

ÜBERBLICK

für den Durchblick

Nr. 4

**Wirkt Mobilfunk
auf das Gehirn?**



agnose.funk

Har mobiltelefoner indflydelse på hjernen?

BIOLOGISKE EFFEKTER / BØRN OG UNGE / DOKUMENTER / ELEKTROMAGNETISK STRÅLING / FORSKNING / HJERNESKADER / MOBILTELEFONER / SKÆRMTID / SUNDHEDSRISICI VED ELEKTROMAGNETISK STRÅLING

Illustration: Diagnose:funk

Overblik nr. 4: Har mobiltelefoner indflydelse på hjernen?
Udgivet 30. juli 2025.

Sammenfatning

Overblik nr. 4: "Påvirker mobilkommunikation hjernen?", giver et omfattende overblik over effekterne af højfrekvente elektromagnetiske felter (RF-EMF) – især stråling fra mobiltelefoner – på hjernens metabolisme. Den er baseret på over 50 studier og beskriver detaljeret de biologiske virkningsmekanismer på hjernens udvikling, intelligens, hukommelse og indlæring, især hos børn og unge.

Overblik nr. 4 er baseret på foredraget, som Peter Hensinger

holdt den 3. juni 2025 i Dornach ved den medicinske sektion på Goetheanum.

NB: Der findes en anden udgave af Overblik nr. 4 med titlen: Giver brug mobiltelefonen epilepsi? som blev udgivet december 2024. Den finder du oversat [HER](#).

Diagnose:funk-publikationsserien “Überblick für den Durchblick” informerer om forskningsstatus vedrørende de sundhedsmæssige effekter af ikke-ioniserende stråling fra mobiltelefoni.

Researchen i de videnskabelige studier er baseret på databaserne www.EMFdata.org og www.EMF-Portal.de.

Den originale udgave på tysk udgivet af diagnose:funk finder du [HER](#).
Understregninger og enkelte links er tilføjet.

Indholdsoversigt

Sammenfatning

1 Psykosociale langtidseffekter af brugen af digitale medier

2 Klassificering af radiofrekvent stråling i det elektromagnetiske spektrum

3 Synkronisering af hjernefunktioner gennem elektromagnetiske felter

4 Videnskabelige studier om stråling og hjernen

4.1 Negative effekter på hukommelse og rumlig tænkning

4.2 Hippocampus under stress fra stråling

4.3 Resultaterne af studierne af Kim et al: Desynkronisering af hjernen

4.4 Ekskurs: Hvordan hjerneceller lærer og lagrer information

4.4.1 Første ekskurs: Nervecellen i hjernen (neuron)

4.4.2 Anden ekskurs: Den hjerneafledte neurotrofiske faktor (BDNF) – vækstfaktoren for nerveceller

4.4.3 Tredje ekskurs: Hebbs læringsregel

4.5 Mobilstråling fører til synaptiske dysfunktioner

5 Yderligere studier af HF-EMF og hjernen

5.1 Underudviklet rum-tid-beregning

5.2 Hele mennesket tænke

5.3 Hyperpermeabilitet i blod-hjerne-barrieren

5.4 Uspecifikke symptomer

5.5 Effekterne af 10 Hz-pulsering fra WLAN

5.6 Studier om den særlige risiko ved epilepsi på grund af stråling

6 Afhængighedsmekanismen

7 Løsninger til et strålingsminimeret miljø

8 Konklusioner

Uddybende artikler

Ordliste

Sammenfatning

Overblik nr. 4 giver et videnskabeligt forsvarligt overblik over effekterne af radiofrekvente elektromagnetiske felter (RF-EMF), såsom dem, der genereres af mobiltelefoner og WLAN, på det udviklende barns hjerne. **Baseret på over 50 internationale, fagfællebedømte studier beskrives molekylærbiologiske mekanismer, hvorved mobiltelefonstråling forstyrrer centrale neurofysiologiske processer.** Hippocampus, som er ansvarlig for hukommelse, læring og rumlig-temporal orientering, er særligt påvirket. Stråling har vist sig at reducere synaptisk plasticitet, mindske ekspressionen af glutamatreceptorer (især NMDA) og signifikant mindske vækstfaktoren BDNF. Disse ændringer hæmmer modningen af neuronale netværk og forstyrrer hjerneaktiviteten gennem desynkronisering af endogene oscillationer. Andre dokumenterede effekter omfatter åbning af blod-hjerne-barrieren, oxidativ stress, mitokondrielle skader og kognitive udviklingsunderskud. Epidemiologiske studier indikerer også sammenhænge med adfærdsproblemer, opmærksomhedsunderskud og følelsesmæssig dysregulering. **I betragtning af barnehjernes særlige sårbarhed opfordrer artiklen til anvendelse af forsigtighedsprincippet i uddannelsesinstitutioner og design af uddannelsesmiljøer med minimal stråling. De præsenterede resultater viser, at RF-EMF-eksponering skal tages alvorligt som en uafhængig risikofaktor i den tidlige udvikling.**

1 Psykosociale langtidseffekter af brugen af digitale medier

De psykosociale konsekvenser af børns brug af digitale medier, såsom koncentrationsproblemer, følelsesmæssig udmattelse, social tilbagetrækning eller et forvrænget selv billede, er på alles læber. Regeringer verden over forbyder smartphones i skoler. En udvikling, der ikke helt kunne forudses for to år siden.

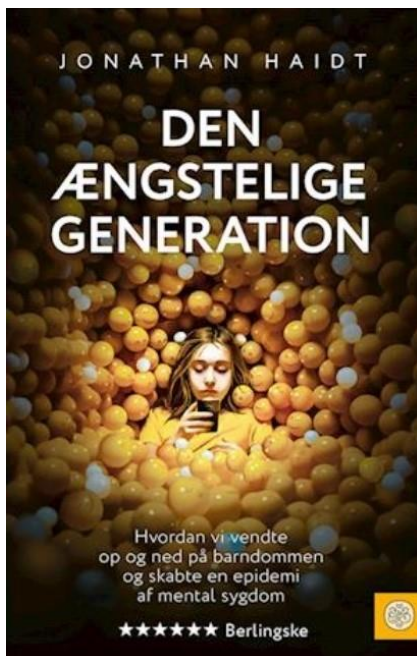


Unge foretrækker at bruge gratis trådløs internetadgang
Billede: diagnose:funk

Ud over disse effekter er der ofte en anden risikofaktor, der undervurderes: faren ved eksponering for stråling. Smartphones og tablets udsender og modtager mikrobølgestråling, en ikke-ioniserende form for stråling. Ifølge Postbank 2025-studiet vil

børn og unge, hvis de bruger deres smartphones og tablets i gennemsnit mere end 70 timer om ugen, blive udsat for stråling i lige så lang tid.

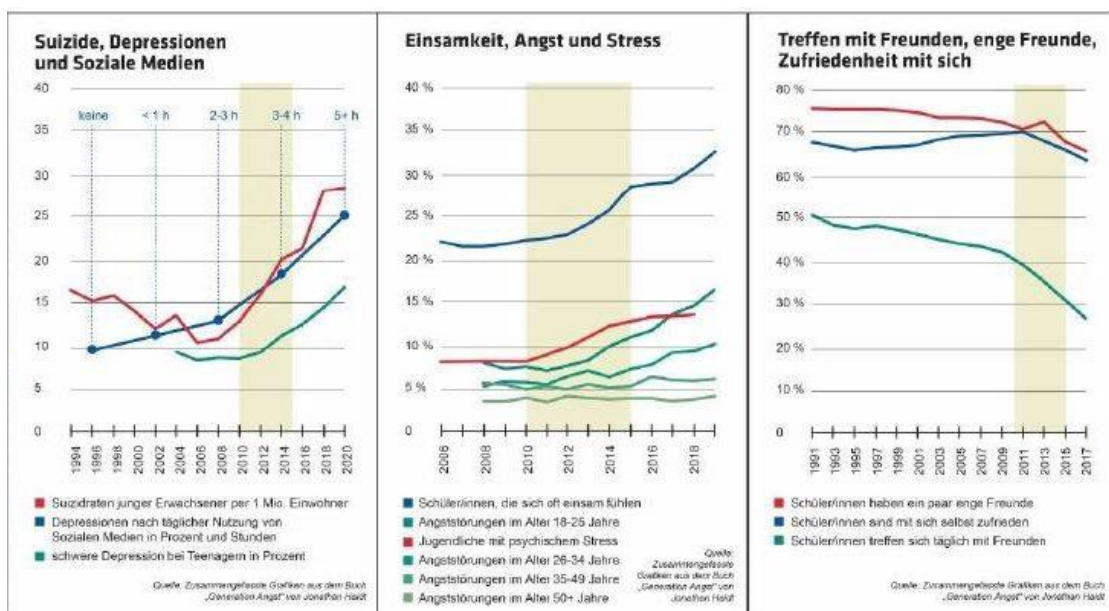
Det samlede potentiale for medicinsk og psykisk skade ved overdreven brug af skærmmedier for børn og unge er enormt. **“Retningslinjen for forebyggelse af dysreguleret brug af skærmmedier i barndommen og ungdomsårene”** ([Retningslinjen 2023](#)) fra 11 tyske fagforeninger, herunder BZgA (Forbundscenter for Sundhedsoplysning), evaluerer ledsagende forskning og analyserer følgende som **de vigtigste risici: Fedme, søvnforstyrrelser, øjensygdomme, udviklingsforstyrrelser, tilknytningsforstyrrelser, adfærdsforstyrrelser, internetafhængighed, mobning og seksuel chikane, ludomani, eksponering for stråling samt præ- og postnatale effekter ved brug under graviditet.** Retningslinjen er en reaktion på konsekvenserne af brugen af smartphones, som kom på markedet i 2007. Et vendepunkt, der fortsat har alvorlige effekter på familier, deres børn, daginstitutioner og skoler. I sin bog *“Generation Angst”* definerer socialpsykolog Jonathan Haidt dette vendepunkt som følger:



Jonathan Haidt: *Den ængstelige generation – Hvordan vi vendte op og ned på barndommen og skabte en epidemi af mental sygdom* (2024).

“Den fuldstændige overgang fra en legende barndom, som vi har haft i millioner af år, til en telefonbaseret barndom.”

Jonathan Haidt skriver: **“Omkring 2012 faldt de unges mentale sundhed ud over en klippe”** (NZZ, 8. april 2024). Grafik fra Haidts bog viser, at de patologiske tilfælde er steget massivt siden 2010 som følge af brugen af smartphones: Depression, selvmord, angst, følelser af ensomhed og stress er tredoblet, og venskaber og sociale kontakter falder hurtigt (Figur 1). Sammenhænge med smartphonebrug er åbenlyse.



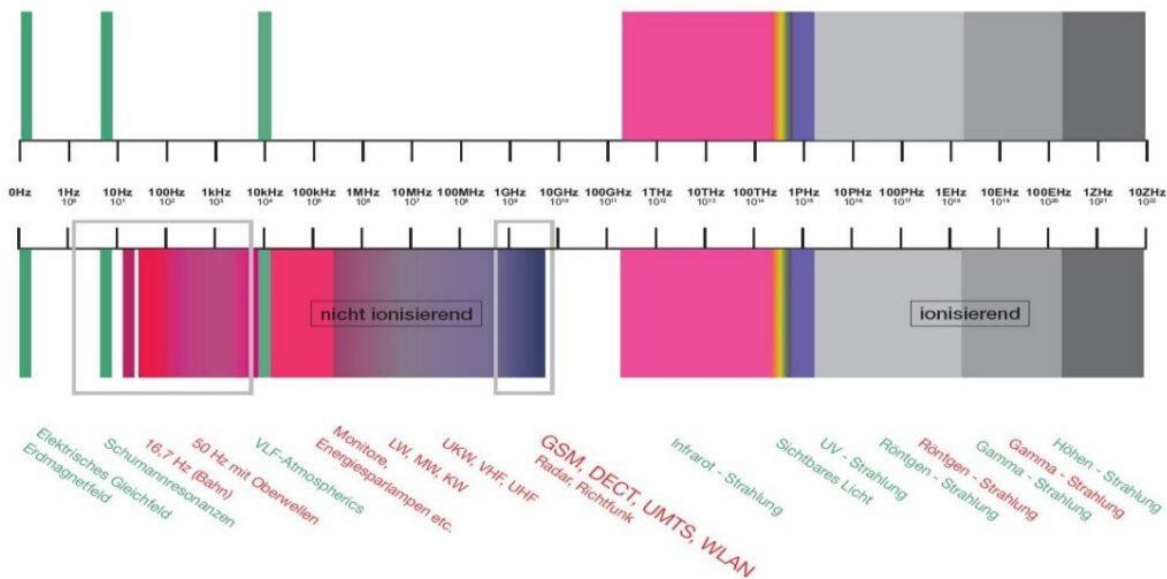
Figur 1: Grafik fra Jonathan Haidt: Den ængstelige generation – Hvordan vi vendte op og ned på barndommen og skabte en epidemi af mental sygdom. (2024)

I marts 2025 opfordrede **75 eksperter** fra Tyskland og Schweiz derfor til et stop for digitaliseringen af uddannelsesinstitutioner, en tilbagevenden til pædagogik og human uddannelse i [en appel](#) initieret af Alliance for Humane Education (Alliance 2025). Eksperter i beskyttelse mod stråling advarer om massive negative sundhedseffekter (ICBE-EMF 2022, Davis et al. 2023). De i øjeblikket ubestridte psykosociale effekter interagerer med effekterne af eksponering for stråling. Forårsager stråling fra mobiltelefoner kræft? Ja eller nej? Dette spørgsmål dominerer diskussionen. Den vigtige kræftdebat (se [Overblik nr. 2](#)) tilslører resultater om direkte patologiske effekter, især vedrørende skader på børn forårsaget af ikke-ioniserende stråling, herunder skader på hjernens stofskifte. **Denne udgave af Overblik behandler spørgsmålet: Hvordan påvirker ikke-ioniserende mobiltelefonstråling hjernens stofskifte? Disse resultater skal blive en del af den offentlige debat! Fordi de er eksplosive.**

2 Klassificering af radiofrekvent stråling i det elektromagnetiske spektrum

Lad os først forklare det elektromagnetiske spektrum for bedre at forstå problemet. Figuren (Figur 2) viser det naturlige spektrum i vores miljø med karakteristiske huller, som det så ud omkring år 1900, før radiobølger udfyldte disse huller på grund af menneskelig påvirkning.

