederholrate, deren Größen im Zeitraum von mehreren Minuten zu und abnahmen. Über mehrere Tage anhaltende EEG Veränderungen traten bei Kaninchen auf, nachdem sie 4-8 Wochen lang für 2 Stunden pro Tag einem mit 14-16 Hz amplitudenmodulierten 5 MHz Feld ausgesetzt waren. Felder mit Amplituden von 90-150 V/m verstärkten EEG Aktivitäten bei 10-15 Hz, Felder mit 500 V/m verstärkten 4-5 Hz Wellen. Amplitudenmodulation mit 60 Hz blieb ohne Wirkung. Bei diesen Bestrahlungen kam es nicht zur Erwärmung des Gehirns. (...)

Kalziumionen sind bei der Steuerung und Übertragung von vielen verschiedenen immunologischen, endokrinologischen und neurobiologischen Vorgängen an der Oberfläche der Zellmembran beteiligt. Die die Zellen umgebende Flüssigkeit enthält 2 mM Kalzium während die typischen Konzentrationen im Zellplasma, also innerhalb der Zellen in der Größenordnung von $10 \text{ hoch } -7 \text{ M}$ liegen. Man nimmt an, daß die Wirkung von elektromagnetischen Wellen auf die Kalziumbindung im Hirngewebe an der Oberfläche der Zellmembran stattfindet. Ihr von den Kalziumionen selbst gesteuertes Lösen von intakter Hirnrinde der Katze ist ein überaus nichtlinearer Vorgang, der stark auf einen kooperativen Prozeß hinweist. Schwache schwingende elektrische Gradienten, die nicht stärker als das EEG sind ($50\text{-}100 \text{ mV/cm}$) steigern den Ausstoß von Kalzium und des Aminosäuretransmitters Gamma-Aminobutyric Acid (GABA) (Anmerkung des Übersetzers: Gammaaminobuttersäure) bei der Hirnrinde der Katze um fast 20 Prozent. Diese zwei Beobachtungen haben die bisher verbreitete Ansicht in Frage gestellt, dass schwingende elektrische Gradienten außerhalb der Zellen in der Stärke des EEGs für die Erregbarkeit der Neuronen keine Rolle spielen können. (...)

(S.122f) Frequenz- und Amplitudenfenster wurden bei Hirngewebe von Hühnern beobachtet, wenn man es ELF amplitudenmodulierten VHF und UHF Feldern aussetzte. Hirnhälften von neugeborenen Hühnern wurden zuerst in eine physiologische Lösung mit radioaktiven Kalzium 45 Ionen gelegt und dann mit einer nichtradioaktiven Lösung ausgewaschen. Sie wurden danach mit einem sinusförmig mit einem Modulationsgrad von 80-90 Prozent und Frequenzen von 0,5 bis 35 Hz modulierten 147 MHz Feld mit einer Stärke von $0,8 \text{ mW/cm}^2$ bestrahlt. Unmodulierte und mit 0,5 und 3 Hz modulierte Felder verursachten keinen deutlichen Ausstoß von radioaktiven Kalziumionen. Im Gegensatz dazu gab es eine mit zunehmender Frequenz steigende und statistisch signifikante Zunahme des Ausstoßes von Kalzium 45 Ionen bei Frequenzen von 6 bis 16 Hz. Dieser Ausstoß nahm mit zunehmender Frequenz der höheren Modulationsfrequenzen zwischen 20 und 35 Hz ab. (...)

Diese Versuche mit 147 MHz Feldern wurden unabhängig von Blackman, Elder, Benane, Weil und Eichinger wiederholt und das Wirkungsfenster für die Modulationsfrequenz

zwischen 9 und 16 Hz bestätigt. Sie fanden auch dass diese Wirkung nur bei Bestrahlungsstärken in der Nähe von 1 mW/cm² statistisch signifikant waren. Dieses Leistungsfenster wurde für Hirngewebe von Hühnern, die einem sinusförmig mit 16 Hz modulierten 450 MHz Feld ausgesetzt waren, bestätigt. In diesem letzten Versuch fand ein statistisch signifikanter Ausstoß von radioaktivem Kalzium nur bei Bestrahlungsstärken von 0,1 und 1 mW/cm², aber nicht bei 0,05 und 5 mW/cm² statt. Dosimetrische Messungen zeigten Spannungsgradienten von 100 mV/cm im Gewebe bei Bestrahlungsstärken von 1 mW/cm².

Quelle: <http://www.totalitaer.de>