Sind Funkwellen gefährlich für die Gesundheit? Was die Wissenschaft sagt.

2026-10-28 | USKA Sektion Bern
Dr. Jürg Eberhard

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

EINSTIEG ELEKTROMAGNETISCHE FELDER (EMF)

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

- Was messen wir in diesem Raum?
  - Welche Frequenzen? Was könnten das für Quellen sein?



Agenda

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

- Über die FSM
- Nicht-ionisierende Strahlung (NIS) – elektromagnetische Felder (EMF)
- Grenzwerte für hochfrequente EMF
- Hochfrequente EMF und Krebs
- Nicht-thermische Wirkungen
- Gesamtbeurteilung möglicher negativer gesundheitlicher Auswirkungen
- Exposition
- Monitoring von hochfrequenten EMF in der Schweiz

Über die Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation

ÜBER DIE FORSCHUNGSSTIFTUNG

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

- **Gemeinnützige Stiftung** unter eidg. Aufsicht
- gegründet **2003**
- Sitz an der **ETH Zürich**, Institut für elektromagnetische Felder

Stiftungszwecke:

- Die **Förderung** von Forschung über Technologien, welche elektromagnetische Felder emittieren bzw. nutzen.
- Die **interessenneutrale Vermittlung** von Forschungsfakten an die Gesellschaft. (Aufklärung, Risikokommunikation).
- Wirkung als **Kompetenzzentrum** für Fragen rund um EMF, auch dank **Monitoring der internationalen Forschungstätigkeit**.

FINANZIERUNG DURCH INDUSTRIESPONSOREN

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

- Sponsoren unterstützen mit ihrem Beitrag sowohl die **Projektfinanzierung** als auch die Arbeit der **Geschäftsstelle**

- Besetzen zusammen **einen Sitz im Stiftungsrat**

swisscom swissgrid Sunrise cellnex driving telecom connectivity ETH zürich FL1 TELECOM LIECHTENSTEIN

VERNETZUNG DURCH TRÄGERSCHAFTEN

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

BPUK DTAP DCPA

EnDK
Konferenz Kantonaler Energiedirektoren
Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie
Conferenza dei direttori cantonali dell'energia
Conferenza dals directurs chantunals d'energia

Schweizerisches Konsumentenforum

krebsliga



SCHWEIZER HEIMATSCHUTZ
PATRIMOINE SUISSE
PATRIMONIO SVIZZERO
PROTECZIUN DA LA PATRIA

IHS
Ingenieur Hospital Schweiz
Ingénieur Hôpital Suisse

VSE AES

satw it's all about technology

asut

electro suisse

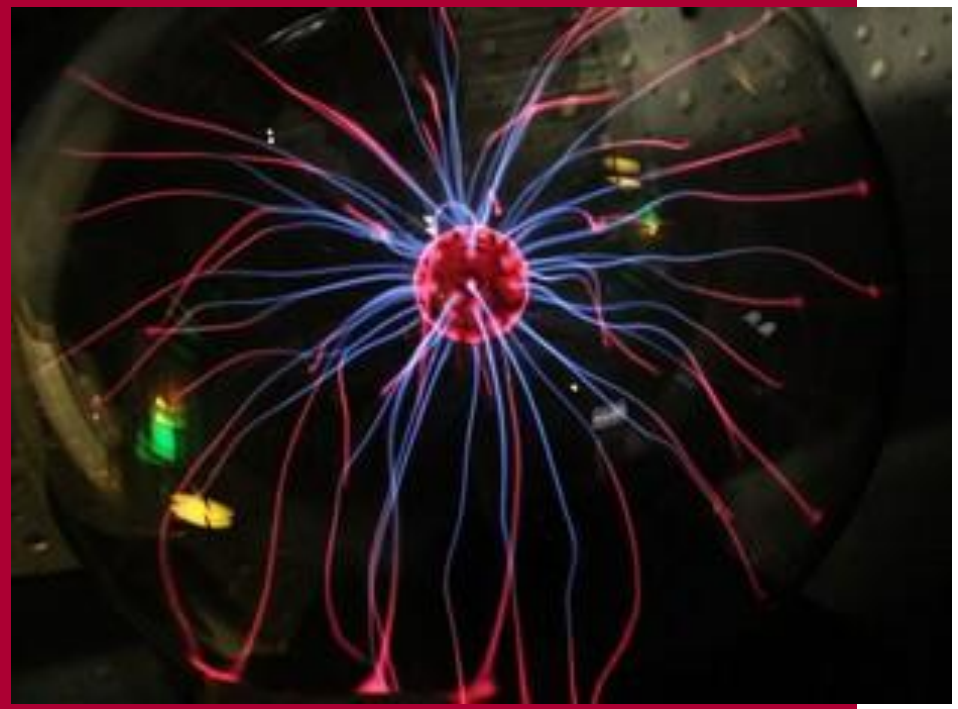
SUISSEDIGITAL
VERBAND FÜR KOMMUNIKATIONSNETZE
ASSOCIATION DES RESEAUX DE COMMUNICATION

SWICO

FKH

FORSCHUNGSFÖRDERUNG

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

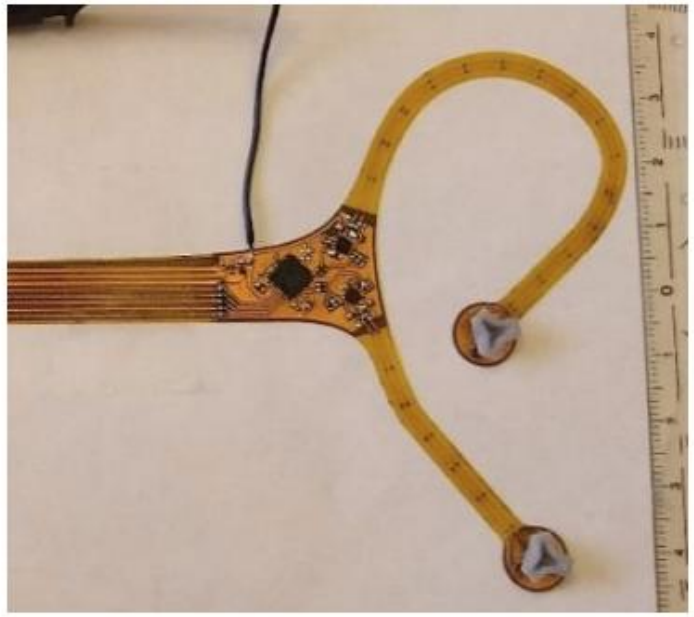


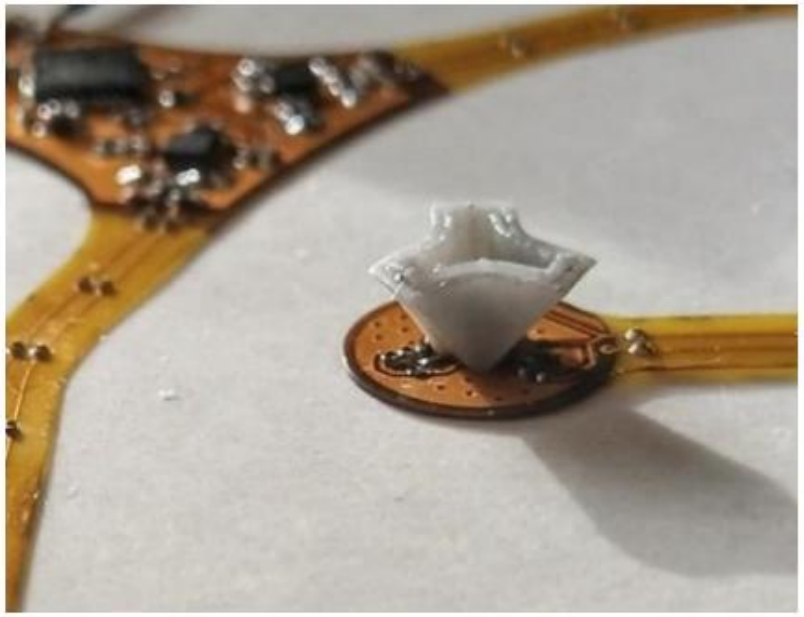
- Die Projektvergabe geschieht völlig **unabhängig** von den Geldgebern.
- Projektnehmer sind verpflichtet, ihre **Forschungsresultate** in wissenschaftlichen Medien zu veröffentlichen.
- Die Beurteilung der Forschungsgesuche und die Auswahl der förderungswürdigen Projekte obliegen dem **Wissenschaftlichen Ausschuss** der Stiftung.
- Er garantiert für **forschungspolitische Unabhängigkeit** und hohe **wissenschaftliche Qualität** der unterstützten Projekte.

PROJEKTBEISPIEL

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

- **Entwicklung eines Nahfeldmesssystems zur besseren Erfassung der persönlichen Exposition**







PROJEKTBEISPIEL

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

- **Bewertung der EMF-Emissionen aus der neuen LEO-Satellitenkommunikation (z. B. Starlink)**

- Schätzung der RF-EMF-Exposition der Umwelt durch Satelliten-Downlinks
- Schätzung der persönlichen Expositionswerte durch Satelliten-Uplinks
- Vergleich der Expositionsmuster mit herkömmlichen terrestrischen Netzwerken

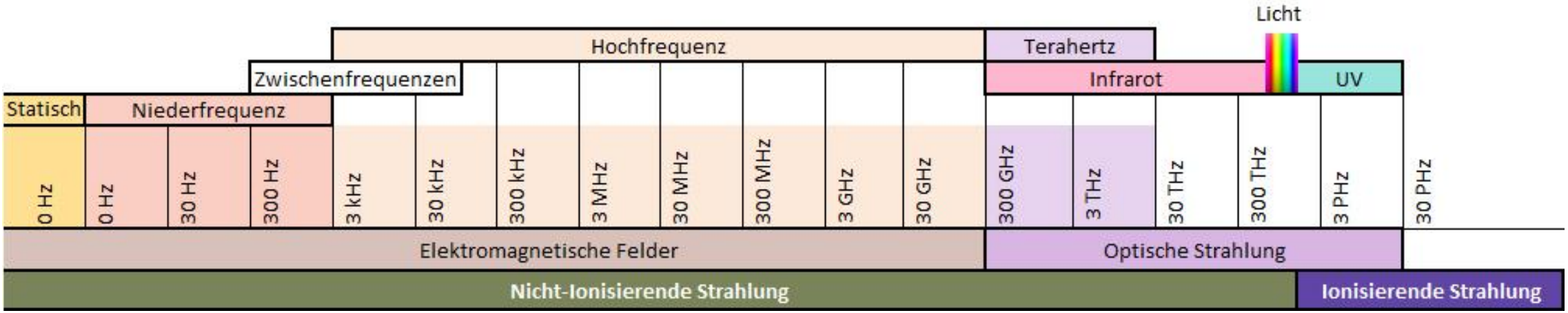


Nicht-ionisierende Strahlung (NIS) – elektromagnetische Felder (EMF)

