

# Bericht

---

## **Elektromagnetische Felder und Hörphänomene**

Zusammenfassung des aktuellen Wissenstandes

---

**Auftraggeber:**

Ministerium für Umwelt und Verkehr  
Baden-Württemberg, Referat 43

**Bearbeiter:**

Dr. Heinrich Menges

**Aktenzeichen:**

33-8822.22

**Datum:**

Januar 2002



Landesanstalt für Umweltschutz  
Baden-Württemberg

Referat 33  
Luftqualität • Lärm • Verkehr

# INHALT

1	Auftrag	2
2	Niederfrequente elektrische und magnetische Felder	2
3	Hochfrequente elektromagnetische Felder	3
4	Zusammenfassung	4

## 1 Auftrag

Mit Schreiben des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg vom 10.09.2001 (Az.:43-8820.20-26.VO/120) wurde die Landesanstalt für Umweltschutz beauftragt, eine Ausarbeitung zum Thema "Mobilfunk und Hörphänomene" zu erstellen. Nach einer ersten Sichtung der vorhandenen Erkenntnisse hielt es die LfU für sinnvoll, auch niederfrequente elektrische und magnetische Felder in die Betrachtung mit einzubeziehen.

Bei der Literatursuche wurde vor allem auf die Datenbank des Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit in Aachen, die Datenbank "PubMed" der National Library of Medicine in Bethesda sowie auf das Internet zurückgegriffen.

## 2 Niederfrequente elektrische und magnetische Felder

Die Einwirkung von niederfrequenten **elektrischen** Feldern verursacht an einem Körper Oberflächenladungen, die zu wahrnehmbaren Reaktionen, wie z. B. Bewegungen von Körperhaaren und Mikroentladungen, führen können. Darüber hinaus führt die Exposition durch niederfrequente **elektrische** und **magnetische** Felder zu elektrischen Strömen im Körper. Übersteigt die Stromdichte eine bestimmte frequenzabhängige Schwelle (die Reizschwelle), kann es zur Stimulation von Nerven- und Muskelzellen kommen. Die Erregung einer einzelnen Zelle gehorcht dabei dem Prinzip "Alles oder Nichts", d.h. die Zelle ist entweder aktiv oder inaktiv. Eine größere Stromdichte führt zu keiner weiteren Steigerung der Erregung; lediglich die Häufigkeit, mit der eine Zelle aktiv ist, kann dadurch geändert werden.

Durch die Erregungen von afferenten Nervenzellen (also Zellen, die von einem Sinnesorgan zum Gehirn führen) kann es zu Sinneswahrnehmungen kommen, ohne dass ein entsprechender äußerer Reiz vorliegt. Bei Versuchen an Freiwilligen konnten durch niederfrequente Magnetfelder Lichterscheinungen und Flimmereffekte im Auge (Magnetophosphene) hervorgerufen werden. Die hierzu notwendigen Feldstärken betragen (bei einer Frequenz von 50 Hz) zwischen 2000 und 5000  $\mu\text{T}$  und lagen damit deutlich über dem gesetzlichen Grenzwert von 100  $\mu\text{T}$ .

Auf vergleichbare akustische Phänomene gibt es keine wissenschaftlichen Hinweise.

Bei hohen Feldstärken können elektrische Felder auf Isolatoren und Magnetfelder auf ferromagnetische Substanzen eine spürbare Kraft ausüben und sie zum Vibrieren bringen. Dadurch können Luftschwingungen erzeugt werden, die - wie andere Geräusche auch - über das Gehör wahrgenommen werden und durch Mikrofone nachweisbar sind. Ein Beispiel hierfür ist das Brummen von Transformatoren mit einer Frequenz von 100 Hz.

### 3 Hochfrequente elektromagnetische Felder

Hochfrequente elektromagnetische Felder werden vom menschlichen Körper absorbiert und können dadurch zu einer Erwärmung führen (thermischer Effekt). Eine direkte Reizung von Nerven- und Muskelzellen tritt nicht auf.

Vor ungefähr 40 Jahren wurde erstmals über akustischen Wahrnehmungen berichtet, die durch die gepulste Mikrowellenstrahlung von Radaranlagen hervorgerufen wurden. Dieser Effekt wurde in Tierversuchen bestätigt. Hierzu wurden betäubte Katzen und Ratten gepulsten Feldern ausgesetzt und die daraus resultierende elektrische Aktivität des Hörnervs gemessen. Die mittlere Feldstärke war dabei so gering, dass es zu keiner messbaren Erwärmung des Gewebes kam. Dieses als "Mikrowellenhören" bekannte Phänomen galt daher zunächst als Hinweis auf eine direkte Beeinflussung des Nervensystems durch Mikrowellen. Mittlerweile steht fest, dass es sich auch hierbei um einen thermischen Effekt handelt.

Die Energie eines elektromagnetischen Pulses wird im Kopf von den Knochen und den Weichteilen unterschiedlich stark absorbiert und führt daher zu verschiedenen starken Temperaturerhöhungen. Die Erhöhung beträgt dabei deutlich weniger als 1/1000 Grad. Die dadurch bewirkte thermische Ausdehnung kann zu einer Druckwelle im Kopf führen, die, wenn sie ins Innenohr gelangt, als Geräusch wahrgenommen werden kann. Die Wahrnehmung tritt nur dann auf, wenn die Pulse sehr kurz (weniger als 100  $\mu$ s) und stark genug sind. Als Grenze zur Wahrnehmbarkeit wird in der Literatur eine pro Puls übertragene Energie von 4 bis 20 mJ/kg genannt. Dieser Wert wird beim Mobilfunk weder beim Gebrauch eines Handys noch in der unmittelbaren Nähe einer Mobilfunk-Basisstation erreicht.

Mit den elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks wird eine ganze Reihe von Erkrankungen, darunter auch Tinnitus, von Betroffenen in Verbindung gebracht. In der Fachliteratur sind jedoch bisher keine Untersuchungen veröffentlicht, die Hinweise auf einen solchen Zusammenhang geben.

## 4 Zusammenfassung

### Niederfrequente elektrische und magnetische Felder

Felder entsprechender Stärke können im Körper Stromdichten hervorrufen, die über der Reizschwelle von Nerven- und Muskelzellen liegen. Einwirkungen von Magnetfeldern auf die Augen und den Sehnerv können Licht- und Flimmereffekte (Magnetophosphene) hervorrufen. Es gibt keine wissenschaftlichen Hinweise auf entsprechende akustische Phänomene.

Die gesetzlichen Grenzwerte für die Stärke niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder wurden so festgelegt, dass die Reizschwelle zur Stimulation von Nerven- und Muskelzellen sicher nicht erreicht wird.

### Hochfrequente elektromagnetische Felder

Bei gepulsten hochfrequenten Feldern entsprechender Stärke können durch eine minimale Erwärmung des Kopfgewebes und der Knochen innerhalb des Körpers Druckwellen entstehen, die im Innenohr als Geräusch wahrgenommen werden können ("Mikrowellenhören").

Die gesetzlichen Grenzwerte für die Stärke hochfrequenter elektromagnetischer Felder sind so bemessen, dass dieser Effekt nicht auftreten kann.

Zur Zeit sind keine anderen Wirkungsmechanismen bekannt, wie durch hochfrequente elektromagnetische Felder akustische Phänomene hervorgerufen werden könnten, und es gibt auch keine wissenschaftlichen Hinweise auf solche Effekte.