Das natürliche elektromagnetische Spektrum



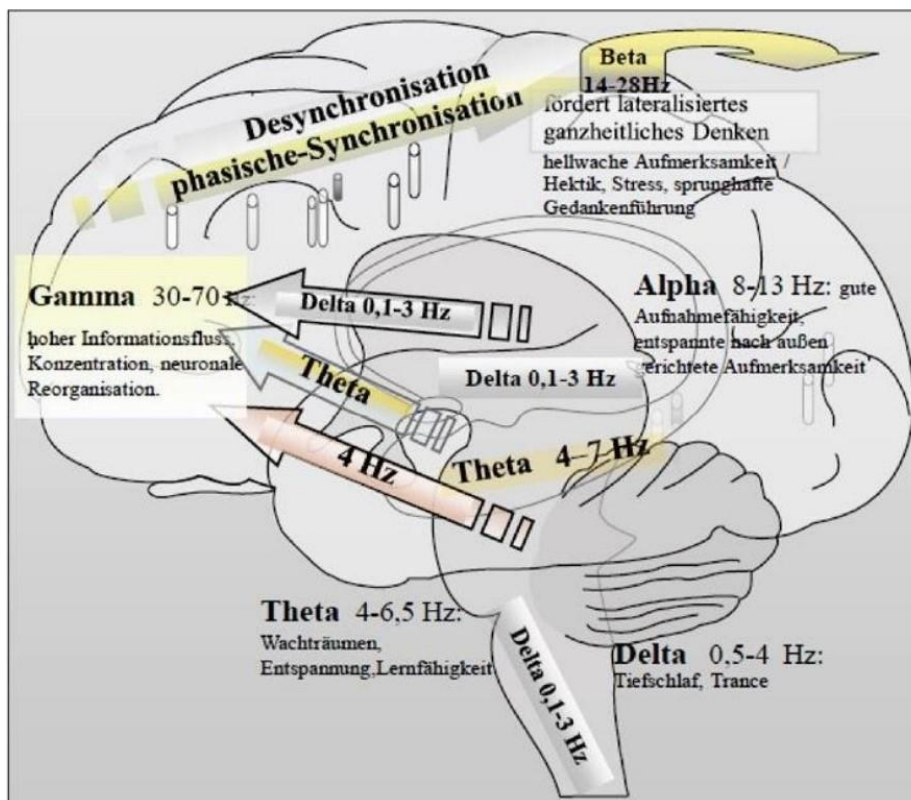
Das heutige elektromagnetische Spektrum

Figur 2: Det naturlige og det aktuelle elektromagnetiske spektrum

Italieneren Guglielmo Marconi opdagede potentialet i teknisk genererede elektromagnetiske bølger til trådløs radiokommunikation og udnyttede frekvenserne i disse huller. Vores celler kommunikerer også ved hjælp af disse frekvenser. **Frekvenshullerne i vores miljø eksisterer ikke længere i dag.** De udfyldes i vid udstrækning af radioapplikationer, der udnytter ikke-ioniserende stråling (se ordliste), som det kan ses i figuren ovenfor, og de resterende huller udfyldes yderligere hvert år. **Hvad sker der, når teknisk genererede radiobølger, som er blevet mere og mere almindelige siden omkring 1900 (radio, tv m.m.), kolliderer med frekvensanalog cellekommunikation og hjernerytmer?** Det er det, forskningen beskæftiger sig med, fordi mennesker er elektromagnetiske væsener.

3 Synkronisering af hjernefunktioner gennem elektromagnetiske felter

Elektromagnetiske felter (EMF'er) spiller en afgørende rolle i metaboliske processer og i kontrollen af hjernefunktioner. Figur 3 viser, hvilke frekvenser (i lavfrekvensområdet) der forekommer i hjernens rytmer. Neuroforsker Professor Dr. Gertraud Teuchert-Noodt skriver:



Figur 3.

“Oscillatorer opstår delvist fra kommunikationen af neurokemiske cellulære processer; de er rytmisk koordinerede, og interfererende sekvenser synkroniserer hele hjerneområder: aktivitet er i centrum for alle neuronale modningsprocesser. Den leveres fra miljøet via sensoriske baner og fodres desuden af hjernens egne oscillatorer og transmitteres til synkroniserede hjernerytmer, som danner grundlaget for vores tænkning og læring. Begge kilder påvirker hinanden gennem hjernens kemi, dvs. gennem specifikke neurotransmittere, hvorigennem elektriske signalstrømme indskrives i strukturerne i de neurale netværk. Koblingen af elektromagnetiske og kemiske signaler er en kernekomponent i neuronal struktur-funktionskobling” (Tekst og figur 3: Teuchert-Noodt 2019).

Eksternt genererede EMF'er kan forstyrre signaltransmissionen fra nerveceller og synapser og dermed modulere eller endda forstyrre signalbehandlingen. I hjernen og dens celler transmitteres information mellem nerveceller (neuroner) på to måder – elektrisk og kemisk. For enden af axonen, i den synaptiske terminal, fører det elektriske signal fra aktionspotentialer til frigivelsen af kemiske budbringere, neurotransmitterne. Nerveforbindelser ændres, og nye veje skabes i hjernen. Denne forandringsproces repræsenterer læring, og elektromagnetiske felter er involveret: *“Hvad der i sidste ende sker i hjernen, afhænger af, hvordan individuelle neuroner transmitterer signaler, og det afhænger igen af aktiviteten af molekyler i neuronerne”* (Squire/Kandel, s. 16). Lagring af hukommelsesindhold er baseret på ændringer i styrken af neuronale forbindelser. Essentielle forbindelser styrkes, mens unødvendige, ubrugte eller ikke længere nyttige forbindelser deaktiveres (maskeres) eller nedbrydes. Når nerveceller transmitterer signaler (aktionspotentialer), flyder der altid elektriske strømme, som igen inducerer magnetfelter. Der skal skelnes mellem eksternt og internt inducerede felter. Der er omfattende forskning i effekterne af radiobølger, både deres lav- og højfrekvente komponenter, på cellulær kommunikation og hjernebølger.

4 Videnskabelige studier af stråling¹ og hjernen

4.1 Negative effekter på hukommelse og rumlig tænkning

I Schweiz gennemførte det schweiziske institut for tropisk sundhed og folkesundhed et studie med 700 unge for at bestemme, hvordan stråling fra telefonopkald påvirker hjernen (Förster et al. 2018). Brugen af mobiltelefoner blandt tolv- til syttenårige blev evalueret over en periode på et år. Studiet med titlen *“En prospektiv kohortundersøgelse af adolescenters hukommelsespræstation og den individuelle hjernedosis af mikrobølgefelter fra radiokommunikation”* viste, at **højfrekvente elektromagnetiske felter fra mobiltelefoner har en skadelig effekt på udviklingen af figurhukommelse** (dvs. evnen til at lagre, genkende samt navngive visuelle indtryk (billeder, former, mønstre, strukturer)). Som forventet viste de hyppige telefonbrugere øget strålingseksponering i deres hjerner. Det spændende fund: **Jo flere telefonopkald, desto dårligere blev deres præstation på figurhukommelsestesten.**

1) I det følgende refererer “stråling” altid til “mobiltelefonstråling”, ikke solstråling osv.



Foto: pexels-rdne-6849349

Et andet studie er bemærkelsesværdigt. [Studiet](#), *“Radiofrekvente elektromagnetiske felter og neurologiske udviklingsforstyrrelser hos spædbørn: Et prospektiv kohortestudie”* (Setia et al. 2025), blev udført af Mahatma Gandhi Mission (MGM) Institute of Health Sciences og Medical College and Hospital – alle beliggende i Navi Mumbai, Indien. Studiet undersøgte forholdet mellem eksponering for stråling i husholdninger og dens effekter på spædbørn. Alle strålingskilder i hjemmet, inklusive stråling fra mobiltelefonmaster, blev registreret. 105 nyfødte blev observeret over en periode på et år. Af særlig interesse er, at da spædbørn ikke selv bruger mobiltelefoner, giver studiet indsigt i effekterne af omgivende stråling. Den gennemsnitlige strålingseksponering var 8,66 mW/m², svingende mellem 0,62 og 32,36 mW/m². Inden for områderne “kommunikation” og “grovmotorik” var andelen af børn, der krævede behandling (klassifikation ‘monitor/refer’) med udviklingsforsinkelser, højere blandt spædbørn udsat for høje strålingsniveauer end blandt dem med lave strålingsniveauer; Inden for “problemløsning” var forskellen statistisk signifikant. Forfatterne konkluderer, at *“højere strålingsniveauer var forbundet med dårligere resultater inden for kognitive udviklingsområder såsom problemløsning og personlig og social*

adfærd... Derfor kan det være nødvendigt at overveje at overvåge neurologisk udvikling hos børn, hvor der forventes højere niveauer af RF EMF-stråling (f.eks. i nærheden af mobiltelefonmaster og med overdreven brug af elektroniske enheder i hjemmet).” Forfatterne skriver, at det er det første studie af sin slags og hævder derfor ikke en årsagssammenhæng. Studiet udtaler sig ikke om den udbredte praksis, hvor mødre og fædre holder deres babyer ved brystet og kommunikerer med deres smartphones på kort afstand. Det udsætter babyen for høje niveauer af nærfeltstråling. **Hvordan kan udviklingsforsinkelserne hos spædbørn og den reducerede figurative hukommelse hos unge forklares? Medicinsk-biologiske studier peger på ændringer i hjernens metabolisme forårsaget af stråling som årsag til resultaterne af disse epidemiologiske studier. Sådanne studier findes for alle frekvenser, der hidtil er blevet brugt i mobilkommunikation.**

4.2 Hippocampus under stress fra stråling

Et typisk studieresultat om effekterne af ikke-ioniserende stråling på hjernen, offentliggjort i ElektrosmogReport, april 2018. To studier af Shahin et al. (2015, 2018) kunne påvise følgende for WLAN:

“(1) Nedsat indlæring og hukommelse hos voksne hanmus udsat for 2,45 GHz mikrobølger (dvs. Wi-Fi). (2) Øgede stressniveauer i hippocampus. (3) Nedsat synaptisk plasticitet. (4) Reduceret ekspression af signalvejskomponenter, der er meget vigtige for lærings- og hukommelsesprocesser. Alle de ovennævnte effekter afhænger af eksponeringsvarigheden: jo længere eksponering, desto mere drastisk er effekten. Ifølge forfatterne er den grundlæggende mekanisme, hvorved 2,45 GHz mikrobølger negativt påvirker mus’ indlæring og hukommelse, blevet identificeret.”

Ifølge disse studier påvirker stråling de signalveje i hjernen, der er ansvarlige for læring og hukommelsesdannelse. Det står i skarp kontrast til målene for enhver læringsproces.

To centrale begreber optræder i næsten alle studier: hippocampus og hjernens plasticitet. Synaptisk plasticitet refererer til synapsernes evne, forbindelserne mellem nerveceller, til at ændre deres struktur og funktion afhængigt af aktivitet, oplevelser og miljøpåvirkninger. Det er en fundamental egenskab ved nervesystemet og spiller en afgørende rolle i lærings- og hukommelsesprocesser (Teuchert-Noodt 2025). **Hippocampus spiller en central rolle i læring og kontrol af hjernefunktioner, især inden for følgende områder:**

- Hukommelsesdannelse
- Rumlig-tidsmæssig orientering: Hippocampus har specifikke stedceller og tidsceller, der gør det muligt at genkalde oplevelser ikke kun med hensyn til indhold, men også med hensyn til deres tidsmæssige rækkefølge og rumlige kontekst. Nobelprisen i medicin blev tilmed tildelt for disse opdagelser i 2014.
- Læringsprocesser
- Koordination med andre hjerneområder

Kort fortalt: Hippocampus er et centralt kontrolcenter for hukommelse, læring og orientering. Det har kapacitet til livslang neurondannelse. Det er afgørende for neuronal plasticitet (dvs. den livslange dannelse af nye neuroner og deres integration i det eksisterende neurale netværk, som dermed forbliver fleksibelt). Det oscillerer ved thetafrekvensen på 4-7 Hz. Uden den, hjernens sekretær, ville målrettet adfærd og bevidst hukommelse være umulig. Den styrer også frontallappen, vores udøvende gren, vores kontrolorgan. Kontrolfejl har fatale konsekvenser, ikke kun for intelligensen, men også for neurologiske og psykiske sygdomme.

