Thermisch versus nicht-thermisch

Warum diese Grenze über die gesamte Mobilfunk-Regulierung entscheidet

RAUM 1 — Bürger & Familien

Grenzwerte · Erwärmung · Eigenbeobachtung · Vorsorge im Alltag

Schützt mein Handy mich wirklich, wenn es die Grenzwerte einhält?

Vielleicht haben Sie das schon einmal gehört: „Das Handy hält die gesetzlichen Grenzwerte ein, also ist es sicher." Aber was bedeutet dieser Satz eigentlich genau? Wovor schützt der Grenzwert Sie — und wovor nicht?

Die in Deutschland geltenden Grenzwerte für Mobilfunkstrahlung orientieren sich an den Empfehlungen der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) und sind in der 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung (26. BImSchV) rechtlich verankert. Sie verfolgen ein einziges, klar definiertes Ziel: Sie sollen verhindern, dass sich Ihr Körpergewebe durch die Strahlung messbar erwärmt. Diese Erwärmung heißt „thermischer Effekt".

Was aber, wenn ein biologischer Effekt auftritt, ohne dass sich das Gewebe merklich erwärmt? Genau das ist mit einem „nicht-thermischen Effekt" gemeint — und genau hier beginnt die eigentliche Debatte.

Was weiß die Forschung — und was noch nicht?

Mehrere unabhängige Forschungsgruppen haben in Zell- und Tierversuchen biologische Reaktionen auf Funkfelder dokumentiert, und zwar bei Intensitäten weit unterhalb der Schwelle, bei der eine Erwärmung messbar wäre. Diese Reaktionen betreffen unter anderem den Calcium-Haushalt von Zellen, die Bildung reaktiver Sauerstoffverbindungen und die Aktivität von Genen.

Manche Fachleute halten diese Befunde für nicht ausreichend belegt — vor allem, weil die Feldstärken an der Zelle nach klassischer Biophysik zu schwach für solche Wirkungen sein müssten. Dieser Einwand ist ein theoretisches Argument; eigene experimentelle Gegenbefunde, die ihn systematisch stützen, liegen bislang nicht vor.

Für Sie bedeutet das: Die Grenzwerte wurden entwickelt, um vor Erwärmung zu schützen. Ob sie auch vor den feineren Wirkungen dauerhafter, schwacher Belastung schützen, war nie Teil ihres Auftrags.

Ein Grenzwert gegen Erwärmung beantwortet die Frage nach Wärme. Ob schwache Felder anders wirken, ist eine eigene Frage.

Was können Sie konkret tun?

Vorsorge im Alltag

- Schlafzimmer funkfrei halten: Router und Handy außerhalb des Schlafzimmers, Handy nachts im Flugmodus
- Beim Telefonieren Abstand schaffen: Lautsprecher (kostenlos) oder Luftschlauch-Headset (ab etwa 10 Euro, Stand Oktober 2026) nutzen, kein Kupferkabel am Ohr, und das Handy weit vom Körper entfernt halten.
- Dauernutzung von Funk konsequent vermeiden: Geräte nach Möglichkeit per Kabel betreiben (LAN statt WLAN), Funk nur bei Bedarf einschalten und sonst ausschalten
- Für Kinder gilt: den Einstieg ins eigene Handy so spät wie möglich wählen, jedes Jahr zählt (Artikel 16)
- Funkarme Zeiten und Orte gezielt als Erholung schützen

Wo Unsicherheit besteht, ist die Reduktion vermeidbarer Belastung eine vernünftige Entscheidung — unabhängig davon, wie die wissenschaftliche Debatte am Ende ausgeht.

Was verändert sich bei Ihnen?

Manche Menschen berichten über besseren Schlaf, mehr Konzentration oder weniger Kopfschmerzen, wenn sie ihre Belastung reduzieren. Andere bemerken keinen Unterschied. Beides ist eine legitime Erfahrung.

Wenn Sie neugierig sind: Führen Sie für ein paar Wochen ein einfaches Symptomtagebuch. Notieren Sie Schlafqualität, Konzentration und körperliches Befinden — parallel zu den Zeiten, in denen Sie WLAN und Mobilfunkgeräte nutzen oder bewusst reduzieren. Was fällt Ihnen auf? Solche Beobachtungen sind wertvolle Hinweise, die Sie mit Ihrer Ärztin oder Ihrem Arzt besprechen können.