Biologische Wirkungen

FREQUENZSPEKTRUM

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication



Kraft-wirkung

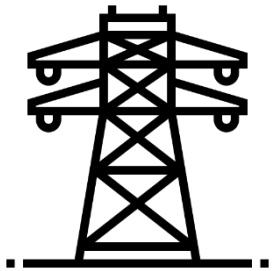
Reizwirkung
Nervenstimulation

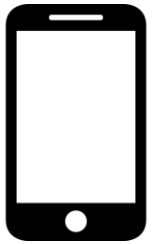
Biologische Wirkung

Ionisation

Wärmewirkung

Wärmewirkung
Verbrennung



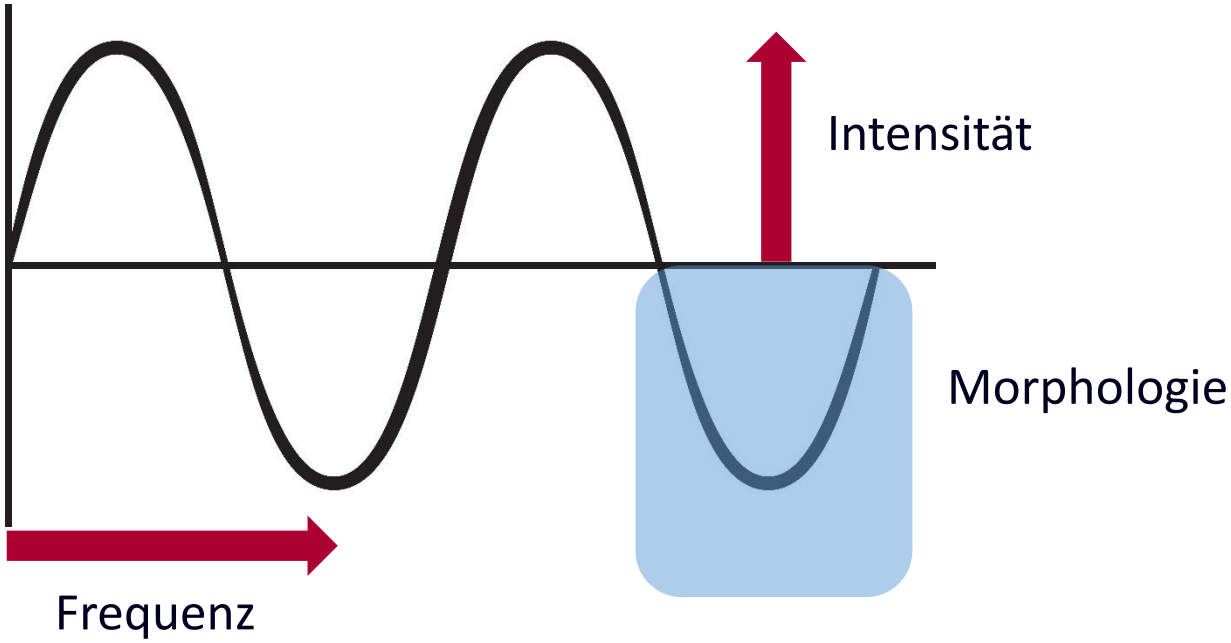




BIOLOGISCHE WIRKUNG

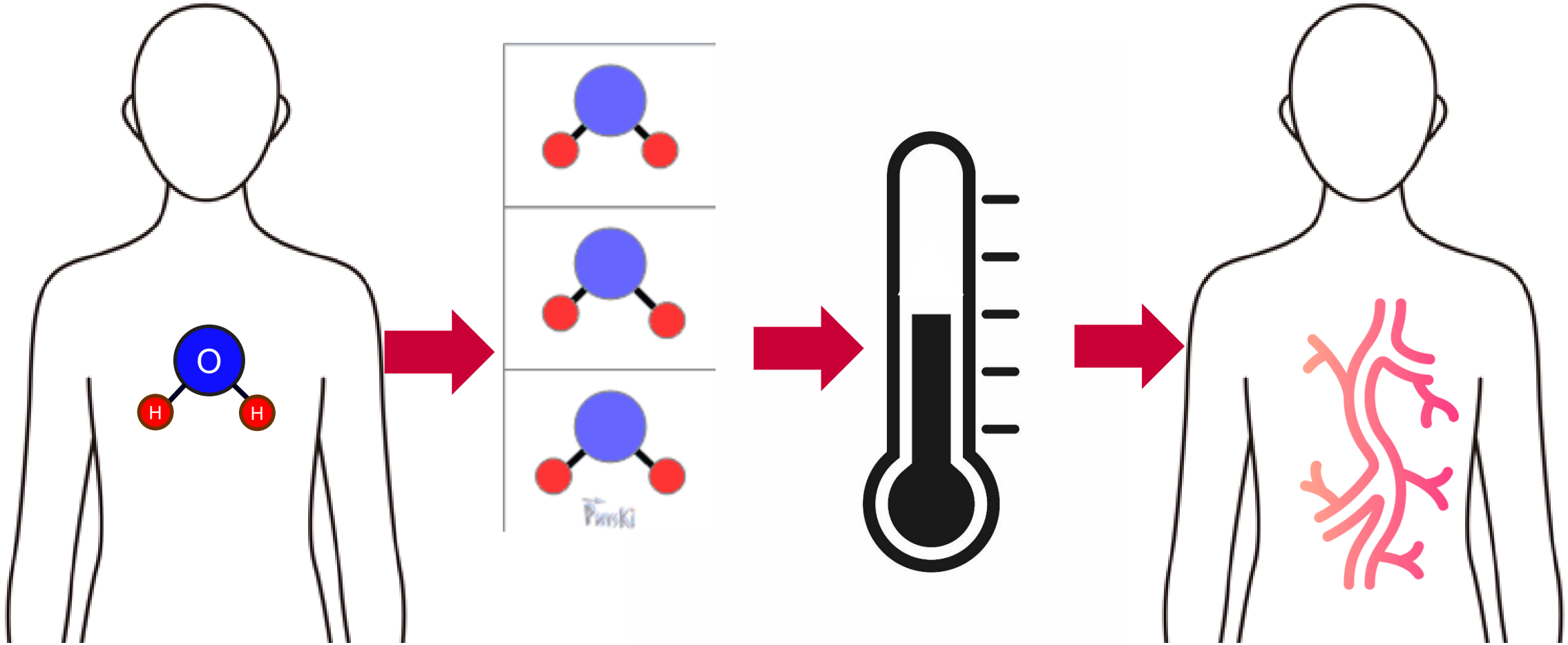
FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

- **Einflussfaktoren**



WIE FUNKTIONIERT DIE ERWÄRMUNG?

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication



Molekülschwingungen. (29. Juli 2020). *PhysKi,* . Abgerufen am 27. August 2024, 12:20 von https://www2.physki.de/PhysKi/index.php?title=Molek%C3%BClschwingungen&oldid=8936.

WIE FUNKTIONIERT DIE ERWÄRMUNG

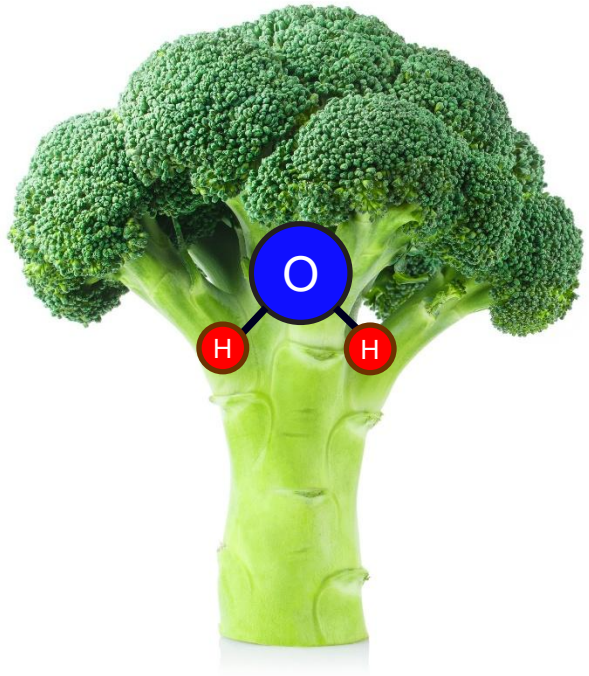
FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

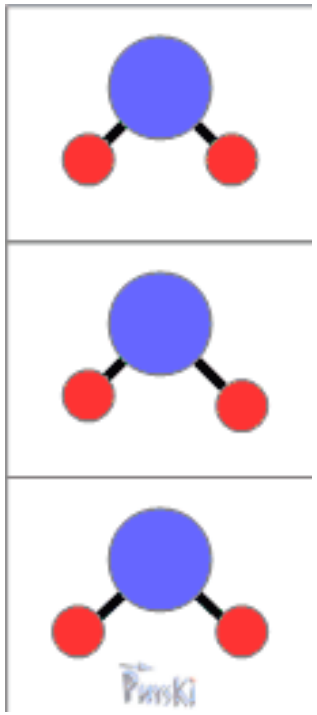
- Mikrowelle
- Arbeitet bei der gleichen Frequenz wie WLAN (2.4 GHz)



WIE FUNKTIONIERT DIE ERWÄRMUNG?