4.3 Resultaterne af studierne af Kim et al: Desynkronisering af hjernen

Studierne fra den sydkoreanske forskergruppe Kim et al. (2021, 2024) eksemplificerer konsekvenserne af eksponering for stråling. Studierne har titlerne:

- *“RF-EMF-eksponering ændrer postsynaptisk struktur og forringer neuritudvækst i udviklende hippocampale neuroner hos tidlige postnatale mus”* (2021). (<https://www.diagnose-funk.org/1748>)
- *“RF-eksponering inducerer synaptisk dysfunktion i kortikale neuroner, hvilket forårsager ændringer i indlæring og hukommelse hos tidlige postnatale mus”* (2024). (<https://www.diagnose-funk.org/2146>)

Kim et al. eksponerede (dvs. udsat for mobiltelefonstråling) nyfødte mus fra dag 1 efter kuld i 4 uger. I de første tre uger foregik dette i mødrenes nærvær. De unge dyr blev udsat for 1850 MHz – en typisk mobiltelefonfrekvens. SAR-værdien var 4 W/kg. Det svarer til den maksimalt tilladte eksponering for normale mobiltelefonbrugere i forskellige lande. Forskerne undersøgte neuronal udvikling og synapsedannelse med fokus på dendritiske rygsøjler ved hjælp af elektronmikroskopi.

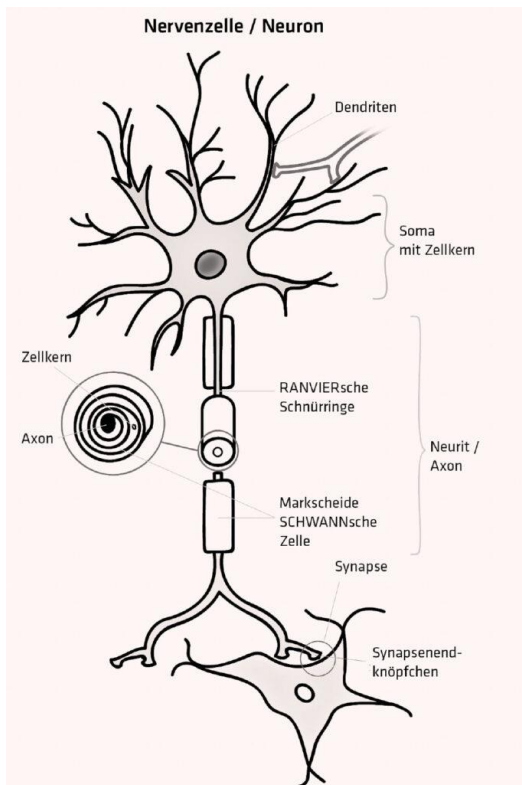
Kim et al. var i stand til at demonstrere, hvordan stråling påvirker metabolismen på molekylært niveau i hjernen. Strålingen hæmmer udviklingen af synaptisk struktur og tæthed, samt neuritudvækst, med negative konsekvenser for adfærd, rumlig indlæring og hukommelse. Årsagerne omfatter ændringer i to stoffer: reduceret BDNF-ekspression og reduceret glutamatreceptorekspression. Det betyder, at to centrale stoffer i hjernens udvikling hæmmes. Hvad betyder det? Lad os dykke dybere ned i dette resultat!

4.4 Ekskurs: Hvordan hjerneceller lærer og lagrer information

4.4.1 Første ekskurs: Nervecellen i hjernen (neuron)

For at forstå betydningen af disse resultater af Kim et al., følger en første digression på nervecellen i hjernen, neuronet: *“Hele vores mentale liv er baseret på dets evne til at transmittere signaler, fra sanseopfattelse til bevægelseskontrol, fra tænkning til følelse”* (Squire/Kandel, s. 27). Der er 80-100 milliarder nerveceller (neuroner) (10^{11}), der opererer i vores hjerne. Hver neuron danner cirka 1000 forbindelser med andre neuroner ved synapser. Cirka 100 billioner (10^{14}) synapser, de elementære enheder for

hukommelseslagring, kommunikerer i vores hjerne. **Her er definitionen af de enkelte komponenter og deres funktioner:**



Figur 4.

1. **Neuroner:** Neuroner er specialiserede nerveceller, der genererer, bearbejder og transmitterer elektriske og kemiske signaler til kommunikation i nervesystemet.
2. **Synapser:** Synapser er kontaktpunkterne mellem neuroner, hvor information transmitteres og videresendes i form af kemiske og elektriske signaler. Der er præ- og postsynapser, der kan sammenlignes med sendere og modtagere.
3. **Dendritter (inputkanaler):** Dendritter er forgrenede forlængelser af neuroner, der modtager indgående signaler fra andre neuroner og transmitterer dem til cellekroppen. De er modtagerområdet for indgående signaler ved at øge kontaktarealet.
4. **Antal dendritiske hvirvler:** Antallet dendritiske hvirvler angiver antallet af små, paddehatteformede strukturer på dendritterne, der danner synapser og dermed påvirker signalbehandlingen og plasticiteten af en neuron.
5. **Axoner (outputkanaler):** Axoner er lange forlængelser af en neuron, der leder elektriske impulser fra cellekroppen til andre neuroner, muskler eller kirtler.
6. **Neuritter:** Neuritter er alle forlængelser af en neuron, dvs. dendritter og axoner, der modtager eller transmitterer signaler.
7. **Cellekrop:** Cellekroppen (soma) indeholder kernen med det DNA, der koder for neuronens gener.

Metaboliske processer, der er ansvarlige for nervecellers vækst og funktion, påvirkes af elektromagnetiske felter: *“Det synaptiske potentiale er, ligesom aktionspotentialer, et elektrisk*

signal" (Squire/Kandel s. 33, 117, Kandel s. 192, 296). Når aktionspotentialet når den præsynaptiske terminal, frigives en neurotransmitter (Squire/Kandel s. 31). Kandel beskriver reaktionen på en række aktionspotentialer ved en synaptisk forbindelse som "*samtidig aktivering*", hvilket fører til langtidspotentiering (LTP), dvs. en langvarig styrkelse af en neurons synaptiske transmission (Kandel s. 700): "*En enkelt, højfrekvent serie af elektriske stimuli kan fordoble styrken af en synaptisk forbindelse*" (Squire/Kandel s. 115). Hukommelsesindhold lagres; det er det, LTP står for.

4.4.2 Anden ekskurs: Den hjerneafledte neurotrofiske faktor (BDNF) – vækstfaktoren for nerveceller

BDNF er hjernens gødning, et lille protein, der former vores hjerneudvikling. Det er et neurotrofisk stof, hvilket betyder, at det fremmer nervevækst (Kandel s. 112 ff). Forestil dig hjernen som en have. Neuroner er de planter, der vokser, forgrener sig og danner forbindelser. BDNF er den gødning, der understøtter denne vækst. Det produceres i hjernen, især i hippocampus, cortex og andre læringsrelevante områder. **Opdagelsen var en betydelig milepæl inden for neurovidenskab, især i forståelsen af læring, hukommelse, psykiske lidelser og neurodegenerative sygdomme.**

BDNF fremmer dannelsen og styrkelsen af synaptiske forbindelser og danner dermed et fundament for læring og hukommelse. BDNF fremmer modningen af neuronale netværk, hjælper med at stabilisere nyttige forbindelser og eliminere unødvendige. BDNF fremmer dannelsen af nye nerveceller i hippocampus (selv i voksenalderen!) og er essentiel for langtidspotentiering (LTP), som er afgørende for lagring af information i langtids hukommelsen. Uden BDNF ville vigtige neurale forbindelser aldrig dannes eller hurtigt forsvinde. BDNF hjælper hjernen med at lagre information ved at styrke forbindelserne mellem nerveceller. Det fungerer som **en naturlig booster for neurale netværk** og er afgørende for en indlæringsdygtig hjerne og hukommelse.

4.4.3 Tredje ekskurs: Hebb's læringsregel

Den Hebbianske læringssynapse spiller en central rolle i læring, især i associativ læring. Den er baseret på princippet formuleret af den canadiske psykolog Donald Hebb i 1949: "*Neurons that fire together, wire together*" ("*Neuroner, der sender sammen, forbinder sig sammen.*")

En synaptisk forbindelse mellem neuroner, dvs. mellem deres dendritter og axoner, er i starten ikke-eksisterende eller kun midlertidigt til stede. Hebb's læringsprincip siger, at en synapse styrkes, når præsynapsen, den præsynaptiske neuron (sender, axon), og postsynapsen, den postsynaptiske neuron (modtager, dendrit), gentagne gange og samtidigt er aktive, næsten som en selvforstærkende ekkoeffekt. Synapser, der udviser disse egenskaber, kaldes Hebbianske synapser. Det fører til en stærkere forbindelse mellem de to neuroner – hvilket betyder mere effektiv transmission af signaler. Denne form for forstærkning kaldes langtidspotentiering (LTP), som er essentiel for at lagre information i hukommelsen (Kandel, s. 236 ff., s. 700). NMDA-glutamatreceptoren (se ordliste) muliggør langvarig potensering. Den sikrer, at synaptisk forstærkning kun sker, når præ- og postsynapsen er aktive samtidigt ("*neuroner, der sender sammen, forbinder sig sammen*"). BDNF forstærker og stabiliserer denne aktivitet på det strukturelle niveau.

Dette komplekse samspil er beskrevet i lærebogen af Squire/Kandel (s. 61, 112 ff., 115 ff., 133 ff.).

BDNF og NMDA er således komplementære byggesten i læringsprocessen, eller rettere sagt, dens realisering ved den hebbiske læringssynapse: NMDA: *“genkendelse af læring”* – BDNF: *“konsolidering af det, der er blevet lært.”* Højfrekvente elektriske impulser (aktionspotentialer) udløser LTP. Den højeste NMDA-tæthed findes ved indgangen til hippocampus og cortex, og derfor forekommer den meste langsigtede potensering (LTP) der. **Der er således ikke et enkelt sted for hukommelse.** Squire og Kandel skriver: *“Hebbs forestilling om distribueret informationslagring demonstrerede fremsynethed ... Der er ingen enkelt hukommelsesregion, og mange hjerneområder bidrager til repræsentationen af hver enkelt begivenhed ... Den moderne opfattelse er, at hukommelsen er vidt spredt over hele hjernen, men forskellige områder gemmer forskellige aspekter af helheden”* (s. 10, 71).

4.5 Mobilstråling fører til synaptiske dysfunktioner

Det centrale spørgsmål er: Påvirker stråling fra mobiltelefoner denne meget komplekse proces i hjernen? Resultaterne fra mange studier er helt entydige. Stråling fra smartphones, tablets og andre hæmmer ekspressionen af glutamatreceptorer og BDNF. Oversat kunne man sige: Strålingen hæmmer nøglefunktioner i læringsprocessen. Hovedresultaterne af studierne af Kim et al. er således: **Vigtige hjerneprocesser forstyrres i deres homeostase, dvs. bringes ud af balance, ved eksponering for RF-EMF-stråling.**

Stråling fører til følgende dysfunktioner i nervecellen:

1. **Reduceret glutamatreceptorekspression:** Ekspressionsniveauerne af NMDA-glutamatreceptorer, som er afgørende for synaptisk plasticitet og indlæring, blev reduceret.
2. **Reduceret BDNF-ekspression:** Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF), en faktor for neuroners overlevelse, vækst og plasticitet og dermed for indlæring og hukommelse, viste et signifikant fald i cellekroppen (soma) af hippocampale neuroner.
3. **Nedsat synaptisk modning:** RF-EMF-eksponering førte til et fald i tætheden af postsynaptiske proteiner, der er essentielle for synaptisk modning. Neuritudvækster og neuronal forgrening blev også nedsat.
4. **Reduktion i antallet af dendritiske pigge:** Mus udsat for 1850 MHz mobiltelefonstråling viste en signifikant reduktion i antallet af dendritiske pigge i den præfrontale cortex. Især de *“svampeformede”* pigge, der er kendt for stærke synaptiske signaler, blev reduceret.
5. **Forringelse af neuritvækst:** Neuritternes længde og antallet af deres grene faldt betydeligt.