→ Ärztinnen und Ärzte finden im nächsten Abschnitt die klinische Einordnung, Wirkmechanismen und Formulierungen für das Patientengespräch.

RAUM 2 — Ärzte & Therapeuten

Wärmeschwelle · Wirkmechanismen · Karenz als Diagnostikum · EHS-Praxis

Warum die Unterscheidung thermisch/nicht-thermisch medizinisch nicht mehr ignoriert werden kann

Die Antwort „Die Grenzwerte werden eingehalten, also besteht keine Gefahr“ verwechselt zwei unterschiedliche Schutzkonzepte: Schutz vor Erwärmung und Schutz vor biologischen Wirkungen unterhalb der Wärmeschwelle. Der Grenzwert beantwortet eine andere Frage als die, die in der Sprechstunde gestellt wird.

Was genau legen die Grenzwerte fest?

Die ICNIRP-Richtlinien von 2020 legen fest, dass die Körperkerntemperatur bei Ganzkörperexposition nicht um mehr als 1 °C ansteigen soll; für lokale Gewebe gelten je nach Gewebetyp 2 °C bzw. 5 °C [1]. ICNIRP begründet dies damit, dass die niedrigsten bekannten Expositionsschwellen für gesundheitsschädliche Effekte thermischer Natur seien — Grenzwerte auf dieser Basis würden deshalb auch vor allen anderen Effekten schützen [2]. Genau diese Annahme bestreitet ein Teil der Fachwelt [3, 4, 5, 6]: Sie unterstellt, dass es unterhalb der Wärmeschwelle keine relevanten biologischen Wirkungen gibt.

Für die ärztliche Praxis heißt das: Eine Exposition „unter dem Grenzwert“ bedeutet nicht automatisch Schutz vor jeder biologischen Wirkung.

Welche biologischen Mechanismen erklären nicht-thermische Effekte?

Mechanismen-Übersicht

Die Diskussion konzentriert sich auf drei zusammenhängende Ebenen: die elektrophysiologische Wirkung an spannungsgesteuerten Ionenkanälen der Zellmembran (VGCC, ausführlich Artikel 10), die nachgeschaltete Bildung reaktiver Sauerstoffspezies (ROS) und oxidativen Stress (ausführlich Artikel 2) sowie Veränderungen der Genexpression. Zu Schlaf-EEG, HRV und DNA-Befunden siehe Artikel 1.

Oxidativer Stress als nachgeschalteter Signalweg. Zahlreiche unabhängige Arbeitsgruppen zeigen vermehrte ROS-Bildung und erhöhte Marker oxidativen Stresses nach nicht-thermischer HF-Exposition, in Zell- und Tiermodellen einschließlich Hirngewebe [7, 8, 3]. ⊙

Oxidative Stressmarker bei EHS. Bei rund 80 % der untersuchten Patientinnen und Patienten mit selbst berichteter Elektrohypersensibilität waren periphere Marker oxidativen Stresses erhöht (TBARS, oxidiertes Glutathion, Nitrotyrosin) [9, 10]. ⊙ Die Einstufung beruht auf wiederholter klinischer Beobachtung an großen Patientenkollektiven einer spezialisierten Forschungsgruppe; eine Replikation durch unabhängige Arbeitsgruppen mit vergleichbarer Methodik steht noch aus.

Genexpression und Epigenetik. In-vitro- und In-vivo-Studien beschreiben Veränderungen der Genexpression und epigenetische Modifikationen nach HF-Exposition unterhalb der Erwärmungsschwelle [3]. ○

Wie könnte eine direkt verwendbare Gesprächsformulierung lauten?

Formulierungsvorschläge für die Praxis

„Ihre Beschwerden sind ein wichtiges Signal Ihres Körpers. Wir schauen sie uns gemeinsam an.“

„Die Grenzwerte schützen nur vor Erwärmung. Was schwache Funkbelastung sonst im Körper bewirkt, erfassen sie nicht.“

„Wo sehen Sie selbst Möglichkeiten, Funk in Ihrem Alltag zu verringern?“

Welche Patientengruppen sind besonders zu beachten?