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication







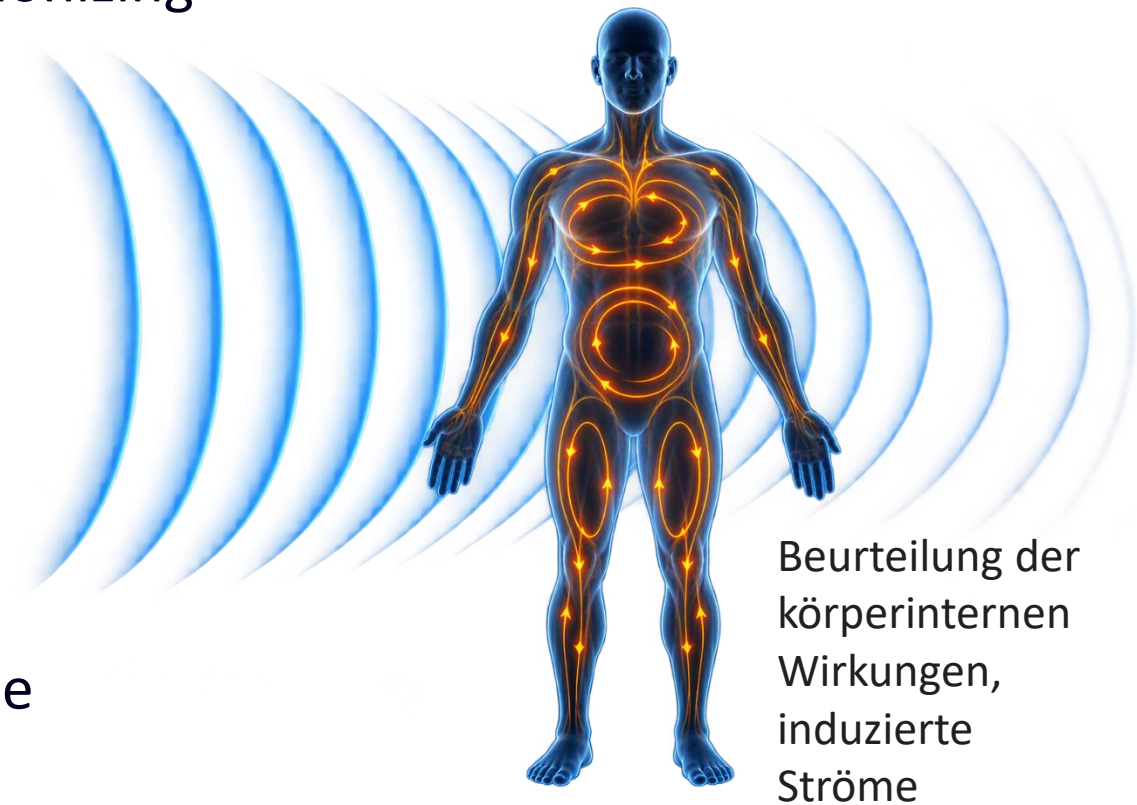
Grenzwerte für hochfrequente EMF (in der Umwelt)

GRENZWERTEMPFEHLUNGEN ICNIRP

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

- ICNIRP (International Commission on Non-ionizing Radiation Protection)
- Guidelines 100 kHz – 300 GHz

- Limite zur Begrenzung Anstieg der Körpertemperatur max. 1° C:
  SAR = 4 W kg^{-1}
  (gemittelt über ganzen Körper und Intervall von 30')
  - Reduktion um Faktor 10 für Berufsleute
  - Reduktion um Faktor 50 für Allgemeinbevölkerung



Beurteilung der körperinternen Wirkungen, induzierte Ströme

GRENZWERTE CH – UMWELTSCHUTZGESETZ

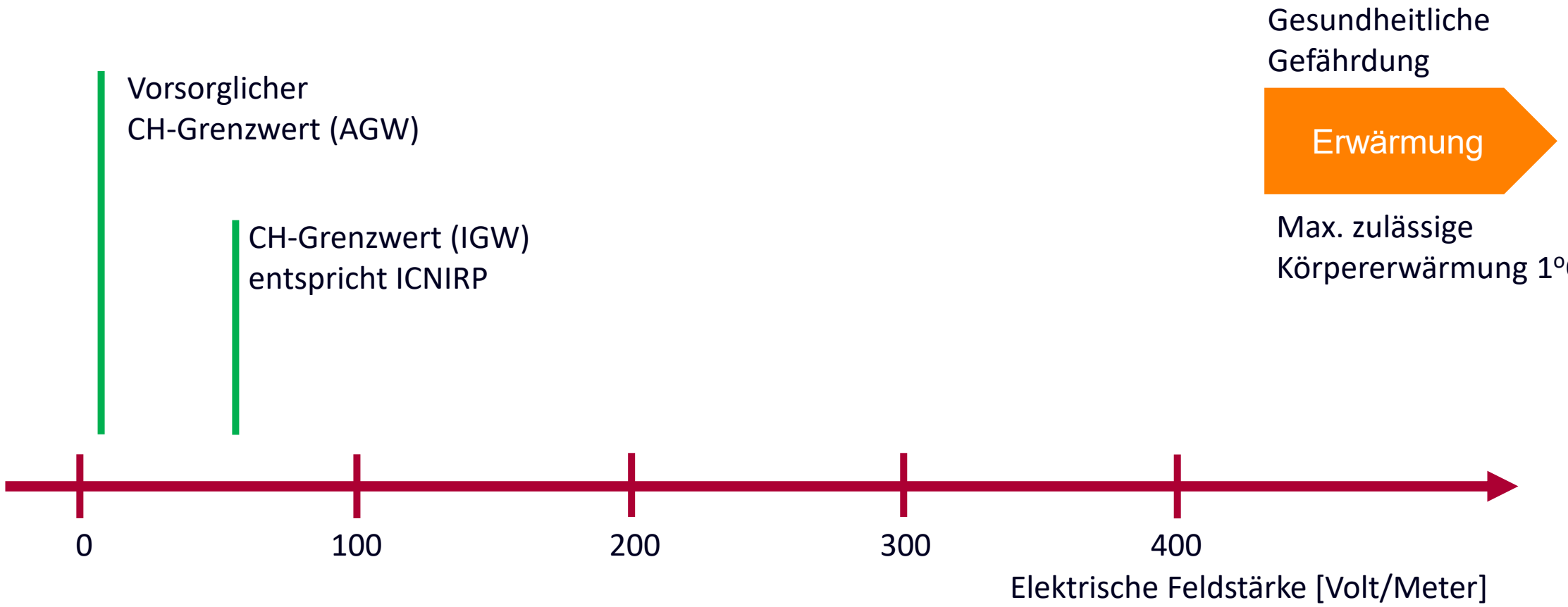
FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

2. Stufe Verschärfung	Immissions-Grenzwerte einhalten	• **Ziel:** Schutz des Menschen vor den wissenschaftlich nachgewiesenen Effekten (Erwärmung des Körpergewebes) • müssen überall eingehalten werden, wo sich Menschen aufhalten können – keine Ausnahmen erlaubt
1. Stufe Vorsorge	Anlagengrenz-werte einhalten	• **Ziel:** Begrenzung der Strahlung so weit dies technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar ist; Sicherheitsmarge schaffen für ev. künftige Erkenntnisse • Alle Anlagen müssen die für sie geltenden vorsorglichen Anlagegrenzwerte bei allen Orten mit empfindlicher Nutzung einhalten • Abschliessende Konkretisierung der Vorsorge: Ausnahmen sind nur dort erlaubt, wo dies ausdrücklich vorgesehen ist.

GRENZWERTE CH NISV (ortsfeste Anlagen)

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

- Intensität von Mobilfunk bei 3.5 GHz (5G)

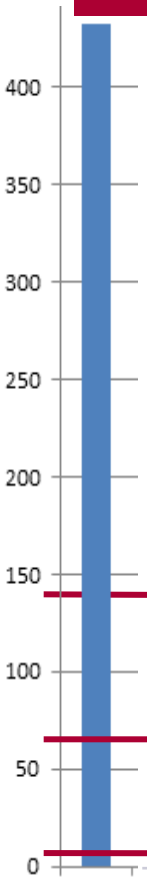


GRENZWERTE ICNIRP – CH NISV (Anlagen)

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

Basis sind die Empfehlungen der ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)

Schwellenwert: maximal zulässige Erwärmung 1°C, darunter keine konsistent nachgewiesenen gesundheitlichen Effekte



ICNIRP
- ausgerichtet auf Dosis
- Mass ist die absorbierte Energie in W/kg

CH – NISV
- ausgerichtet auf Exposition
- Mass ist die Immission, elektrische Feldstärke in V/m

Occupational (Arbeitsmedizinischer-GW)

General Public Bevölkerung (Immissions-GW)

Vorsorge (Anlagen-GW)

Sicherheitsfaktor 5000

Sicherheitsfaktor 70

dargestellt für Frequenzen > 2 GHz und Ganzkörperexposition
NISV: Verordnung über den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung, Vorsorgeprinzip gemäss Umweltschutzgesetz