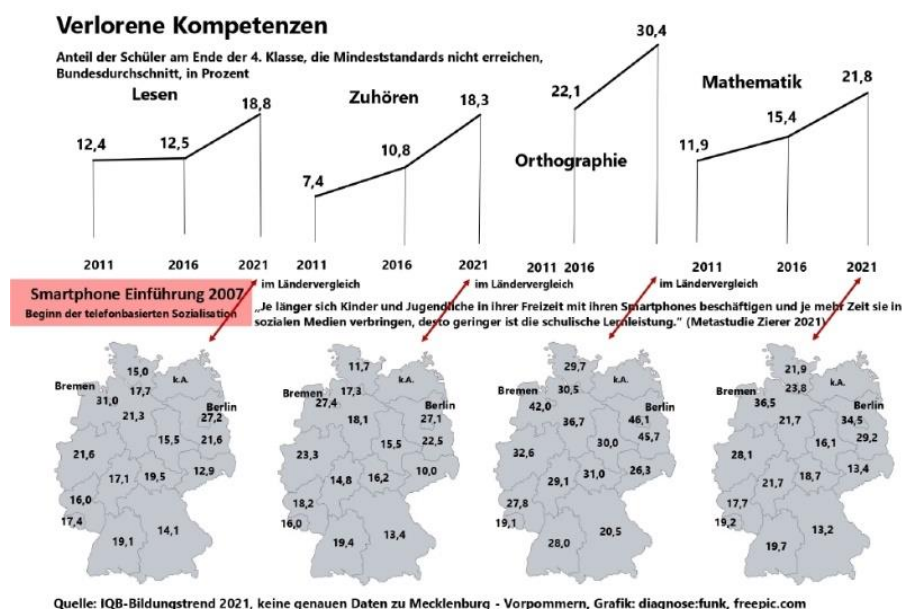
Det har følgende kort- og langsigtede risici for tænkning og læring:

1. Forringelse af indlærings- og hukommelsesevne.
2. Langsom vækst og færre forbindelser betyder, at information lagres langsommere og unøjagtigt.
3. Svækkelsen af "kommunikationslinjerne" i hjernen, dvs. en desynkronisering af hjerneaktivitet, betyder en svækkelse af den figurative hukommelse.

Konklusion: Højfrekvente elektromagnetiske felter har vist sig at ændre centrale metaboliske processer i hjernen – negativt. Særligt alarmerende er den resulterende **desynkronisering af hele hjernen** – centrale processer bliver ude af synkronisering, og neuronalt samspil forstyrres massivt. Det forklarer de negative effekter af stråling på figurativ hukommelse i Försters studie (se 4.1). Det er tydeligt, at det er relateret til effekter på sted- og tidscellerne i hippocampus. Neurobiolog Dr. Keren Grafen fortolker studiets resultater i et interview med diagnose:funk's magasin Kompakt (1/2025):

- "Eksponering for højfrekvente elektromagnetiske felter har en negativ effekt på axonerne og dendritterne i neuroner i hippocampus. Grenene i neurontræerne atrofierer, deres antal falder, og netværket mister stabilitet... **Den anatomiske korrelat for al læring forringes.**"

Det er en kontroversiel konstatering, men det kan forklare mange af de patologiske symptomer, som Haidt beskriver i sin bog (se figur 1), og den nedgang i præstationer, der er dokumenteret af PISA-studierne (figur 5). Professor Gertraud Teuchert-Noodt kaldte derfor **effekterne af digitale medier for et cyberangreb på hjernen**.



Figur 5.

5 Yderligere studier af HF-EMF og hjernen

Fundene fra Kim et al. er ikke anekdotiske, men bekræftes af andre studier. Studiet "Kombineret eksponering for 2,8 GHz og 9.3 GHz mikrobølger forårsager indlærings- og hukommelsessvækkelse hos rotter" af Sun et al. (2025) undersøger effekterne af kombineret mikrobølgeeksponering på rotters hjerner. Kombineret eksponering for 2,8 GHz og 9,3

GHz mikrobølger førte til en betydelig forringelse af lærings- og hukommelsesevnen – mere end ved individuelle eksponeringer. Unormalt forhøjede theta- og deltabølger blev observeret, hvilket indikerer neuronal dysfunktion. Mitokondriel skade, som er forbundet med kognitive underskud, forekom. **Studiet identificerer BDNF som en potentiel biomarkør for mikrobølgeinduceret neuronal skade.**

Sådanne effekter er nu blevet påvist for alle anvendte frekvenser. Det følgende fokuserer på resultaterne for WLAN, da denne teknologi er den mest almindeligt anvendte i skoler (se [Overblik nr. 6](#) om WLAN). WLAN-studier viser direkte effekter på hippocampus-hjerneområdet og dets neuroner. Konsekvenserne omfatter **stressreaktioner** (Yang et al. (2012)), **forringet rumlig indlæring og hukommelse** (Lai og Singh (2014), Wang/Lai (2000), Chaturvedi et al. (2011)) og **kognitive adfærdsforstyrrelser ledsaget af tab af mitokondriefunktion** (Gupta et al. (2018)).

Studiet af Karimi et al. (2018) har den selvforklarende titel: *“2,45 GHz mikrobølgestråling forringer læring, hukommelse og synaptisk plasticitet i rottens hippocampus.”* Forskergruppen var i stand til gennem adfærdseksperimenter at demonstrere, at 2,45 GHz mikrobølgestråling fra en WLAN-enhed forringer rumlig hukommelse og indlæringsadfærd hos rotter. Desuden påvirkes neuronernes langsigtede plasticitet negativt.

Resultaterne af studiet af Zhu et al. (2021) indikerer, at en enkelt, kortvarig eksponering for højfrekvent stråling kan forårsage betydelige ændringer i indlærings- og hukommelsesevner samt i hippocampus' struktur og energimetabolisme. **Ifølge forfatterne indikerer de observerede EEG-ændringer en undertrykkelse af elektrisk hjerneaktivitet.**

Studiet af Bamdad et al. (2019) går i samme retning. De udførte tre psykologiske tests på skolepiger for at vurdere effekterne af WLAN på korttidshukommelse, selektiv opmærksomhed (fokusering på én ting) og delt opmærksomhed (multitasking). WLAN-gruppen viste en signifikant dårligere hukommelsespræstation. Forfatterne antager overproduktion af frie radikaler (ROS) som en årsag, hvilket resultaterne af hjernestudierne af Yang (2012), Bamdad (2019) og Zhu (2021) også viser. Denne virkningsmekanisme, **oxidativ cellestress**, en forstyrrelse af redoxbalancen, er en af årsagerne til inflammatoriske sygdomme (Warnke 2013, Naziroglu 2014, Yakymenko 2015, Schürmann 2021).

I bilaget dokumenterer en liste **over 50 studier**, der er gennemgået i tidsskriftet ElektromogReport, der påviser effekter på hjernens metabolisme, primært for frekvenserne GSM, UMTS, LTE og WLAN, med **enkelte om 5G**. Om den nyeste 5G-teknologi blev rapporten *“Elektromagnetiske felter i frekvensområdet 5,8-200 GHz – Biologiske effekter og konsekvenser for sundheden”* af forskerne Mevissen, Fröhlich og Schürmann (Universiteterne i Basel og Bern) offentliggjort i maj 2025, bestilt af det schweiziske føderale miljøkontor (FOEN). **Her bekræftes potentialet for hjerneskade. Her er to uddrag:**

“Samlet set undersøgte syv ud af de otte in vivo-studier effekter relateret til neurodegeneration eller neurologiske effekter, herunder adfærdseffekter relateret til indlæring og hukommelse (de Seze et al. 2020; Liu et al. 2022; Qi et al. 2022; Romanenko et al. 2019; Rui et al. 2022; Wang et

al. 2023a; Wang et al. 2023b). Seks studier i frekvensområdet 5,8-29 GHz undersøgte hukommelsespræstation, hvoraf nogle også undersøgte strukturelle ændringer i hjernen eller specifikke hjernestrukturer. De fleste studier blev udført i frekvensområdet 5,8-9,4 GHz med inkonsistente resultater. Effekterne var delvist frekvensafhængige, med adfærdsmæssige underskud og morfologiske strukturelle ændringer observeret ved en lavere frekvens (1,5 GHz), som ikke blev observeret ved en frekvens på 9,4 GHz (Wang et al. 2023a). Et studie foretaget af de samme forfattere, også udført med unge rotter, viste adfærdsmæssige defekter samt strukturelle ændringer i den hippocampale hjerneregion og varierende niveauer af proteiner involveret i synaptisk signaltransmission efter kronisk eksponering i seks minutter om dagen, fem dage om ugen i i alt seks uger (Wang et al. 2023a).” (s. 11)

”Studier af de neuronale effekter af RF-EMF-eksponering ved frekvenser i området 5,9-10 GHz har vist forringelser i hukommelse og morfologisk struktur i hjerneområder hos unge laboratoriegnavere (Liu et al. 2022; Wang et al. 2023a; Wang et al. 2023b). Andre studier (Rui et al. 2022) fandt ingen effekter sammenlignet med simuleret eksponering for dyr. Der er ingen sammenlignelige studier i MMW-området (millimeterbølge), men der er også fundet defekter i læringsadfærd for RF-EMF i området under MMW (Bodera et al. 2017; Kerimoglu et al. al. 2016; Ragy 2015; Shahin et al. 2018; Sharma og Shukla 2020; Tan et al. 2017; Tang et al. 2015). Adskillige studier inden for MMW indikerer øget ROS-dannelse, hvilket er forbundet med forringede kognitive evner. Lignende fund er blevet beskrevet i frekvensområderne 900 MHz og 2,5 GHz, som også var forbundet med morfologiske ændringer i hjernen (Bodera et al. 2017; Kerimoglu et al. 2016; Ragy 2015; Schuermann og Mevissen 2021).” (s. 31)

”Sammenfattende giver nogle af in vivo-studierne evidens for strukturelle ændringer i hjernen og underskud i indlæring og hukommelse, samt synaptisk plasticitet.” (s. 32)

Alle disse studier forstærker neurobiolog Dr. Keren Grafens konklusion: *”Den anatomiske korrelat for enhver indlæring er forringet.”* **Der vil sandsynligvis blive gjort forsøg på, især fra industrien og offentlige myndigheder, at bestride relevansen af disse resultater, da de primært sætter spørgsmålstejn ved den milliardstore forretning med digitalisering af uddannelse** ([Overblik nr. 7](#), Krautz 2014, Münch 2018). **Alle disse studier er dog fagfællebedømte og dermed anerkendt som en del af den videnskabelige viden.**

Det bekræftes også af den tyske Forbundsdays rapport om teknologisk indvirkning (TAB) fra 2023, som blev vedtaget enstemmigt. Her opremses nogle af de her citerede studier og om studiesituationen på børn står der: *”I alt 17 studier fandt tegn på forskellige effekter. I de epidemiologiske studier blev unormale adfærdssymptomer oftest beskrevet, især hos børn, der selv brugte mobiltelefoner, eller som blev eksponeret i livmoderen under graviditeten. Desuden rapporterede børn og unge helbredsklager (hovedpine, træthed osv.) ved brug af mobiltelefoner. Der blev også fundet effekter på kognition hos unge. I de eksperimentelle studier var der isolerede indikationer på ændringer i hjerneaktivitet, hudmodstand og nedsat kognitiv præstation”* (TAB, s. 14, 148).

5.1 Underudviklet rum-tid-beregning

Figur 6 viser et resultat af de beskrevne metaboliske forstyrrelser i hjernen, herunder hippocampusfunktioner. Neurobiolog professor Teuchert-Noodt og psykolog Angelika

Supper (Supper 2021) ønskede at undersøge, hvordan brugen af smartphone påvirker frontallappen og evnen til at beregne rumtid. Opgaven: Børnene blev bedt om at skrive ordet "sneboldkamp" i foruddefinerede felter. Børn, der ikke brugte smartphones, løste opgaven, mens børn, der ofte spillede med dem, ikke gjorde det. **Resultat: Hos børn med omfattende brug smartphone er evnen til at beregne rumtid underudviklet.** Det stemmer overens med Förster et al.s resultater om strålingens indflydelse på figurhukommelse (se 4.1).



Fig. 1a. In dieser Handschriftprobe versuchten die beiden Schüler*innen das Wort Schneeballschlacht passend in die vorgegebenen Rechtecke einzufügen. In der Handschriftprobe X handelt es sich um ein Kind mit geringer Handynutzung; in Y um ein Kind mit starker Handynutzung.

Figur 6.

En anden væsentlig årsag er mangel på motion: Hvis et barn sidder foran en skærm i timevis, bliver de en sofakartoffel og mangler rumlig bevægelse. Dermed mangler hjernen byggestenene til videre udvikling af det kognitive apparat – opbygningsaktiviteten aftager. Neurobiolog Manuela Macedonia bekræfter det i sin bog "Bevæg dig! Og din hjerne siger tak" (2024). Hun skriver: "Motion fører til frigivelse af et stjernestof, nervevækstfaktor" (s. 122), dvs. BDNF, og fortsætter: "En af hovedmotivationerne for mig til at motionere er bekymringen for ikke at producere nok BDNF" (s. 129). Så: Ud over den konstante påvirkning af elektromagnetiske felter på hjernens stofskifte, hvilket fører til en reduktion i BDNF, er mangel på motion en anden risiko. Man kan antage en gensidig forstærkning.