Kinder gelten als besonders empfindlich: Ihr Nervensystem entwickelt sich noch, ihr Schädel ist dünner, und wegen der höheren Leitfähigkeit jungen Hirngewebes dringt Funkstrahlung relativ zur Kopfgröße tiefer ein [3]. Zu Aufmerksamkeits- und Verhaltensbefunden siehe Artikel 1.

Patientinnen und Patienten mit selbst berichteter EHS stellen die Frage nach nicht-thermischen Effekten in der Praxis besonders häufig. Eine strukturierte Expositionskarenz kann helfen, Beschwerdeverläufe mit der Exposition in Beziehung zu setzen; die ersten Schritte bestimmt die Patientin oder der Patient mit. Zu Provokationsstudien und Stabilisierungsphase siehe Artikel 29, zu Abschirmung und baubiologischen Maßnahmen Artikel 22.

Ärztliches Fazit

Die Unterscheidung zwischen thermischen und nicht-thermischen Effekten ist keine akademische Feinheit, sondern hat direkte Folgen für die Beratung: Ein „grenzwertkonformer" Zustand schließt nicht-thermische Effekte nicht aus, weil die Grenzwerte dafür nicht konzipiert wurden. Die vorsorgliche Empfehlung zur Expositionsreduktion ist deshalb medizinisch begründbar — sie kostet nichts, schadet nicht und trägt der bestehenden Unsicherheit Rechnung.

→ Die regulatorische Begründung, die Kritik an der SAR-Dosimetrie und die Einordnung des Erwartungseffekt-Einwands finden Sie im folgenden Abschnitt.

RAUM 3 — Wissenschaft & Fachkreise

ICNIRP-Rationale · SAR-Dosimetrie · IARC 2B · EUROPAEM · Erwartungseffekt-Einwand

Was genau schützen die ICNIRP-Grenzwerte — und was nicht?

Die ICNIRP-Richtlinien von 2020 definieren als gesundheitsschädlichen Effekt bei Ganzkörperexposition einen Anstieg der Körperkerntemperatur um mehr als 1 °C, bei lokaler Exposition je nach Gewebetyp um 2 °C oder 5 °C [1]. Wie daraus die Grenzwerte samt Sicherheitsfaktoren abgeleitet werden, beschreibt Artikel 3.

ICNIRP begründet den Ansatz damit, dass die niedrigsten Expositionsniveaus mit bekannten gesundheitsschädlichen Effekten auf thermischen Mechanismen beruhen und Grenzwerte gegen diese Effekte deshalb auch vor allen anderen schützen [2]. Das ist eine regulatorische Position, keine empirisch geprüfte Feststellung über das Fehlen nicht-thermischer Wirkschwellen.

Kein Schadensnachweis ≠ Sicherheitsnachweis. Ein Grenzwert, der Erwärmung verhindert, trifft keine Aussage darüber, ob er auch andere biologische Wirkungen verhindert.

Selbst die thermische Schutzlogik hat Lücken. Eine dosimetrische Analyse von Health Canada prüfte die ICNIRP-2020-Basisgrenzwerte für lokale Exposition oberhalb 6 GHz. Die angenommenen Sicherheitsfaktoren wurden nicht in allen Szenarien eingehalten — besonders bei kurzen Pulsen ab 30 GHz mit kleinem Strahldurchmesser; im ungünstigsten Fall lagen die berechneten Gewebeerwärmungen bis zu 3,6-fach über den Zielwerten [11]. Dieser Befund betrifft die thermische Modellierung selbst, nicht die Frage nicht-thermischer Wirkschwellen.

Was zeigt die Kritik an der SAR-Dosimetrie?