Hochfrequente EMF und Krebs

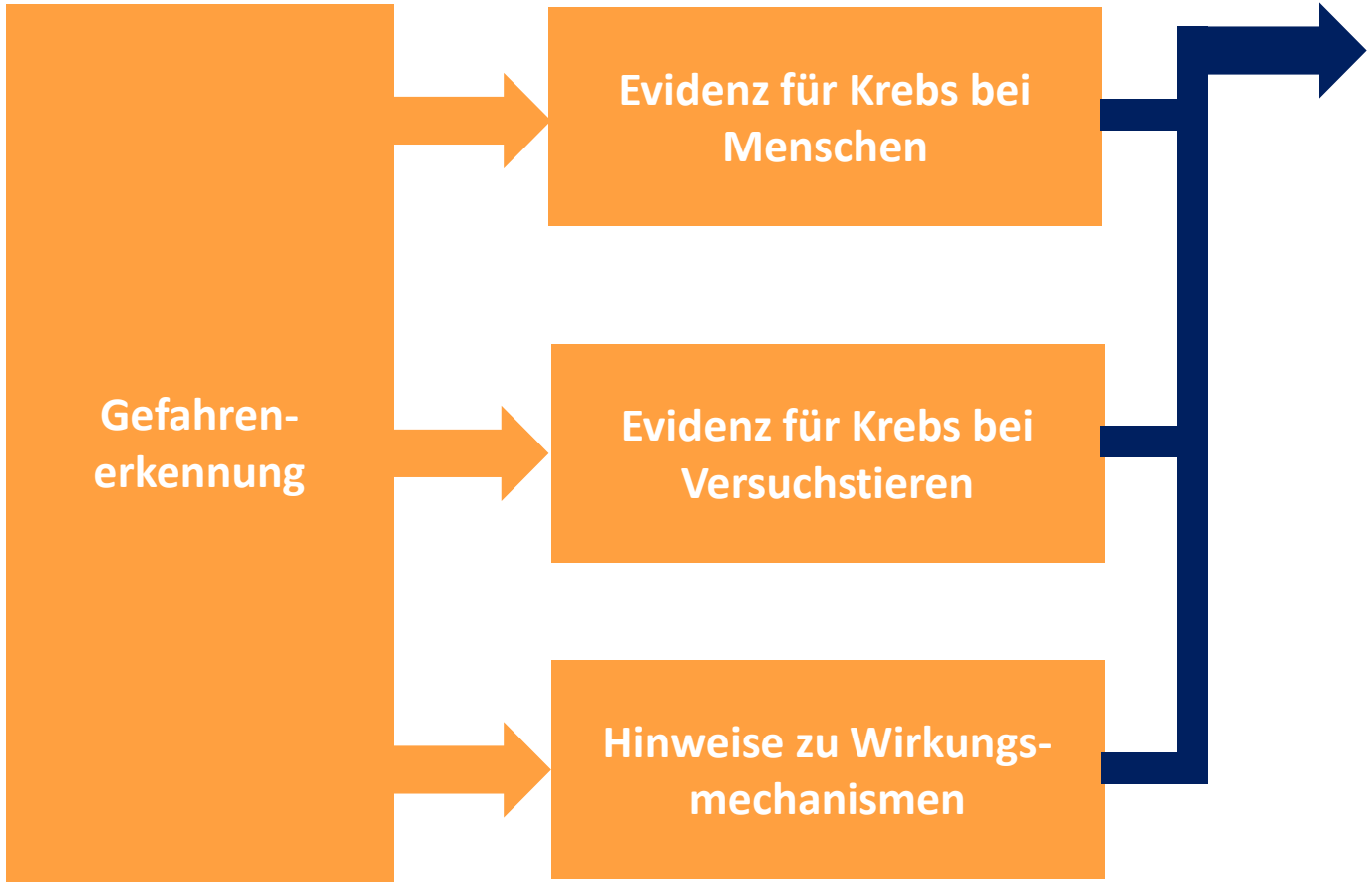
EINSCHÄTZUNG WHO / IARC

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

- International Agency for Research on Cancer (IARC) ist eine Unterorganisation der WHO
- hat 2011 hochfrequente EMF der Gruppe 2B als möglicherweise kanzerogen zugeordnet (Hirntumore), hauptsächlich auf der Basis von zwei epidemiologischen Studien
  - limitierte Evidenz für Hirntumore beim Gebrauch von Mobiltelefonen
  - inadäquate Evidenz für Krebs durch EMF in der Umwelt
- Gruppe 2B: aktuell 329 Stoffe, z.B. Aloe Vera, Benzin
- **Allein aufgrund Klassifizierung keine Aussage über Risiko möglich**



IARC EVIDENZ-BEURTEILUNG



Gruppe	Bedeutung
1	kanzerogen
2A	vermutlich kanzerogen
2B	möglicherweise kanzerogen
3	nicht klassifizierbar als kanzerogen

Grad der Gewissheit der Einschätzung

Gesamtbeurteilung

KREBSSTATISTIK | HIRNTUMORE

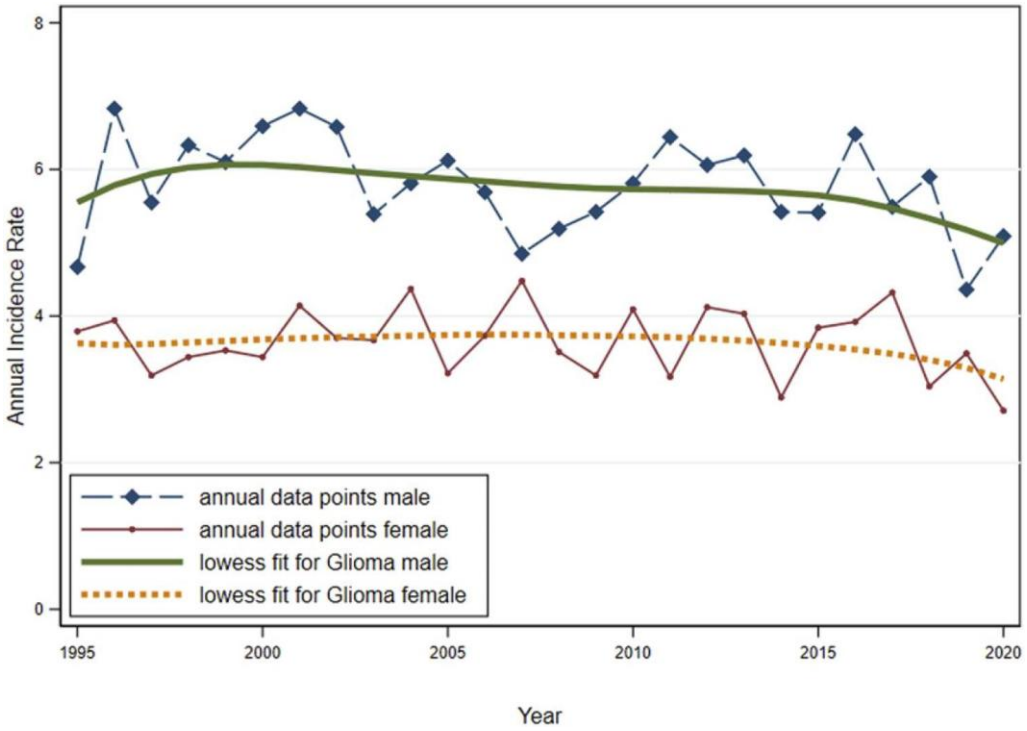
FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

- Hirntumorrisiko bei Handynutzern?
  - Seltene Tumorart (1.5% aller Krebserkrankungen)
- Entwicklung der Krankheit (Neuerkrankungen pro Jahr)
  - Falls Risiko: Zunahme nach Einführung Mobiltelefone
  - Latenzzeit
  - Was sagt die Statistik?

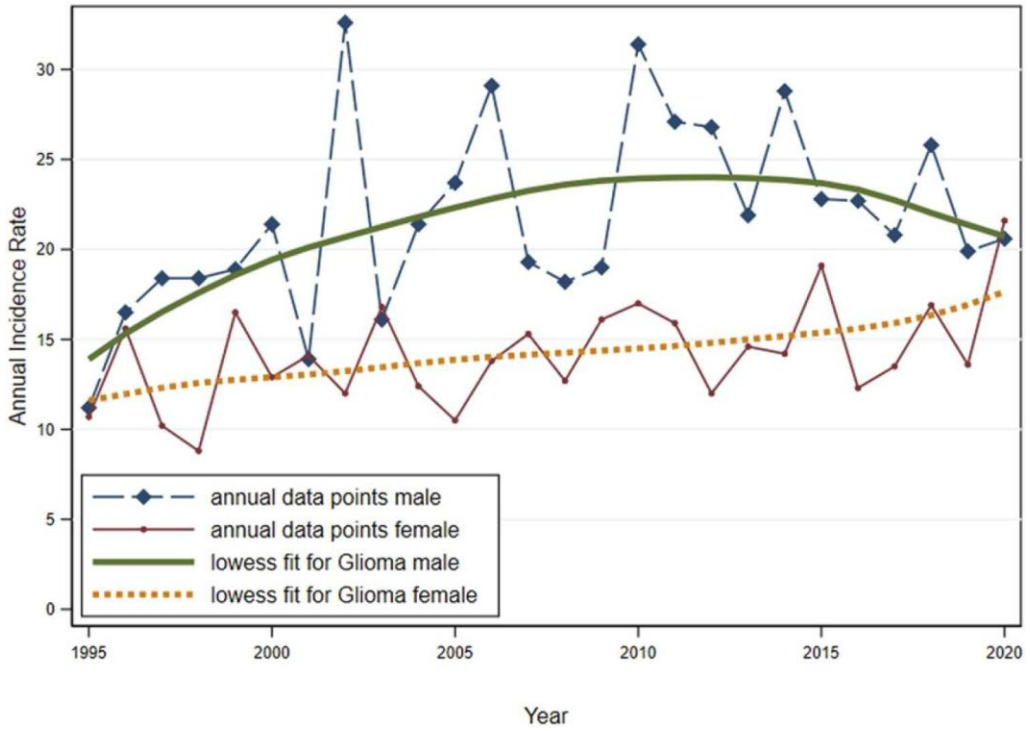
KREBSSTATISTIK | HIRNTUMORE NEUSEELAND

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

verbesserte Diagnostik



Alter 10 bis 69 (pro 100’000 Einwohner)



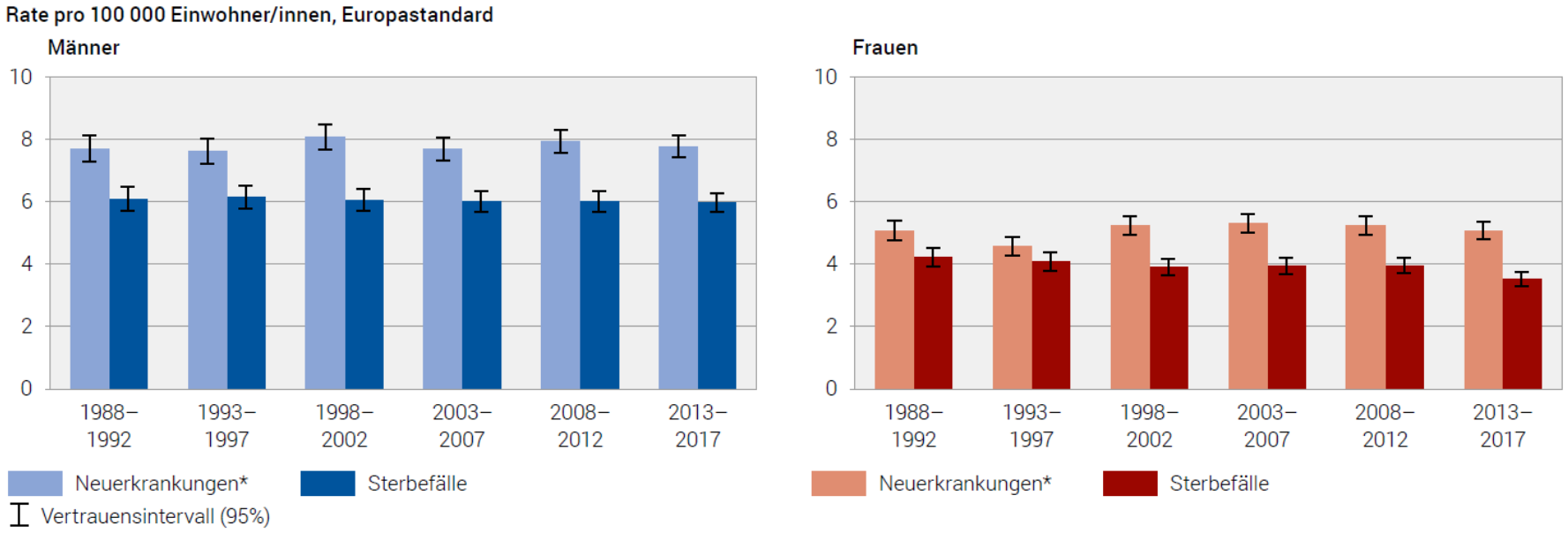
Alter > 70 (pro 100’000 Einwohner)

Quelle: Elwood, J. M., et al. (2022). "Trends in brain cancers (glioma) in New Zealand from 1995 to 2020, with reference to mobile phone use”

KREBSSTATISTIK | HIRNTUMORE SCHWEIZ

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

Krebs des Gehirns und des Zentralnervensystems: Zeitliche Entwicklung G 4.19.4



* Neuerkrankungen geschätzt aufgrund der Daten der Krebsregister

«Kein Zusammenhang wurde zwischen der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und Hirntumoren gefunden. Das trifft angesichts zahlreicher internationaler Studien auch für die Nutzung von Mobiltelefonen zu.»