5.2 Hele mennesket tænker

Lægen og psykiateren professor Thomas Fuchs, indehaver af Jaspers Chair i Heidelberg, reflekterer over disse effekter af virtualisering, som fører til en kropsløs verden for børn:

"Et fællestræk ved medier og virtuelle verdener er en afkobling fra den umiddelbare fysiske oplevelse, en 'kropsløshed'" (Fuchs, s. 132). Om konceptet med at uddanne børn i daginstitutioner med tablets til at blive IT-kyndige eksperter, skriver han: "Selv i børnehaven konfronteres børn med eksperimenter, målinger og sensoriske illusioner som en del af en videnskabeligt orienteret tilgang for at transformere deres intuitive interaktion med verden til en eksperimentel eller konstruktivistisk tilgang... Ifølge denne neurokonstruktivistiske

opfattelse er den virkelige verden dramatisk anderledes end den, vi oplever. Det, vi opfatter, er ikke tingene i sig selv, men kun billeder eller repræsentationer, de fremkalder i hjernen" (s. 146/147). Fuchs fortsætter: "Kun den følende og samtidig mobile organisme former det oplevede rum, nemlig ud fra de sammenhængende sammenkoblede mønstre af motorisk og sensorisk perception, inklusive balancesansen. Selv noget så fundamentalt som rum er noget, vi kun oplever som kropslige og handlende væsener... I ontogeni omfatter denne interaktion dannelsen af de hjernestrukturer, der er nødvendige for at opfatte miljøet tilstrækkeligt... Perception betyder sensomotorisk interaktion med miljøet" (s. 153/154). Prof. Fuchs' kropsliggørelsesteori beskriver det komplekse netværk af krop og sind.

Det, der vises på skærmen, er ikke selve tingen, men en erstatning for virkeligheden. **Den tidlige adskillelse mellem bevægelse og perception viser sig at være en af de alvorlige konsekvenser ved digitaliseringen.** Jonathan Haidt opsummerer det: "Det er, som om vi giver vores småbørn tablets med film om at gå, men disse film er så fængslende, at børnene aldrig tager sig tid til eller gør sig umage for rent faktisk at lære at gå" (s. 73). **Det tablet-swipede, ensomme og overvægtige barn bliver en moderne Kaspar Hauser.**



Telekom-reklame 2009: Leverer, hvad det lover!

5.3 Hyperpermeabilitet i blod-hjerne-barrieren

En anden alvorlig effekt af EMF på hjernen har været kendt i omkring 30 år og er blevet bekræftet gentagne gange. **Blod-hjerne-barrieren (BBB) beskytter vores hjerne mod indtrængning af toksiner.** Åbningen af blod-hjerne-barrieren efter eksponering af stråling fra mobiltelefoner er blevet overbevisende demonstreret af studier udført af Leif Salford siden omkring år 2000 (Salford 2003, Persson 2021). **Resultatet: GSM-mobiltelefonstråling fører til åbning af blod-hjerne-barrieren, hvilket tillader toksiner at trænge ind i hjernen.** Diagnose:Funk udgav diagnose:funk-dokumentationen "Åbningen af blod-hjerne-barrieren gennem stråling fra mobiltelefoner: Resultater af Salford-studierne" om dette emne i 2022.

Aggarwal et al. (2013) viser, at lave, kroniske feltstyrker på 2,45 GHz ændrer nervercellernes elektrofysiologi. Ifølge forskerne sker der en ændring i synkroniseringen/desykroniseringen af affyrende neuroner, hvilket påvirker blod-hjerne-barrieren og metabolismen af neurotransmittere ved synapserne.

Et nyligt studie foretaget af Kizilçay et al. (2024) konkluderer, at eksponering for

elektromagnetisk stråling ved 2100 MHz forårsager **en betydelig ændring i permeabiliteten af BBB hos newzealandske kaniner ved strålingseksponeringsniveauer, der ligger langt under grænseværdierne, i det ikke-termiske område.**

Om sandsynligheden af effekterne på blod-hjerne-barrieren blev et Review af neurobiolog Dr. Keren Grafen, *“Albumin som en nøglemarkør”*, offentliggjort i 2022 i DHZ – Deutsche Heilpraktiker Zeitschrift (tysk tidsskrift for alternativ medicin) udgivet af Thieme (Grafen 2022).

5.4 Uspecifikke symptomer

Den epidemiske stigning i hovedpine og søvnforstyrrelser bekræftes årligt af undersøgelser fra sygesikringen. **Adskillige studier af WLAN viser en signifikant sammenhæng med hovedpine og træthed** (Chiu 2015, Cho 2016, Redmayne 2013, Wang 2017). Det blev bekræftet af studiet foretaget af Mortazavi et al. (2011). Arbejdsgruppen undersøgte 469 studerende for effekterne af mobiltelefonbrug. Der var en statistisk signifikant korrelation mellem opkaldsvarighed og hyppigheden af hovedpine og muskelsmerter, hjertebanken, træthed, tinnitus, svimmelhed og søvnproblemer. Problemer med opmærksomhed, koncentration og nervøsitet var også mere udbredt end forventet blandt storbrugere.

5.5 Effekterne af 10 Hz-pulsering fra WLAN

I den menneskelige hjerne har alfabølgekomponenten i elektroencefalogrammet en gennemsnitsfrekvens på 10 Hz (Hecht 2017, se figur 3). I Rütger Wevers studie i den berømte Andechs-bunker blev det indbyrdes forhold mellem menneskelige døgnrytmer og 10 Hz-frekvensen af Jordens elektromagnetiske felter (såkaldte Schumann-resonanser, se figur 2) påvist (Hecht 2018).

WLAN pulserer med en frekvens på 10 Hz. De patologiske effekter, som WLAN-eksponering kan have på hjernen, demonstreres af studierne af professor Dr. Lebrecht von Klitzing (1995, 2022). Han er medicinsk fysiker og ledede det klinisk-eksperimentelle forskningscenter ved Medicinske Universitet i Lübeck fra 1975 til 2002. L. von Klitzing er en pioner inden for forskning i elektromagnetiske felter; 23 af hans artikler er blevet lagt ud på EMF-portalens siden 1986. **Han opdagede, at WLAN-signalets 10 Hz-frekvens påvirker kroppens funktioner.** I et interview i diagnose:funk's magasin kompakt sagde han:

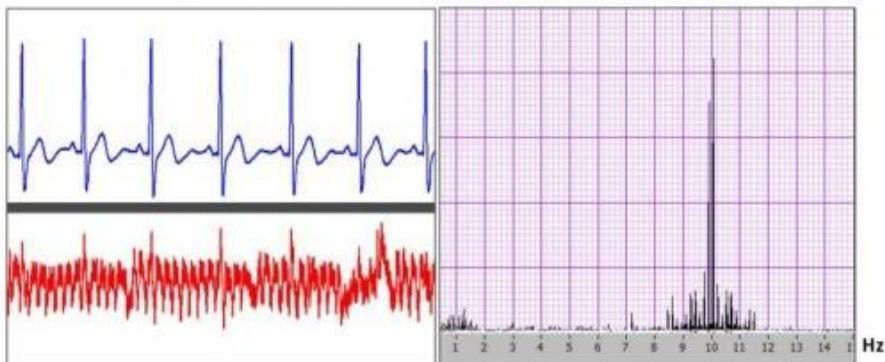
“Nervesignaler kan optages i det såkaldte elektromyogram (EMG), ikke kun direkte fra nerverne, men også i den nære periferi, dvs. på den overliggende hudoverflade. EMG'en kan optages ikke-invasivt ved hjælp af en elektrodematrix på hudoverfladen. Dette viser, at 10 Hz WLAN-signalet i denne optagelse overvejende var detekteret efter tidligere eksponering i de grupper, der beskriver sig selv som elektrosensitive. Det resulterer i en særlig dynamik i ændringen i nervesignalerne... Vi var i stand til at få én indsigt i denne sammenhæng: de kardiale symptomer på atrieflatter/flimmer blev ofte detekteret. Frekvensnærheden til WLAN er ret imponerende.” (www.diagnose-funk.org/1964)

De grafiske FFT-måleprotokoller (Figur 7) viser ændringerne (FFT = Fast Fourier

Transformation: bestemmer frekvenserne i et signal baseret på deres styrke).

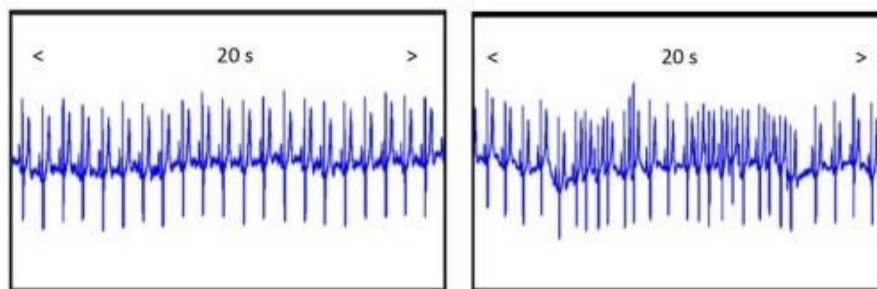
Et lægemiddel ville straks blive trukket tilbage fra markedet baseret på dette studie. Professor Karl Hecht (2018) konkluderer i sin artikel *“Effekten af 10 Hz-pulseringen af elektromagnetisk stråling fra WLAN på mennesker”*: *“10 Hz-pulseringen af WLAN EMF-stråling kan med permanent langvarig eksponering skabe en WLAN EMF-stresshukommelse. Det er en enorm trussel mod menneskers sundhed, især for børn. Det bør forbydes ved lov at udstyre skoler med WLAN-systemer”* (Hecht 2018).

Patientin mit der Eigendiagnose: Kopfschmerzen während / nach Tätigkeit im Großraumbüro



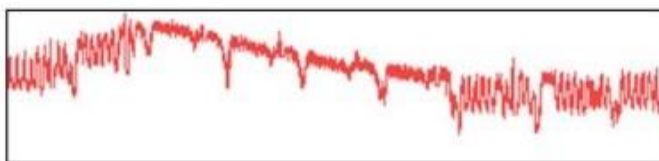
Diese Grafik zeigt im EMG (rot) ein in der FFT (schwarz) eindeutiges 10 Hz-Signal **nach** vorangegangener WLAN-Exposition. Die Zeitdifferenz zwischen letzter Exposition und Messung war hier ca. 30 h ! Das wichtige Ergebnis: das artifizielle Signal wird lange „gespeichert“.

Patientin mit der Eigendiagnose: Atemnot während und nach der Arbeit am Computer

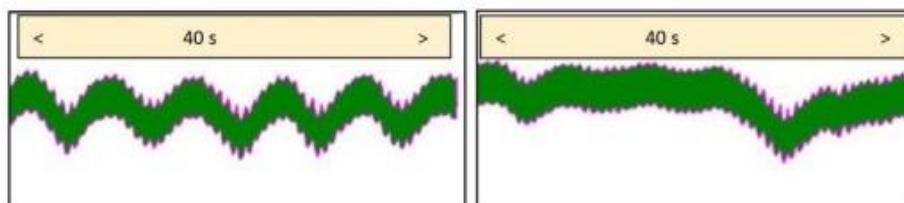


EKG vor Exposition

nach 6 min WLAN-Exposition



Zusätzlich zeigte diese Patientin spontane Änderungen im EMG nach der Exposition und ...



... eine gestörte (= inaktive) Mikrozirkulation

Copyright Messgrafiken Ergebnisse zur Wirkung von WLAN: L. v. Klitzing.

Figur 7.

5.6 Undersøgelser af den særlige risiko ved epilepsi på grund af stråling

Den primære lidelse ved epilepsi er unormal elektrisk overaktivitet i nerveceller (neuroner) i hjernen. Det fører til pludselige og ukontrollerede udladninger i nervecellerne, hvilket manifesterer sig som epileptiske anfald. Et anfald kan udløses af neuronhyperexcitabilitet, f.eks. på grund af en ubalance mellem excitatoriske (f.eks. glutamat) og hæmmende (f.eks. GABA) neurotransmittere.

Der er ti studier inkluderet i EMF-portalen, der blandt andet viser, at ikke-termiske metaboliske forstyrrelser induceret af mobiltelefonstråling kan udløse et epileptisk anfald (Carballo-Quintas et al., 2012). Esmekaya et al. (2018) konkluderer ud fra deres studie, at *“eksponering af mus for et 900 MHz elektromagnetisk felt kan øge oxidativ stress i hjernen under et epileptisk anfald.”* Kouchaki et al. nåede frem til samme konklusion. (2016). Vedrørende resultaterne fra Maby et al. (2006) skriver EMF-portalen: *“GSM-eksponering resulterede i en stigning i EEG-signalet på tværs af alle frekvensbånd og uden lokale forskelle. Disse resultater tyder på, at GSM-mobiltelefoner kan have en biologisk effekt på EEG-signaler.”*

Lopez-Martins (2009) studieresultater er opsummeret: *“Sammenlignet med eksponering for umodulerede signaler øgede 900 MHz GSM-eksponering neuronal excitabilitet hos picrotoxin-behandlede rotter, hvilket fremgår af ændringer i adfærd (anfald), EEG og neuronal c-Fos-ekspression.”* Og Vecchio et al. (2012) viste, at *“sammenlignet med kontrolgruppen havde epileptiske patienter en statistisk signifikant højere interhemisfærisk kohærens af temporale og frontale alfabølger (ca. 8-12 Hz) under GSM-mobiltelefoneksponering sammenlignet med simuleret eksponering.”*

Evidensen for disse effekter af stråling blev bekræftet af en rapport til den schweiziske regering, hvori det hedder: *“Forskning har givet observationer af varierende grad af dokumentation, der indikerer, at der er andre biologiske effekter, som ikke kan tilskrives opvarmning. Ifølge videnskabelige kriterier er påvirkningen på hjernebølger tilstrækkeligt dokumenteret.”* (Swiss Federal Council 2025)

I bilaget oplistes de epilepsistudier, der bliver diskuteret på EMF-portalen.