Panagopoulos, Johansson und Carlo argumentieren, dass die spezifische Absorptionsrate (SAR) als alleiniges Dosismaß für biologische Effekte ungeeignet ist: Sie bildet nur die aufgenommene Energie ab, nicht aber Feldparameter wie Polarisation, Pulsung oder Modulation, die für nicht-thermische Effekte relevant sein können [5]. Die EUROPAEM-Leitlinie 2016 kommt zum gleichen Schluss: Für nicht-thermische Effekte sei die SAR keine angemessene Expositionsgröße; stattdessen sollten Feldstärke oder Leistungsflussdichte zusammen mit der Expositionsdauer verwendet werden. Die Leitlinie leitet daraus deutlich niedrigere Vorsorgewerte ab, insbesondere für empfindliche Gruppen und die Nachtexposition [12]. Beides sind methodische Positionen, keine biologischen Befunde — deshalb ohne Wissensstandsmarker. Den VGCC-Mechanismus und die biophysikalische Gegenposition behandelt Artikel 10.

Wie hat die IARC die Krebsgefahr eingeordnet?

Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) der WHO stufte hochfrequente elektromagnetische Felder 2011 als „möglicherweise krebserregend für den Menschen“ ein (Gruppe 2B), gestützt auf ein erhöhtes Risiko für Gliome und Akustikusneurinome bei intensiver Mobiltelefonnutzung [13, 14]. 2024 empfahl die IARC-Beratergruppe eine Neubewertung mit hoher Priorität [15]. Studienlage und epidemiologische Kennzahlen behandelt Artikel 5.

Zur personellen und institutionellen Unabhängigkeit der ICNIRP-Evidenzbasis siehe Artikel 26.

Wie lässt sich der Erwartungseffekt-Einwand bei EHS fair einordnen?

Ein Teil der Fachliteratur erklärt die Beschwerden EHS-Betroffener über einen Erwartungseffekt: In doppelblinden Provokationsstudien konnten viele Teilnehmende echte und Schein-Exposition nicht überzufällig unterscheiden [16]. Dieser Erklärungsansatz setzt voraus, dass die Erwartung einer Schädigung den Beschwerden vorausgeht. Nach klinischer Erfahrung treten die Beschwerden bei den meisten Betroffenen jedoch zuerst auf; den Zusammenhang mit Funkexposition vermuten sie erst später, oft nach langer diagnostischer Odyssee. Ein bekanntes Beispiel ist Ulrich Weiner: Der gelernte Kommunikationselektroniker nutzte und entwickelte Funkanwendungen schon als Jugendlicher, baute ein eigenes Unternehmen mit rund 20 Mitarbeitern auf und hielt eine Überempfindlichkeit gegenüber genau dieser Technik lange für undenkbar; zuletzt lebte er zurückgezogen im Wald [17]. Diese zeitliche Reihenfolge — erst die Beschwerden, dann die Vermutung — begrenzt die Reichweite des Erwartungseffekt-Arguments erheblich (vertiefend Artikel 12 und 22). Hinzu kommen die objektiv gemessenen oxidativen Stressmarker bei einem großen Teil der untersuchten EHS-Patientinnen und -Patienten [9, 10] ⊙, eingestuft im oben beschriebenen Sinn — ein Befund, der sich mit einer rein psychogenen Erklärung schwer vereinbaren lässt. Schließlich ein methodischer Punkt: Den meisten Provokationsstudien fehlt eine mehrtägige Stabilisierungsphase vor der Provokation, wodurch sie in Richtung falsch-negativer Ergebnisse vorbelastet sind (ausführlich Artikel 29).

Welche methodischen Grenzen bleiben insgesamt bestehen?

- Die Mehrzahl der zellulären VGCC-Befunde stammt aus In-vitro-Studien; für chronische Ganzkörperexposition beim Menschen liegen weniger Daten vor.
- Provokationsstudien zu EHS zeigen je nach Design und Verblindungsqualität unterschiedliche Ergebnisse [16].
- Finanzierungsquellen sind ein anzugebender methodischer Faktor: Industrienahe Finanzierung geht in mehreren Bereichen der Umweltepidemiologie mit tendenziell unauffälligeren Ergebnissen einher (ausführlich Artikel 28) — ein methodischer Hinweis, kein automatischer Beleg für verzerrte Einzelergebnisse.
- Behördenbewertungen (ICNIRP, BfS, SCHEER) dienen hier der Einordnung regulatorischer Kommunikation, nicht als neutrale Referenz für die Frage nach der biologischen Wirkschwelle.