Quelle: Bundesamt für Statistik (2021). “Schweizerischer Krebsbericht 2021”

Nicht-thermische Wirkungen

NICHT-THERMISCHE WIRKUNGEN

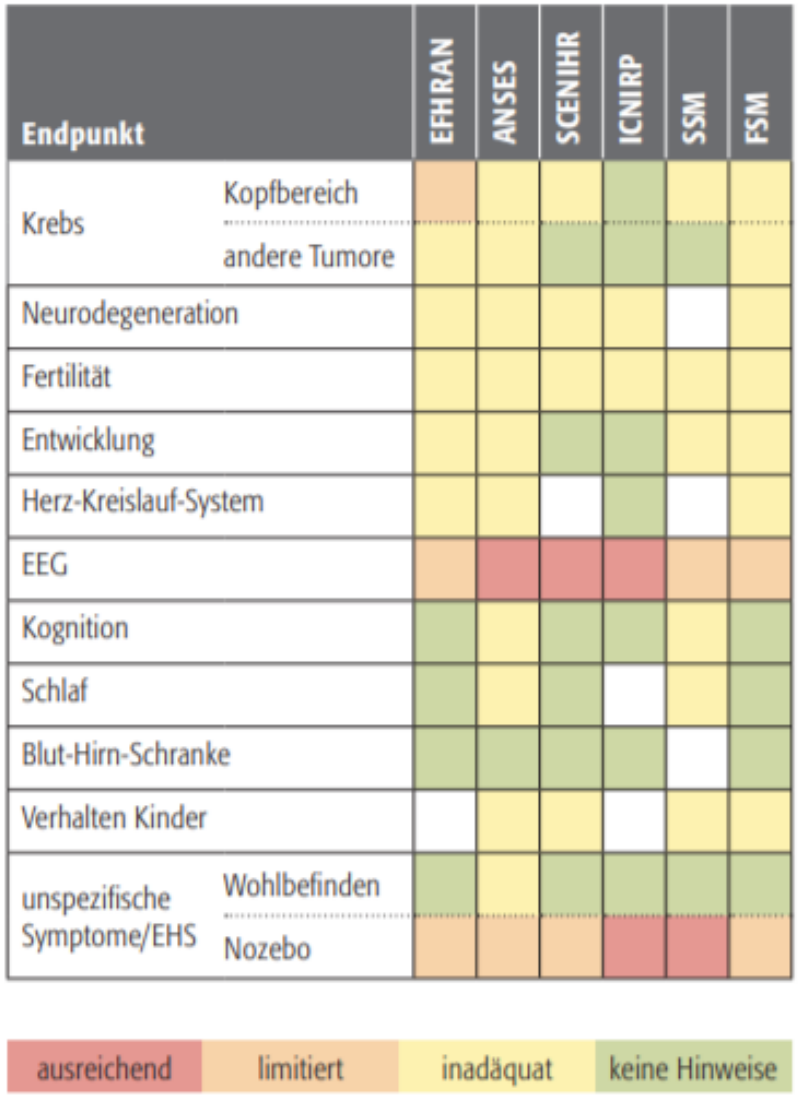
FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

- Biologische Effekte teilweise auch unterhalb Grenzwerte beobachtet
- Evidenz inadäquat
  - Widersprüchliche Studienresultate
  - Resultate ungenügend reproduziert
  - Wirkmechanismen unklar
  - (generell: viele qualitativ ungenügende Forschungsarbeiten)

Gesamtbeurteilung möglicher negativer gesundheitlicher Auswirkungen

GESAMTBEURTEILUNG FSM et al.

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication



Einschätzung etablierter wissenschaftlicher Fachgremien/Organisationen

Quelle	FSM, G. Dürrenberger, J. Fröhlich, H. Kastenholz, Mobilfunk – ein Risiko?, 2019

Organisationen

EFHRAN	European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure (EU)
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (FR)
SCENIHR	Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (EU)
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (International)
SSM	The Swedish Radiation Safety Authority (SWE)
FSM	Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation (CH)

Evidenzbeurteilung nach IARC (International Agency for Research on Cancer), WHO

ausreichend	Die vorliegenden Arbeiten sind von guter Qualität und weisen auf einen Effekt hin.
limitiert	Die vorliegenden Arbeiten weisen auf einen Effekt hin. Die Aussagekraft ist aber nicht über jeden Zweifel erhaben. Eine ursächliche Beziehung kann nicht nachgewiesen werden.
inadäquat	Die Studien sind zu wenig aussagekräftig und/oder widersprüchlich für eine seriöse bzw. aussagekräftige Beurteilung, oder: Der Endpunkt wurde kaum untersucht.
keine Hinweise	Die vorliegenden Studien sind von guter Qualität und weisen auf keinen Effekt hin.

GESAMTBEURTEILUNG WHO (Tabelle BAFU)

FSM | Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for Electricity and Mobile Communication

	Human-Studien	Tierstudien
Wohlbefinden und generelle Gesundheit	Kopfschmerzen und generelle Symptome (Ganzkörperexposition) [Bosch-Capblanch 2024] [---]	Hinweise auf oxidativen Stress in Nagern (Blutserum, Thymus, Hoden) [Meyer 2024] [+]
	Kopfschmerzen (Kopfexposition und bei EHS-Personen) und Wahrnehmung der Strahlung (EHS-Personen) [Bosch-Capblanch 2024] [--]	Oxidativer Stress (Inkonsistente Befunde für Gehirn, Leber, Blut in Tierstudien sowie in Zellkulturen) [Meyer 2024] [-]
	Tinnitus und Migräne, Schlafstörungen und Wahrnehmung der Strahlung von EHS-Personen [Röösli 2024] [-]	
Krebsentstehung	Tumore beim Menschen durch Nahfeldexposition (Glioma, Meningiome, Akustikusneurinom, Tumore der Hirnanhangs- und Speicheldrüse) [Karipidis 2024] [--]	Krebsentstehung bei Tieren (Glioma, Herzschwanomma) [Mevissen 2025] [+++]
	Tumore beim Menschen durch Nahfeld- (Leukämien, Lymphome, Schilddrüsenkrebs) [Karipidis 2025], Fernfeld- (Hirntumore bei Kindern) oder berufliche Exposition (Glioma) [Karipidis 2024] [-]	Krebsentstehung bei Tieren (Lymphome, Nieren-, Leber-, Lungenkrebs) [Mevissen 2025] [++]

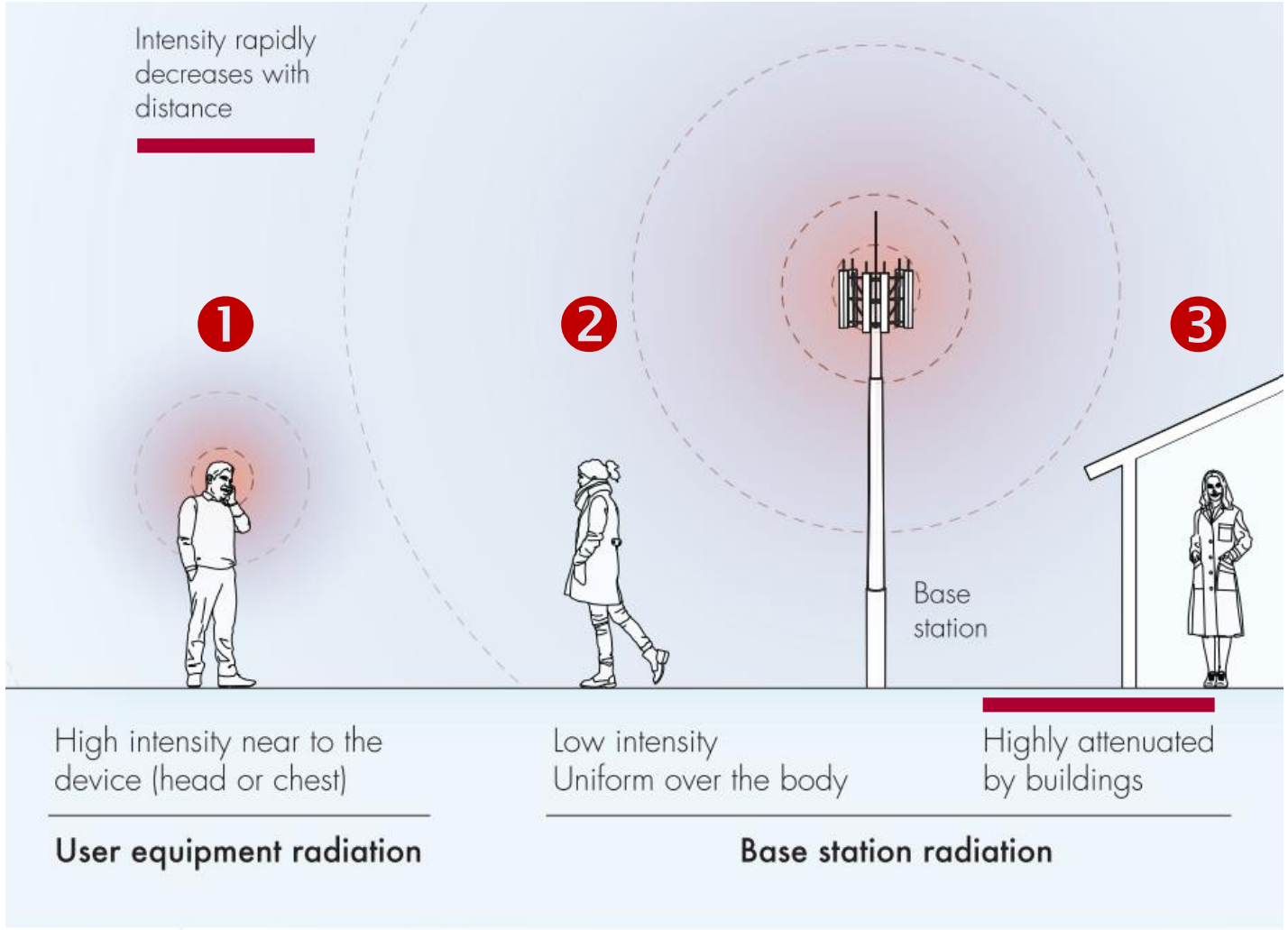
[---]	Hohe Zuverlässigkeit der Evidenz für keine Auswirkungen	[+++]	Hohe Zuverlässigkeit der Evidenz für Auswirkungen
[--]	Moderate Zuverlässigkeit der Evidenz für keine Auswirkungen	[++]	Moderate Zuverlässigkeit der Evidenz für Auswirkungen
[-]	Niedrige Zuverlässigkeit der Evidenz für keine Auswirkungen	[+]	Niedrige Zuverlässigkeit der Evidenz für Auswirkungen