6 Afhængighedsmekanismen

Ud over de ovenfor omtalte effekter af stråling af hjernen, udløses afhængighed også gennem den endeløse strøm af stimuli, der frister brugerne til at give efter for dem. Ifølge det aktuelle DAK 2025-studie udviser omkring 25 % af 10- til 17-årige i Tyskland risikabel eller patologisk brugsadfærd i forbindelse med smartphones og sociale medier. Det svarer til omkring 1,4 millioner børn og unge. Omkring 4,7 % af denne aldersgruppe betragtes som afhængige af sociale medier, hvilket ekstrapoleret udgør cirka 260.000 unge. **Det er en menneskeskabt epidemi. Smartphones og apps er programmeret til afhængighed.** Børns og unges umodne impulskontrol kan ikke modstå strømmen af stimuli. Der er en permanent acceleration af rum og tid: det konstante forbrug af nye stimuli, som barnets hjerne ikke længere kan bearbejde tilstrækkeligt, giver ikke plads til langsom tænkning og grundig informationsbehandling,

en konsolideringsfase, der er nødvendig for hukommelseslagring. **Det fatale aspekt: Dette konstante bombardement af stimuli skaber følelser af lykke – hjernen higer efter mere og mere, og impulskontrollen kan ikke udvikle sig eller er deaktiveret.** Den underliggende mekanisme blev afdækket på professor G. Teuchert-Noodts institut: **Overstimuleringen accelererer tilførslen af dopamin til belønningssystemet, samtidig med at frontallappen underforsynes.** Den dynamiske fase af hjernemodningen, især af frontallappen, blokeres dermed: *“I hjernen hindrer digital acceleration dannelsen af neuronale sekvenser og den neurokemiske kommunikation mellem de cellegrupper, der tjener til at transmittere excitationsmønstre til fjerne neurale netværk. Det skaber kognitiv impotens” (Teuchert-Noodt 2017).*

7 Løsninger til et strålingsminimeret miljø

Den nuværende status for forskning i de patologiske effekter af ikke-ioniserende stråling på hjernen er blevet grundigt præsenteret – både for alle frekvensområder og specifikt i forbindelse med WLAN (se [Overblik nr. 6](#) om WLAN). **Stråling har en række toksiske effekter på organismen. I betragtning af disse indikationer, og selv i tilfælde af modstridende studier, gælder forsigtighedsprincippet.** I betragtning af den viden, vi har om effekterne af ikke-ioniserende stråling, især WLAN, bør forebyggelsen af risici træde i kraft.

Alternativerne findes. Kabelbaserede forbindelser skal være obligatoriske, hvor det er muligt; alternativet til WLAN, LiFi (Light Fidelity) belysningsteknologi, er nu klar til serieproduktion. **STOA-studiet for Europa-Parlamentets Teknologiuvalg formulerer følgende politiske muligheder:**

- Udvikle apparater med lav stråling, der er mere sikre
- Sænke grænseværdierne, indføre forsigtighedsniveauer
- Implementere alternative forsyningskoncepter (fiberoptisk udvidelse, LiFi)
- Etablere radiofri zoner i offentlige områder
- Øge bevidstheden om potentielle sundhedsrisici, alternativer samt sikkerhedsforanstaltninger

8 Konklusioner

Myndighedernes undertrykkelse af studieresultater og den uddannelsesmæssige realitet med stigende underskud blandt eleverne i skolen skal stoppe. Mens mange lande vender digitaliseringen af uddannelsesinstitutionerne, planlægger den nye tyske føderale regering et *“kun digitalt”* samfund i sin koalitionsaftale, herunder en Digital Pakt for Skoler 2.0 og digitaliseret, autonom læring. Skaden på børn, der er dokumenteret i retningslinjerne for skærmmmedier, vil fortsætte med at stige. KKH-studiet fra 2025 (Kaufmännische Krankenkasse Hannover) viste, at **taleforstyrrelser blandt børn og unge mellem 6 og 18 år steg med 77% mellem 2008 og 2023. Ni procent af unge udviser et sprogunderskud, der kræver behandling,** sammenlignet med 17 procent blandt 6- til 10-årige. **Motoriske forstyrrelser er endvidere steget med 37%.** KKH påpeger eksplicit sammenhængen med brugen af smartphones. **Faldet i intellektuel**

præstation er dokumenteret af PISA- og læseundersøgelser. At anerkende disse risici og bidraget fra eksponering af stråling er en forudsætning for at forebygge dem. **RF-EMF skader helbredet, lige fra at hæmme hjernens udvikling til fertilitet og endda kræft. Derfor er der behov for en beskyttelsespolitik og uddannelse af brugerne. Bidrag til det, specielt hvis du arbejder inden for uddannelse eller sundhedsvæsenet.**

Uddybende artikler

Special artikler på hjemmesiden www.diagnose-funk.org.

NB: flere af artiklerne er oversat til dansk.

Bündnis für humane Bildung (2025): 75 eksperter: Stop den digitale uddannelsespolitik, gør skolerne smartphonefri! Appel til den nye føderale regering: *“Humane und emanzipierende Bildungspolitik vs. digitale Transformation”*, www.diagnose-funk.de/2191. **Se også:** <https://nejtil5g.dk/appel-fra-75-eksperter-invester-i-naturlig-intelligens-i-stedet-for-kunstig-intelligens/>

Dr. Keren Grafen (Interview, 2025): *„Es ist höchste Zeit, dass die negativen Auswirkungen von Hochfrequenz-EMF auf die Gehirnentwicklung von Kindern und Jugendlichen ernst genommen werden!“*, erschienen in 8 Sprachen, www.diagnose-funk.de/2186. Interviewet **oversat til dansk** findes [HER](#).

Peter Hensinger (2023): Paradigmenwechsel ante portas: *„Leitlinie zur Prävention dysregulierten Bildschirmmediengebrauchs in Kindheit und Jugend“* erschienen – Eine Einordnung, Download her: www.diagnose-funk.de/2033

Peter Hensinger / Bernd I. Budzinski: Warum Elektrohypersensibilität (EHS) eine biologisch erwartbare Reaktion auf eine schädliche Strahlung ist, www.diagnose-funk.org/2098. Artiklen **oversat til dansk** findes [HER](#).

Peter Hensinger (2025): Der Stuttgarter-39-Millionen-Euro-Skandal. Raus aus der digitalen Bildungsfalle: Alternativen für eine Erziehung zur Medienmündigkeit! Eine Kritik an der Digitalisierungspolitik der Stadt Stuttgart. Artikelserie, www.diagnose-funk.de/2221

Manfred Spitzer (2022): Digitalisierung in Kindergarten und Grundschule schadet der Entwicklung, Gesundheit und Bildung von Kindern (Review) , Download her www.diagnose-funk.de/2153

Teuchert-Noodt G, Hensinger P (2025): No way out of the smartphone epidemic without taking into account the findings of brain research, www.diagnose-funk.de/2205. **Oversat til dansk** [HER](#).

diagnose:funk Artikelserie om digital uddannelse: www.diagnose-funk.de/1926

Ordliste

BDNF: Brain-Derived Neurotrophic Factor, Growth Factor – Et protein, der tilhører familien af nervevækstfaktorer (neurotrofiner). BDNF findes primært i

centralnervesystemet og fremmer væksten af sensoriske og motoriske nerveceller.

Dendrit: Forgrenet forlængelse af en nervecelle (neuron), der transmitterer impulser til cellekroppen.

Hebbian læringssynapse: Den Hebbianske læringssynapse er et neurofysiologisk princip, hvor den synaptiske forbindelse mellem to neuroner styrkes gennem gentagen samtidig aktivering („Cells that fire together, wire together“), hvilket betragtes som grundlaget for synaptisk plasticitet og læring.

Hippocampus: Del af hjernen, der er særligt vigtig for hukommelsen.

Ikke-ioniserende stråling: NIR omfatter alle stråler og felter i det elektromagnetiske spektrum, der ikke har tilstrækkelig energi til at forårsage ionisering, f.eks. radiobølger, mikrobølger, infrarøde stråler og synligt lys.

Ioniserende stråling: Stråling med en bølgelængde på mindre end 200 nm, der forårsager ionisering, når den passerer gennem stof, dvs. den kan fjerne en elektron fra et atom eller molekyle, hvilket producerer en ion og en fri elektron (f.eks. alfapartikler, røntgenstråler og gammastråling).

Neurit/Axon: Forlængelsen af en nervecelle, der transmitterer signaler.

Neurogenese: Dannelsen af nerveceller gennem differentiering og deling af stamceller.

NMDA-glutamatreceptor: NMDA-receptorer (N-methyl-D-aspartat) er vigtige for neuronal plasticitet og læringsprocesser i hjernen.

Synapse: Transmissionspunkt for excitation fra en nervecelle til en anden nervecelle eller en muskelcelle.

Litteratur

Bodera P, Makarova K, Zawada K, Antkowiak B, Paluch M, Sobiczewska E, Sirav B, Siwicki AK, Stankiewicz W (2017): The effect of 1800MHz radio-frequency radiation on NMDA receptor subunit NR1 expression and peroxidation in the rat brain in healthy and inflammatory states. Biomed Pharmacother 2017;92:802-809, <https://www.emf-portal.org/en/article/32122>

Bündnis für humane Bildung (2025): 75 Experten: Digitale Bildungspolitik beenden, Smartphonefreie Schulen! Appell an die neue Bundesregierung: "Humane und emanzipierende Bildungspolitik vs. digitale Transformation", www.diagnose-funk.de/2191 (På dansk: <https://nejtil5g.dk/appel-fra-75-eksperter-invester-i-naturlig-intelligens-i-stedet-for-kunstig-intelligens/>)

Davis et al. (2023): Wireless technologies, non-ionizing electromagnetic fields and children: Identifying and reducing health risks. Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care 2023; 53 (2): 101374. pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36935315/, på Tysk: www.diagnose-funk.org/2004

de Seze R, Poutriquet C, Gamez C, Maillot-Marechal E, Robidel F, Lecomte A, Fonta C (2020): Repeated exposure to nanosecond high power pulsed microwaves increases cancer incidence in rat. PLoS One 2020;15:e0226858, <https://www.emf-portal.org/en/article/42216>

diagnose:funk Brennpunkt (2022): Die Öffnung der Blut-Hirn-Schranke durch Mobilfunkstrahlung: Ergebnisse der Salford-Studien, www.diagnose-funk.org/1809

diagnose:funk Brennpunkt (2020): LED-Licht zur Datenübertragung – ein gesundheitlich unbedenkliches WLAN? von Klaus Scheler, www.diagnose-funk.org/1576

Foerster M, Thielens A, Joseph W, Eeftens M and Rösli M (2018): A Prospective Cohort Study of Adolescents' Memory Performance and Individual Brain Dose of Microwave Radiation from Wireless Communication. Environmental Health Perspectives, Vol. 126, No. 7, Research Open Access, <https://www.emf-portal.org/de/article/35641>

Fuchs T (2022): Verteidigung des Menschen. Grundfragen einer verkörperten Anthropologie, Suhrkamp

Grafen K (2022): Albumin als Schlüsselmarker. DHZ – Deutsche Heilpraktiker Zeitschrift, 2022; 6: 56 59 | © 2022, Thieme

Haidt J (2024): Den ængstelige generation: Hvordan vi vendte op og ned på barndommen og skabte en epidemi af mental sygdom, Svane & Bilgrav

Hecht K (2018): Die Wirkung der 10-Hz-Pulsation der elektromagnetischen Strahlungen von WLAN auf den Menschen, diagnose:funk Brennpunkt

Hecht K (2017): Der elektromagnetische Ozean-Lebenswichtiger Umweltfaktor in Gefahr, Die Natur heilkunde, 1/2007

Hensinger P (2020): WLAN an Kindertagesstätten und Schulen: Ein Hype verdeckt die Risiken, umwelt-medizin-gesellschaft 1/2020, www.diagnose-funk.org/1537

Hensinger P, Wilke I (2016): Mobilfunk: Neue Studienergebnisse bestätigen Risiken der nicht ionisierenden Strahlung, umwelt · medizin · gesellschaft | 29 (3) | 3/2016, 205-215; <http://www.diagnose-funk.org/1141>, www.diagnose-funk.org/1537

ICBE-EMF (2022): 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 21, 92 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12940-022-00900-9>

Kandel / Schwartz / Jessel (1996): Neurowissenschaften. Eine Einführung, Spektrum

Kerimoglu G, Hanci H, Bas O, Aslan A, Erol HS, Turgut A, Kaya H, Cankaya S, Sonmez OF, Odaci E (2016): Pernicious effects of long-term, continuous 900-MHz electromagnetic field throughout adolescence on hippocampus morphology, biochemistry and pyramidal neuron numbers in 60-day old Sprague Dawley male rats. J Chem Neuroanat 2016;77:169-175, <https://www.emfportal.org/en/article/29918>

Kim Ju Hwan, Kyung Hwun Chung, Yeong Ran Hwang, Hye Ran Park, Hee Jung Kim, Hyung-Gun Kim and Hak Rim Kim (2021): Exposure to RF-EMF Alters Postsynaptic Structure and Hinders Neurite Outgrowth in Developing Hippocampal Neurons of Early Postnatal Mice, Int. J. Mol. Sci. 2021, 22,