Wissensstandsmarker

- ○ **Hinweise vorhanden** — Erste Beobachtungen liegen vor. Noch keine unabhängige Bestätigung.
- ◉ **Unabhängig bestätigt** — Mehrere Forschungsgruppen kommen zu vergleichbaren Ergebnissen.
- ● **Biophysikalisch belegt** — Wirkmechanismus reproduzierbar nachgewiesen und beschrieben.

#	Quelle
1	ICNIRP: Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). Health Phys. 2020;118(5):483–524.
2	ICNIRP: RF EMF Guidelines 2020 — Frequently Asked Questions. icnirp.org.
3	Belpomme D, Hardell L, Belyaev I, Burgio E, Carpenter DO: Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: An international perspective. Environ Pollut. 2018;242(Pt A):643–658.
4	Nyberg NR, McCredden JE, Weller SG, Hardell L: The European Union assessments of radiofrequency radiation health risks – another hard nut to crack (Review). Rev Environ Health. 2022 (online).
5	Panagopoulos DJ, Johansson O, Carlo GL: Evaluation of Specific Absorption Rate as a Dosimetric Quantity for Electromagnetic Fields Bioeffects. PLoS One. 2013;8(6):e62663.
6	International Commission on the Biological Effects of Electromagnetic Fields (ICBE-EMF): Scientific evidence invalidates health assumptions underlying the FCC and ICNIRP exposure limit determinations for radiofrequency radiation: implications for 5G. Environ Health. 2022;21:92. https://doi.org/10.1186/s12940-022-00900-9
7	Yakymenko I, Tsybulin O, Sidorik E, Henshel D, Kyrylenko O, Kyrylenko S: Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. Electromagn Biol Med. 2016;35(2):186–202.
8	BERENIS (Beratende Expertengruppe Nicht-Ionisierende Strahlung): Newsletter-Sonderausgabe — Gibt es Hinweise auf vermehrten oxidativen Stress durch elektromagnetische Felder? Bundesamt für Umwelt (BAFU), Januar 2021.

#	Quelle
9	Belpomme D, Campagnac C, Irigaray P: Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder. Rev Environ Health. 2015;30(4):251–271.
10	Irigaray P, Caccamo D, Belpomme D: Oxidative stress in electrohypersensitivity self-reporting patients: Results of a prospective in vivo investigation with comprehensive molecular analysis. Int J Mol Med. 2018;42(4):1885–1898.
11	Lemay E, Gajda GB, McGarr GW, Zhuk M, Paradis J (Health Canada): Analysis of ICNIRP 2020 Basic Restrictions for Localized Radiofrequency Exposure in the Frequency Range above 6 GHz. Health Phys. 2022;123(3):179–196. https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001581
12	Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M, Kundi M, Moshammer H, Lercher P, Müller K, Oberfeld G, Ohnsorge P, Pelzmann P, Scheingraber C, Thill R: EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. Rev Environ Health. 2016;31(3):363–397. https://doi.org/10.1515/reveh-2016-0011
13	IARC/WHO: IARC classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields as Possibly Carcinogenic to Humans. Press Release No. 208, 31. Mai 2011.
14	Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Islami F, Galichet L, Straif K: Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. Lancet Oncol. 2011;12(7):624–626. https://doi.org/10.1016/S1470-2045(11)70147-4
15	IARC Monographs Priorities Group: Advisory Group recommendations on priorities for the IARC Monographs during 2025–2029. Lancet Oncol. 2024. https://doi.org/10.1016/S1470-2045(24)00208-0
16	Rubin GJ, Nieto-Hernandez R, Wessely S: Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly 'electromagnetic hypersensitivity'): An updated systematic review of provocation studies. Bioelectromagnetics. 2010;31(1):1–11.
17	WDR: Der Mann, der im Wald lebt — Aus dem Leben eines Elektrosensiblen. Dokumentation, Reihe „Menschen hautnah“, 2017. Ergänzend: Selbstauskünfte Ulrich Weiners auf seiner weiterhin betriebenen Internetseite.