Quelle:
https://www.bafu.admin.ch/de/internationale-forschung

Exposition

EXPOSITION

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication



1. Strahlung von eigenen Geräten ist dominant > 70%

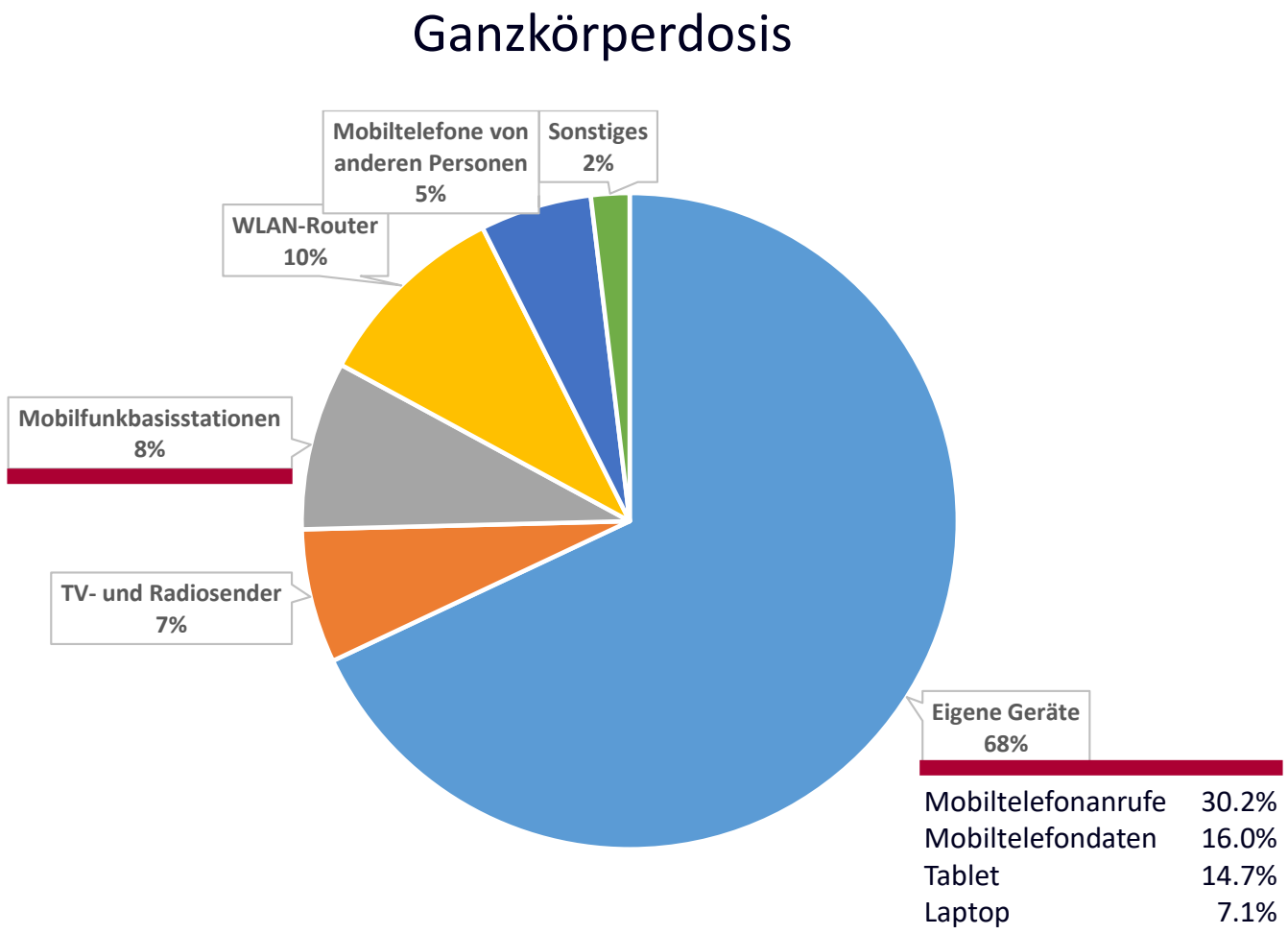
2. Messungen ergeben immer in etwa gleiche Umgebungs-strahlung (bisher keine Zunahme trotz erhöhter Nutzung)

3. Stark abgeschwächt in Gebäuden

Quelle: Chiaraviglio, L., et al. (2021). "Health Risks Associated with 5G Exposure: A View from the Communications Engineering Perspective." IEEE Open Journal of the Communications Society: 1-1.

EXPOSITION: QUELLEN (VOR 5G)

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

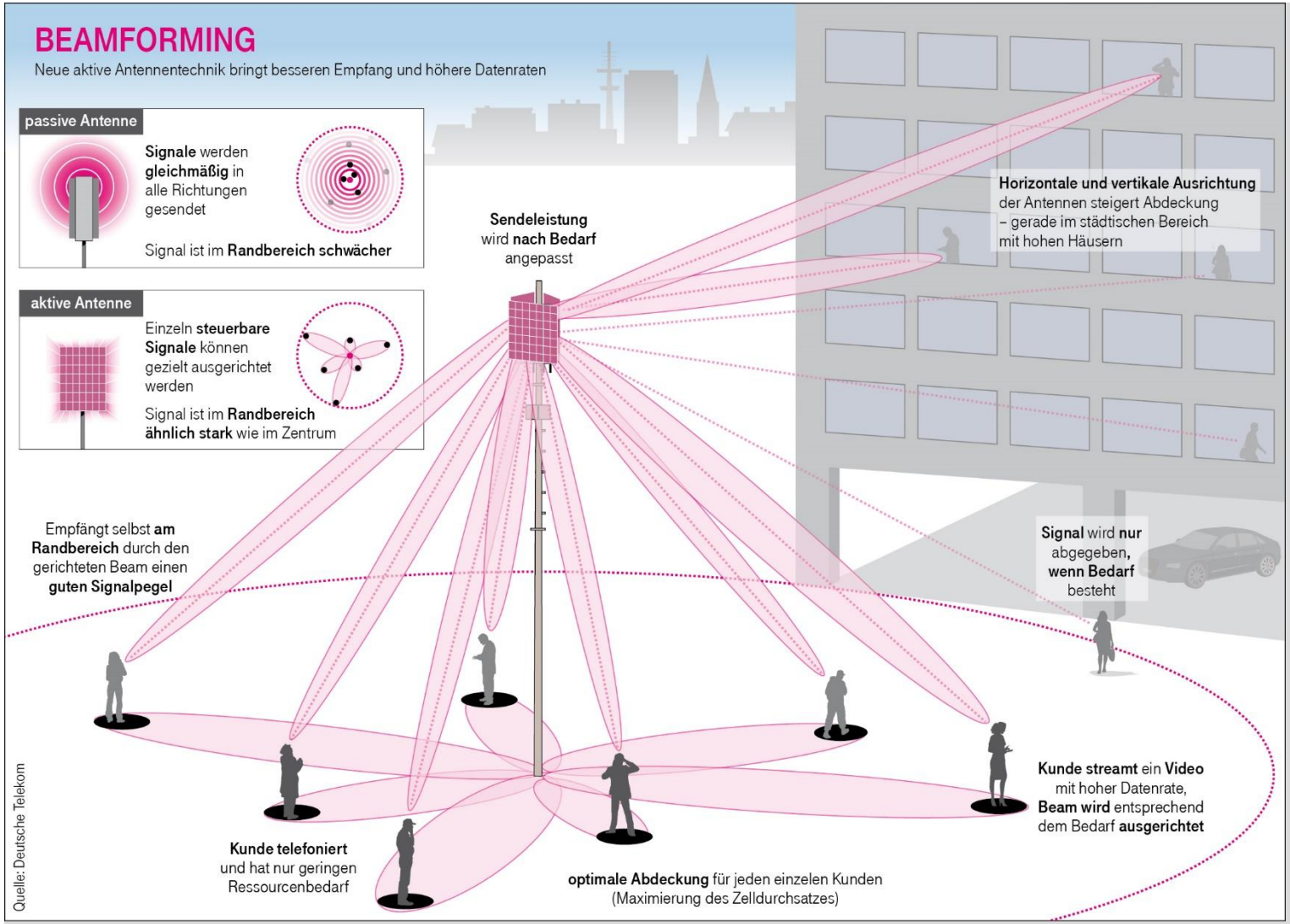


- Untersuchung in 4 Ländern (FR, NE, ES, CH)
- Unterscheidung von Quellen:
  - Fernfeld (z.B. TV, Radio)
  - Nahfeld (z.B. Smartphone)
  - Nah-/Fernfeld (WLAN Router)
- Hirndosis
  - Anteil durch Mobiltelefon ca. 80%
- Ganzkörperdosis
  - Anteil durch eigene mobile Geräte ca. 70%

Quelle: van Wel, L., et al. Radio-frequency electromagnetic field exposure and contribution of sources in the general population: an organ-specific integrative exposure assessment. J Expo Sci Environ Epidemiol 31, 999–1007 (2021). https://doi.org/10.1038/s41370-021-00287-8

5G – ADAPTIVE ANTENNEN – BEAMFORMING

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication



weniger Leistung für die gezielte Abdeckung notwendig

weniger Strahlung in die Umgebung («Verursacherprinzip»)

Darstellung für Traffic Beam (Datenverkehr) Down- und Uplink. Broadcast Beam (Kontrollsignale) ist wie ein Fächer ausgebreitet.