5340 <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=606>

Kim JH, Seok JY, Kim YH, Kim HJ, Lee JK, Kim HR (2024): Exposure to Radiofrequency Induces Synaptic Dysfunction in Cortical Neurons Causing Learning and Memory Alteration in Early Postnatal Mice. International Journal of Molecular Sciences, 25 (16).
<https://www.emfdata.org/en/studies/detail?id=860>

Kizilçay AO, Tütüncü B, Koçarslan M, Gözel MA (2024): Effects of 1800 MHz and 2100 MHz mobilephone radiation on the blood-brain barrier of New Zealand rabbits. Wirkungen von Mobiltelefon Strahlung bei 1800 MHz und 2100 MHz auf die Blut-Hirn-Schranke von Neuseeländer-Kaninchen, Med Biol Eng Comput 2024

Klitzing v. L (2022): Healthy disorders by WLAN-exposure, Journal of Clinical Images and Medical Case Reports, Volume 3, DOI: [www.doi.org/10.52768/2766-7820/1639](https://doi.org/10.52768/2766-7820/1639), www.jcimcr.org, Download <https://www.diagnose-funk.org/1964>

Klitzing v. L (1995): Low-Frequency pulsed electromagnetic fields influence EEG of man. Veröffentlicht in: Phys Med 1995; XI (2): 77-80, Download <https://www.diagnose-funk.org/1964>

KKH-Studie (2025): Wenn das Smartphone Kinder verstummen lässt. Zunahme von Sprach- und Sprechstörungen bei Heranwachsenden alarmierend, www.diagnose-funk.org/2242

Krautz J (2014): Ware Bildung. Schule und Universität unter dem Diktat der Ökonomie, München

Leitlinie (2023): Download der Leitlinie: <https://www.awmf.org/service/awmf-aktuell/praevention/dysregulierten-bildschirmmediengebrauchs-in-kindheit-und-jugend>

Münch R. (2018): Der bildungsindustrielle Komplex: Schule und Unterricht im Wettbewerbsstaat, Beltz Juventa

Liu JJ, Zhang HY, Chen X, Zhang GB, Lin JK, Feng H, Chu WH (2022): 20-Hydroxyecdysone Improves Neuronal Differentiation of Adult Hippocampal Neural Stem Cells in High Power Microwave Radiation-Exposed Rats. Biomed Environ Sci 2022;35:504-517,
<https://www.emfportal.org/en/article/47904>

Macedonia M (2024): Beweg dich! Und dein Gehirn sagt Danke: Wie wir schlauer werden, besserdenken und uns vor Demenz schützen, Brandstätter Verlag

Mevissen M, Fröhlich J, Schürmann D (2025): Elektromagnetische Felder in Frequenzbereich 5.8-200 GHz-Biologische Effekte und Konsequenzen für die Gesundheit, BAFU Schweiz

Naziroglu M, Akman H (2014): Effects of Cellular Phone – and Wi-Fi – Induced Electromagnetic Radiation on Oxidative Stress and Molecular Pathways in Brain, in: I. Laher (ed): Systems Biology of Free Radicals and Antioxidants, Springer Berlin Heidelberg,

Persson BRR (2021): „More Probable than Unlikely“- A Tale of the Blood-Brain Barrier and Mobile Communication. Dedicated to Leif G. Salford on his 80th birthday, 2021-12-07“

Qi M, Liu R, Li B, Wang S, Fan R, Zhao X, Xu D (2022): Behavioral Effect of Terahertz Waves in C57BL/6 Mice. Biosensors 2022;12

Ragy MM (2015): Effect of exposure and withdrawal of 900-MHz-electromagnetic waves on brain, kidney and liver oxidative stress and some biochemical parameters in male rats. Electromagn BiolMed 2015;34:279-284, <https://www.emf-portal.org/de/article/24632>

Romanenko S, Harvey AR, Hool L, Fan S, Wallace VP (2019): Millimeter Wave Radiation Activates Leech Nociceptors via TRPV1-Like Receptor Sensitization. Biophys J 2019;116:2331-2345, <https://www.emf-portal.org/de/article/38385>

Rui G, Liu LY, Guo L, Xue YZ, Lai PP, Gao P, Xing JL, Li J, Ding GR (2022): Effects of 5.8 GHz microwave on hippocampal synaptic plasticity of rats. International Journal of Environmental Health Research 2022;32:2247-2259, <https://www.emf-portal.org/en/article/45327>

Salford LG, Brun AE, Eberhardt JL, Malmgren L, Persson BR. Environ Health Perspect (2003): Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. med./bio. [Nervenzellschäden bei Säugetier-Gehirnen nach Befeldung mit Mikrowellen von GSM Mobiltelefonen]. 111 (7): 881-3, <https://www.emf-portal.org/de/article/9462>

Schuermann D., Mevissen M. (2021): Manmade Electromagnetic Fields and Oxidative Stress – Biological Effects and Consequences for Health. Int. J. Mol. Sci. 2021, 22, 3772. <https://doi.org/10.3390/ijms22073772>, <https://www.diagnose-funk.org/1692>

Schweizer Bundesrat (2015): Zukunftstaugliche Mobilfunknetze Bericht des Bundesrates in Erfüllung der Postulate Noser (12.3580) und FDP-Liberale Fraktion (14.3149); <https://www.bakom.admin.ch/dam/bakom/de/dokumente/zukunftstauglichemobilfunknetze.pdf.download.pdf/zukunftstauglichemobilfunknetze.pdf>; https://www.snf.ch/SiteCollectionDocuments/nfp/nfp57/nfp57_synthese_d.pdf, S.10

Setia MS, Natesan R, Samant P, et al. (2025): Radiofrequency Electromagnetic Field Emissions and Neurodevelopmental Outcomes in Infants: A Prospective Cohort Study. Cureus 17(7): e87671. DOI 10.7759/cureus.87671

Shahin S, Singh SP, Chaturvedi CM (2018): 2.45 GHz microwave radiation induced oxidative and nitrosative stress mediated testicular apoptosis: Involvement of a p53 dependent bax-caspase-3 mediated pathway. Environ Toxicol 2018;33:931-945, <https://www.emf-portal.org/de/article/35419>

Sharma S, Shukla S (2020): Effect of electromagnetic radiation on redox status, acetylcholine esterase activity and cellular damage contributing to the diminution of the brain working memory in rats. J Chem Neuroanat 2020; 106:101784,

<https://www.emf-portal.org/en/article/42061>

STOA-Studie (2021): Health-Impact of 5G, www.diagnose-funk.org/1740

Sun L, Wang X, Ren K, Yao C, Wang H, Xu X, Wang H, Dong J, Zhang J, Yao B, Wei X, Peng R, Zhao L (2025): Compound exposure of 2.8 GHz and 9.3 GHz microwave causes learning and memory impairment in rats. Heliyon 2025; 11 (1): e41626

Supper A, Teuchert-Noodt G: "How learning doesn't work" Children evaluate their cell phone use – An empirical pilot study . Neurol Neurosci. 2021; 1(3):1-9

Squire LR, Kandel ER (2009): Gedächtnis. Die Natur des Erinnerns, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag

TAB (2023): Technikfolgenabschätzung (TA) – Mögliche gesundheitliche Auswirkungen verschiedener Frequenzbereiche elektromagnetischer Felder (HF-EMF), Bundestagsdrucksache 20/5646, www.diagnose-funk.org/1954

Tan S, Wang H, Xu X, Zhao L, Zhang J, Dong J, Yao B, Wang H, Zhou H, Gao Y, Peng R (2017): Study on dose-dependent, frequency-dependent, and accumulative effects of 1.5 GHz and 2.856 GHz microwave on cognitive functions in Wistar rats. Sci Rep 2017; 7:10781, <https://www.emfportal.org/en/article/33085>

Tang J, Zhang Y, Yang L, Chen Q, Tan L, Zuo S, Feng H, Chen Z, Zhu G (2015): Exposure to 900 MHz electromagnetic fields activates the mcp-1/ERK pathway and causes blood-brain barrier damage and cognitive impairment in rats. Brain Res 2015;1601:92-101, <https://www.emfportal.org/de/article/26411>

Teuchert-Noodt G (2019): Die Rechnung kann nicht ohne den Wirt gemacht werden: Das Gehirn des Kindes. In: Lankau R, Bleckmann P (2019): Digitale Medien und Unterricht. Eine Kontroverse, Beltz, Weinheim

Teuchert-Noodt G (2017): CYBERATTACKE auf die Nervennetze des Gehirns – Wohin führt die digitale Revolution? umwelt · medizin · gesellschaft | 30 (3) | 3/2017, 28–32

Teuchert-Noodt G, Hensinger P (2025): No way out of the smartphone epidemic without taking into account the findings of brain research, J Neurol Neurosci, 16 (01) 2025 : 001-011, www.diagnose-funk.de/2205, **Oversat til dansk:** <https://nejtil5g.dk/beskyt-de-fremtidige-generationers-kognitive-sundhed/>

Wang H, Liu Y, Sun Y, Dong J, Xu X, Wang H, Zhao X, Zhang J, Yao B, Zhao L, Liu S, Peng R (2023): Changes in cognitive function, synaptic structure and protein expression after long-term exposure to 2.856 and 9.375 GHz microwaves. Cell Commun Signal 2023a; 21:34, <https://www.emfportal.org/en/article/49939>

Wang H, Liu Y, Sun Y, Dong J, Xu X, Wang H, Zhao X, Zhang J, Yao B, Zhao L, Liu S, Peng R (2023): Disrupted Topological Organization of Brain Network in Rats with Spatial Memory Impairments Induced by Acute Microwave Radiation. Brain Sci 2023b;13, <https://www.emfportal.org/en/article/51302>

Warnke U, Hensinger P (2013): Steigende „Burn-out“- Inzidenz durch technisch erzeugte magnetische und elektromagnetische Felder des Mobil- und Kommunikationsfunks, umwelt · medizin · gesellschaft, 1/2013, www.emfdata.org/de/dokumentationen/detail?id=59

Wilke I (2018): Biologische und pathologische Wirkungen der Strahlung von 2,45 GHz auf Zellen, Fruchtbarkeit, Gehirn und Verhalten. Review: umwelt · medizin · gesellschaft | 31 (1) | 1/2018, 58-69, www.emfdata.org/de/studien/detail?id=439

Yakymenko I et al. (2016): Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. Electromagn Biol Med 2016; 35 (2): 186-202, erschienen als diagnose:funk Brennpunkt, www.diagnose-funk.org/1001

Kilder / studier

WLAN-Studier

[Overblik nr. 6](#) (på dansk) om WLAN dokumenterer med over 60 studier.

Aggarwal Y, Singh SS, Sinha RK (2013): Chronic exposure of low power radio frequency changes the EEG signals of rats: low power radio frequency alters EEG. Advances in Biomedical Engineering Research (ABER) 1 (2), <https://www.emf-portal.org/de/article/35733>

Bamdad K, Adel Z, Esmaeili M (2019): Complications of nonionizing radiofrequency on divided Attention. Journal of Cellular Biochemistry 120 (6), <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=555>

Chaturvedi CM et al. (2011): 2.45 GHz (CW) microwave irradiation alters circadian organization, spatial memory, DNA structure in the brain cells and blood cell counts of male mice, mus musculus. Progr Electromagn Res B 29, 23-42, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=238>

Chiu CT et al.: Mobile phone use and health symptoms in children. J Formos Med Assoc 2015; 114 (7): 598-604, <https://www.emf-portal.org/de/article/25628>

Gupta SK, Mesharam MK, Krishnamurthy (2018): Electromagnetic radiation 2450 MHz exposure causes cognition deficit with mitochondrial dysfunction and activation of intrinsic pathway of apoptosis in rats, J Biosci 43, 263-276 (2018), <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=679>

Karimi N, Bayat M, Haghani M, Saadi H F, Ghazipour G R. (2018): 2.45 GHz microwave radiation impairs learning, memory, and hippocampal synaptic plasticity in the rat. Erschienen in: Toxicology and Industrial Health 2018; 34(12), 873-883, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=507>

Lai H, Singh NP Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute

exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. *Int J Radiat Biol* 1996; 69 (4): 513-521, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=402>

Mortazavi SM et al (2011): The pattern of mobile phone use and prevalence of self-reported symptoms in elementary and junior high school students in Shiraz, Iran. *Iran J Med Sci* 2011; 36 (2): 96-103, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=211>

Naziroglu M, Akman H (2014): Effects of Cellular Phone – and Wi-Fi – Induced Electromagnetic Radiation on Oxidative Stress and Molecular Pathways in Brain, in: I. Laher (ed): *Systems Biology of Free Radicals and Antioxidants*, Springer Berlin Heidelberg, 106, S. 2431-2449, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=410>

Redmayne M et al. (2013): The relationship between adolescents' well-being and their wirelessphone use: a cross-sectional study. *epidem. Environ Health* 2013; 12: 90, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=302>