Monitoring von hochfrequenten EMF in der Schweiz

https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/elektrosmog/fachinformationen/elektrosmog-belastung/nis-expositionsmonitoring-schweiz.html
https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/elektrosmog/fachinformationen/elektrosmog-belastung/nis-expositionsmessungen.html

NIS-MONITORING SCHWEIZ

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication





Routenmessungen
in typischen Aussenbereichen, in öffentlichen Aufenthalts-bereichen und im öffentlichen Verkehr

Spotmessungen
in privaten Innenräumen (Wohnungen)

Stationäre Dauermessungen
an festen Messstationen als zusätzlicher Indikator für die zeitliche Veränderung der Belastung



ROUTENMESSUNGEN

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication



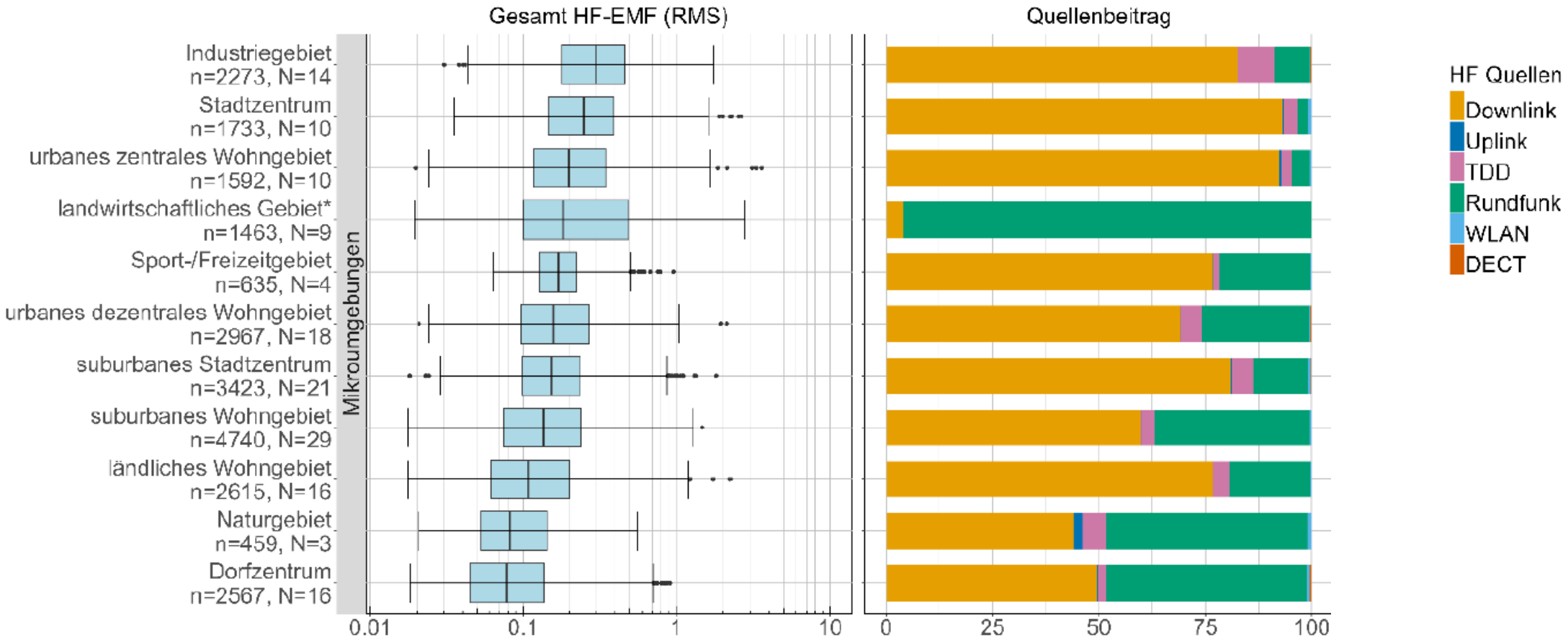




Quelle: Expositionsmessungen nichtionisierende Strahlung Jahresbericht 2021 - Projektkonsortium SwissNIS https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/71990.pdf

RESULTATE ROUTENMESSUNGEN (UMWELT)

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication



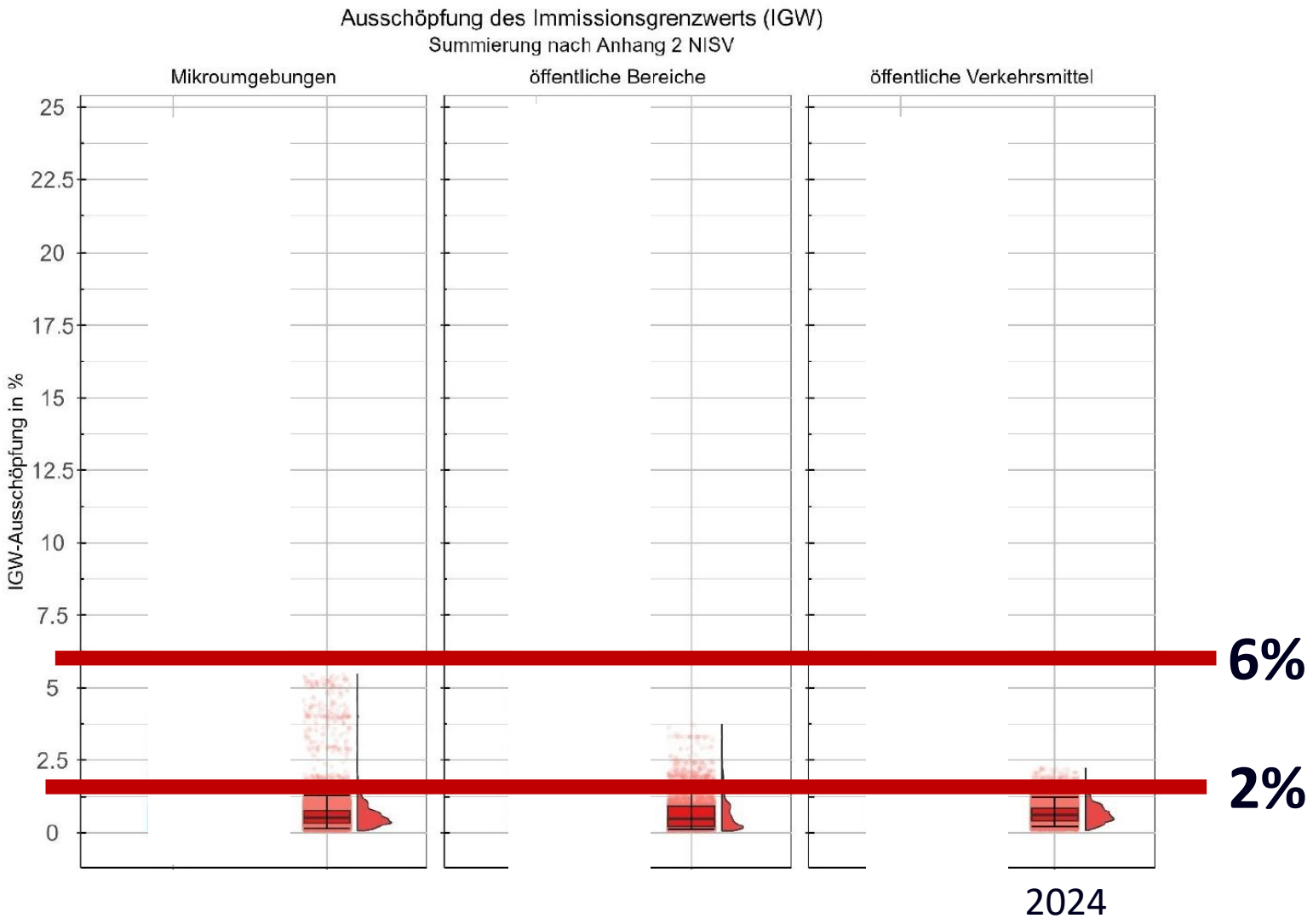
2024

Elektrische Feldstärke [V/m]

[%]

AUSSCHÖPFUNG GRENZWERT (UMWELT)

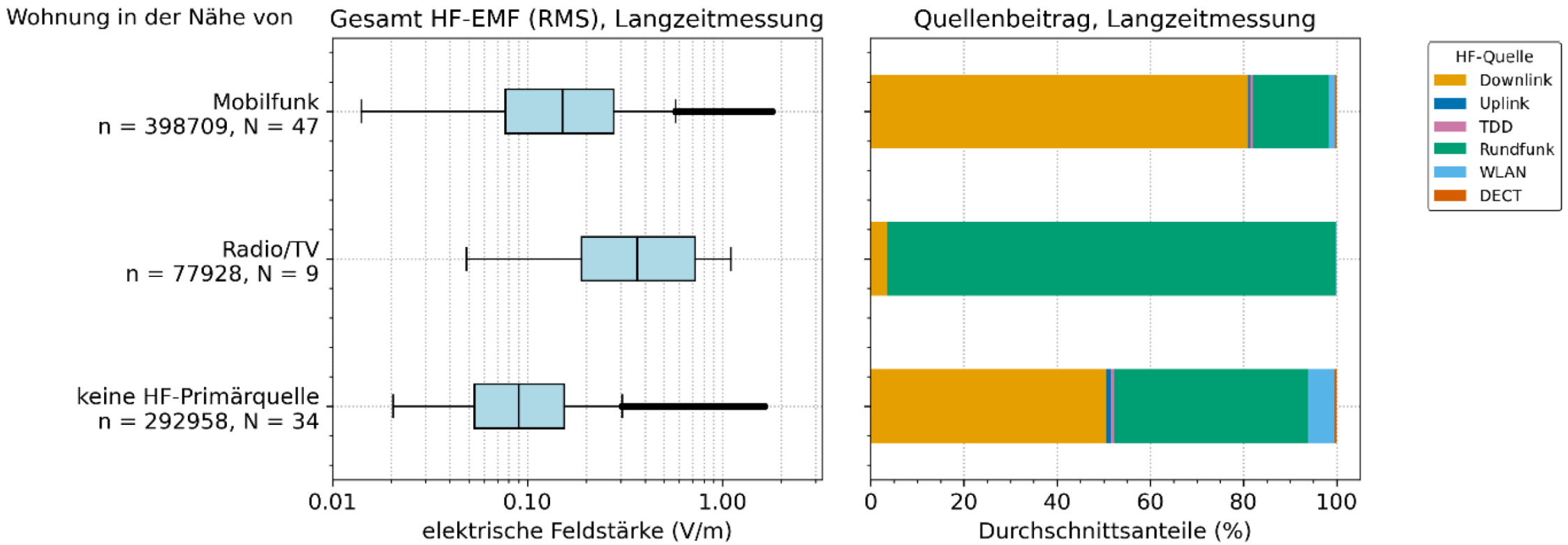
FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication



- Die maxmimale Ausschöpfung des IGW beträgt 6%
- 95% aller Messwerte schöpfen den IGW zu weniger als 2% aus

RESULTATE SPOTMESSUNGEN (OMEN)

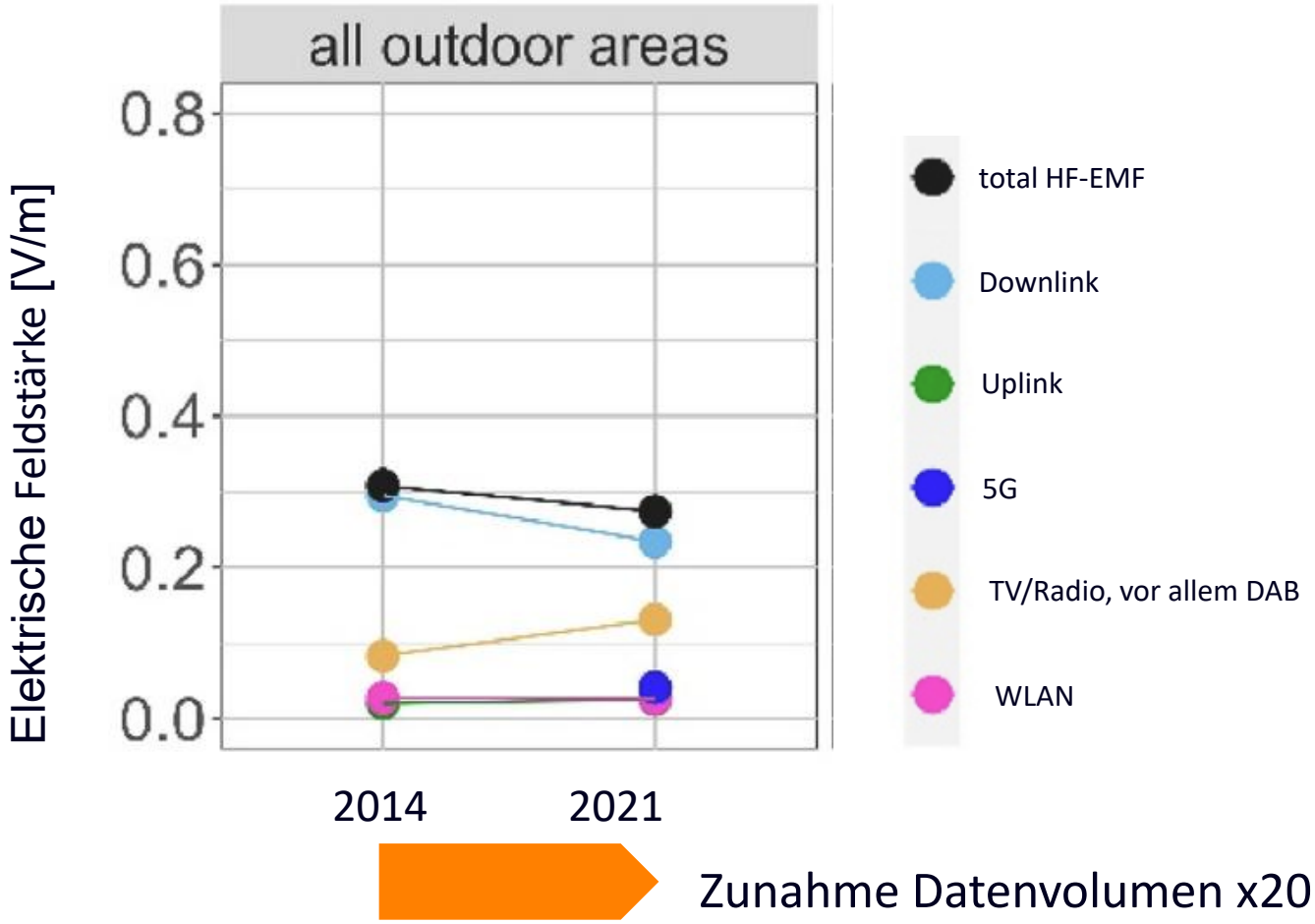
FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication



stationäre Messung 24h im Schlafzimmer, gemessen zwischen 2021 und April 2025

TREND vor 5G

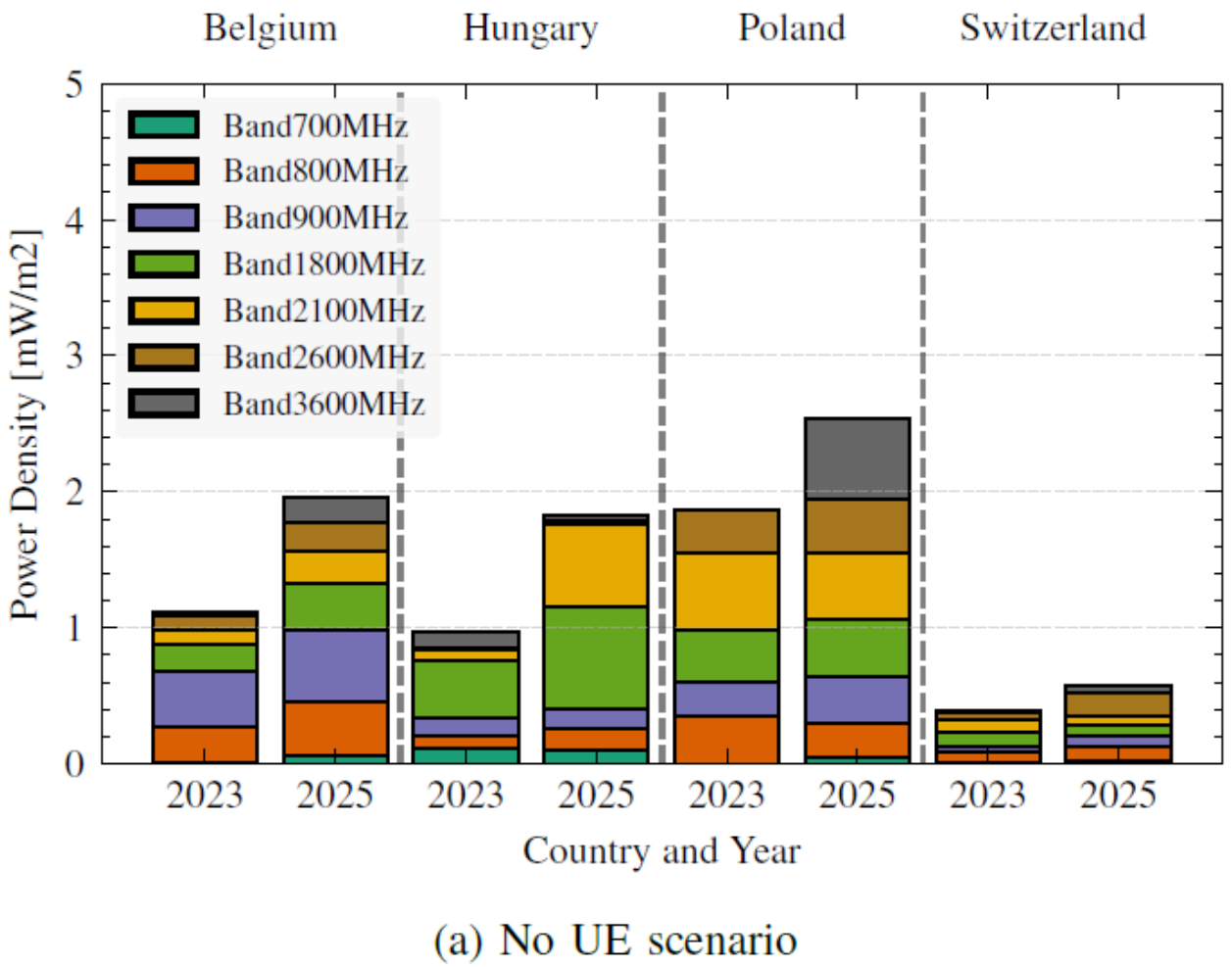
FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication



- Keine Zunahme der Strahlung, obwohl viel mehr Mobilfunk (mehr Geräte, mehr Datenvolumen)
- Messwerte in der Umgebung weit unter Grenzwerten
- Die Technik wird ständig leistungs-fähiger.

Quelle
Loizeau et al. (2023). "Comparison of ambient radiofrequency electromagnetic field (RF-EMF) levels in outdoor areas and public transport in Switzerland in 2014 and 2021"
Environ Res 2023; 237 Pt 1: 116921 https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116921

TREND mit 5G



(a) No UE scenario

- Zunahme bei Total
- Anteil 5G kleiner als «alte» Dienste
- Schweiz viel tieferes Niveau

Quelle: Leeman, M., et al. 2026 International Symposium on Electromagnetic Compatibility – EMC Europe | 979-8-3315-5211-4/26/$31.00 ©2026 IEEE | DOI: 10.1109/EMCEUROPE65281.2026.11733046

KONTAKT

FSM | Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM | Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication

FSM | Forschungsstiftung Strom
und Mobilkommunikation
c/o ETH Zürich | ETZ K89
Gloriastrasse 35
CH-8092 Zürich

info@emf.ethz.ch
emf.ethz.ch

Geschäftsleitung
Dr. Jürg Eberhard
+41 44 632 28 15
juerg.eberhard@emf.ethz.ch