Shahin S, Banerjee S, Singh SP, Chaturvedi CM (2015): 2.45 GHz Microwave Radiation Impairs Learning and Spatial Memory via Oxidative/Nitrosative Stress Induced p53-Dependent / Independent Hippocampal Apoptosis: Molecular Basis and Underlying Mechanism. *Toxicological Sciences* 148 (2), 380–399, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=198>

Shahin S et al. (2018): 2.45-GHz Microwave Radiation Impairs Hippocampal Learning and Spatial Memory: Involvement of Local Stress Mechanism-Induced Suppression of iGluR/ERK/CREB Signaling. *Toxicological Sciences* 161 (2), 349–374, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=734>

Wang B, Lai H (2000): Acute exposure to pulsed 2.450 MHz microwaves affects water-maze performance of rats. *Bioelectromagnetics* 21 (1), 52–56, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=268>

Wang J et al. (2017): Mobile Phone Use and The Risk of Headache: A Systematic Review and Meta analysis of Cross-sectional Studies. *Sci Rep* 2017; 7 (1): 12595, <https://www.emf-portal.org/de/article/33360>

Wilke I (2018): Biologische und pathologische Wirkungen der Strahlung von 2,45 GHz auf Zellen, Fruchtbarkeit, Gehirn und Verhalten. Review: *umwelt-medizin-gesellschaft* 2018 Feb 31(1), <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=439>

Yang XS et al. (2012): Exposure to 2.45 GHz electromagnetic fields elicits an HSP-related stress response in rat hippocampus. *Brain Res Bull* 88 (4), 371–378, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=269>

Zhu, R., Wang, H., Xu, X., Zhao, L., Zhang, J., Dong, J., Yao, B., Wang, H., Zhou, H., Gao, Y., & Peng, R. (2021): Effects of 1.5 and 4.3 GHz microwave radiation on cognitive function and hippocampal tissue structure in Wistar rats. *Scientific Reports*, 11(1), 1–12, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=761>

2 Studier om epilepsi

Carballo-Quintas M, Martinez-Silva I, Cadarso-Suarez C, Alvarez-Figueiras M, Ares-Pena FJ, Lopez(2012): A study of neurotoxic biomarkers, c-fos and GFAP after acute exposure to GSM radiation at 900MHz in the picrotoxin model of rat brains. *Neurotoxicology* 2011; 32 (4): 478-494. *"De fleste områder af hjernen, undtagen piriform cortex, viste signifikante stigninger i neuronal aktivering 24 timer efter eksponering og administration af picrotoxin... Disse resultater indikerer behovet for yderligere undersøgelse af effekterne af mobiltelefoneksponering på epileptiske patienter."*(Citat fra EMF-Portal)

<https://www.emf-portal.org/de/article/19230>

Cinar N, Sahin S, Erdinc OO (2013): What is the impact of electromagnetic waves on epileptic seizures? *Med Sci Monit Basic Res* 2013; 19: 141-145. *"Den gennemsnitlige latenstid til det første anfald var signifikant kortere i 2-timers eksponeringsgruppen end i 12- og 20-timers eksponeringsgrupperne."* (Citat fra EMF-Portal)

<https://www.emf-portal.org/de/article/22456>

Ertilav K, Uslusoy F, Ataizi S, Nazıroğlu M (2018): Long Term Exposure to Cell Phone Frequencies (900 and 1800 MHz) Induces Apoptosis, Mitochondrial Oxidative Stress and TRPV1 Channel Activation in the Hippocampus and Dorsal Root Ganglion of Rats. *Metab Brain Dis* 2018; 33 (3): 753-763.

<https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=674>

Esmekaya MA, Tuysuz MZ, Tomruk A, Canseven AG, Yucel E, Aktuna Z, Keskil S, Seyhan N (2016): Effects of cell phone radiation on lipid peroxidation, glutathione and nitric oxide levels in mousebrain during epileptic seizure. *J Chem Neuroanat* 2016; 75 Pt B: 111-115. *"Lipidperoxidation og total nitrogenoxidniveauer i hjernen var signifikant forhøjede i begge eksponeringsgrupper (gruppe 1 og 2) sammenlignet med den simulerede eksponeringsgruppe (gruppe 3)... Forfatterne konkluderer, at eksponering af mus for et 900 MHz elektromagnetisk felt kan øge oxidativ stress i hjernen under et epileptisk anfald."* (Citat fra EMF Portal)

<https://www.emf-portal.org/de/article/28763>,

<https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=675>

Fröhlich F, McCormick DA (2010): Endogenous Electric Fields May Guide Neocortical Network Activity. *Neuron* 2010; 67 (1): 129-143.

<https://www.emf-portal.org/de/article/18507>,

<https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=350>

Guo Y, Liu Y, Wang X. (2020): Electromagnetic activity: a possible player in epilepsy. *Acta Epileptologica* 2, 9 (2020). <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=639>,
<https://www.springermedizin.de/electromagnetic-activity-a-possible-player-in-epilepsy/25672908>

Kouchaki E, Motaghedifard M, Banafshe HR (2016): Effect of mobile phone radiation on pentylene tetrazole-induced seizure threshold in mice. *Iran J Basic Med Sci* 2016; 19 (7): 800-803. *"Dyr, der kronisk blev udsat for det elektromagnetiske felt (grupperne 4-6), viste signifikant lavere tærskeldoser for toniske og kloniske anfald sammenlignet med kontrolgruppen... Forfatterne konkluderer, at kronisk eksponering af mus for et 900-950 MHz*

elektromagnetisk felt (GSM) kan øge risikoen for epileptiske anfald.” (Citat fra EMF-Portal)

<https://www.emf-portal.org/de/article/30342>,

<https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=14>

Lopez-Martin E, Bregains J, Relova-Quinteiro JL, Cadarso-Suarez C, Jorge-Barreiro FJ, Ares-Pena FJ (2009): The action of pulse-modulated GSM radiation increases regional changes in brain activity and c-Fos expression in cortical and subcortical areas in a rat model of picrotoxin-induced seizure proneness. J Neurosci Res 2009; 87 (6): 1484-

1499. *“Sammenlignet med eksponering for umodulerede signaler øgede 900 MHz GSM-eksponering neuronal excitabilitet hos picrotoxin-behandlede rotter, hvilket manifesterede sig ved ændringer i adfærd (anfald), EEG og neuronal c-Fos-ekspression.”* (Citat fra EMF-Portal)

<https://www.emf-portal.org/de/article/16675>

Maby E, Le Bouquin Jeannes R, Faucon G (2006): Short-term effects of GSM mobiles phones on spectral components of the human electroencephalogram. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2006; 1: 3751-3754. *“hos både raske deltagere og patienter med epilepsi. Hos raske deltagere blev der observeret et signifikant fald i EEG-signalet i alle frekvensbånd, især i alfabølgen fra de occipitale elektroder. Hos patienter med epilepsi var det modsatte tilfældet. GSM-eksponering førte til en stigning i EEG-signalet i alle frekvensbånd uden lokal forskel. Disse resultater tyder på, at GSM-mobiltelefoner kan have en biologisk effekt på EEG-signaler.”* (Citat fra EMF-Portal) <https://www.emf-portal.org/de/article/15056>

Vecchio F, Tombini M, Buffo P, Assenza G, Pellegrino G, Benvenga A, Babiloni C, Rossini PM (2012): Mobile phone emission increases inter-hemispheric functional coupling of electroencephalographical alpha rhythms in epileptic patients. Int J Psychophysiol 2012; 84 (2): 164-171. *“Sammenlignet med kontrolgruppen viste de epileptiske patienter en statistisk signifikant højere interhemisfærisk kohærens af temporale og frontale alfabølgerytmer (ca. 8-12 Hz) under GSM-mobiltelefoneksponering sammenlignet med simuleret eksponering.”* (Citat fra EMF-Portal)

[https://www.emf-](https://www.emf-portal.org/de/article/20245)

[portal.org/de/article/20245](https://www.emf-portal.org/de/article/20245), <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=294>

3. Elektromograpport 2019-2025: Studier af hjernen, adfærd og læring

Autoren / Studie	Experimentelle Bedingungen	Ergebnisse	Schlussfolgerungen
Akakin et al. (2021) 'Electromagnetic Waves from Mobile Phones may Affect Rat Brain During Development' ElektromogReport 2-2022	Ratten ab dem 14. Trächtigkeitstag bis zur Geburt täglich 2 Stunden mit 1800 MHz-Strahlung (1,79 W/kg) bestrahlt. Nach Geburt: 5 Gruppen mit je 6 männlichen Tieren (Kontrolle, Stand-by und Gesprächsmodus, jeweils mit/ohne Weiterbestrahlung bis Tag 60).	In allen bestrahlten Gruppen: Nervenzellschäden in Hirnrinde und Hippocampus, MDA (oxidativer Stressmarker) erhöht, GSH (Antioxidans) in drei Gruppen signifikant vermindert, Neuronen-Degeneration, Erhöhung von GFAP, im Trigeminus-Gewebe mehr degenerierte Axone festgestellt, mit signifikanter Veränderung nur bei Langzeitbestrahlung.	Mobiltelefone beeinflussen Gehirnentwicklung schon im Stand-by-Modus, 1800 MHz-Strahlung (1,79 W/kg) schädigt in fetaler/postnataler Phase Trigeminusnerv und Nervenzellen, oxidativer Stress aktiviert Astroglia im Gehirn, Wirkung ist im Gesprächsmodus stärker, Hinweis auf Risiko für Kinder/Jugendliche durch intensivere Handynutzung, erstmals gezeigte Beeinflussung der Ultrastruktur des Trigeminusnervs, Langzeitnutzung kann stärkere Schäden verursachen.
Akefe et al. (2023) 'Myrtenal improves memory deficits in mice exposed to radiofrequency-electromagnetic radiation during gestational and neonatal development via enhancing oxido-inflammatory, and neurotransmitter functions' ElektromogReport 1-2024	35 männliche Mäuse, in utero und postnatal (Tag 7-8) täglich 1 h bestrahlt mit 900 MHz Hochfrequenz über ein Mobiltelefon, max. Leistung 2 W/kg, SAR = 1,25 W/kg, Leistungsdichte max. 145 µW/cm²; 4 befehlte Gruppen: Gruppe II: nur Befeldung, Gruppe III: Befeldung + 100 mg/kg Myrtenal, Gruppe IV: Befeldung + 200 mg/kg Myrtenal, Gruppe V: Befeldung + 0,5 mg/kg Donepezil (Alzheimer-Medikament).	Hochfrequenzbestrahlung führte zu Gedächtnisverschlechterung, angstähnlichem Verhalten und biochemischen Zellschäden. Myrtenal zeigte bei höherer Dosierung schützende Effekte durch Minderung dieser negativen Auswirkungen auf Verhalten, oxidative Stressmarker und Neurotransmitter.	Hochfrequenzbestrahlung kann während der frühen Entwicklung kognitive Defizite, Verhaltensänderungen sowie oxidative und entzündliche Prozesse im Gehirn von Mäusen verursachen. Das Antioxidans Myrtenal konnte Effekte abschwächen, was zu einer verbesserten Neurotransmitter-Balance und Gedächtnisleistung führte. Empfehlung von myrtenalhaltiger Nahrung bei frühzeitiger Mobilfunkbelastung.
Alkis et al. (2019) 'Effect of 900-, 1800-, and 2100-MHz radiofrequency radiation on DNA and oxidative stress in brain' ElektromogReport 1-2019	28 männliche Ratten, vier Gruppen, 6 Monate lang täglich 2 Stunden bestrahlt (900, 1800, 2100 MHz). Die Ganzkörper SAR-Werte betrugen 0,638, 0,166 und 0,174 W/kg.	Die 2100 MHz-Gruppe zeigte signifikant mehr DNA-Einzelstrangbrüche, alle bestrahlten Gruppen wiesen erhöhten TOS- und OSI-Wert, erniedrigten TAS-Wert, höhere MDA- und 8-OHdG-Level sowie bei 1800 MHz und 2100 MHz erhöhte Nitritwerte auf.	Die Mobilfunkstrahlung scheint in der Lage zu sein, oxidativen Stress, Lipidperoxidation und DNA-Schädigung im Frontallappen des Gehirns zu verursachen. Mobilfunkstrahlung kann verantwortlich für Schäden an biologischem Gewebe sein.
Asl et al. (2020) 'The radio-protective effect of rosmarinic acid against mobile phone and Wi-Fi radiation-induced oxidative stress in the brains of rats' ElektromogReport 2-2023	Männliche Wistar-Ratten, 1 Monat lang täglich 1 h mit 915 MHz (0,98 mW/cm²) und 2450 MHz (0,79 mW/cm²) befehlte, Zusatzgabe: Rosmarinsäure (20 mg/kg) in Saline.	Signifikanter Anstieg oxidativer Stressmarker nach HF-Befeldung (bei 915 MHz und 2450 MHz), Rosmarinsäure zeigte signifikant schützende Effekte bei einigen Stressmarkern (beide Frequenzen).	Die Studie legt nahe, dass Hochfrequenzbefeldung das antioxidative Schutzsystem im Gehirn von Ratten schwächt und oxidativen Stress verstärkt – besonders ausgeprägt bei 2450-MHz-Strahlung. Rosmarinsäure zeigte dabei schützende Effekte, weshalb ihr Verzehr zur Reduktion hochfrequenzinduzierter Stressreaktionen empfohlen wird.

Bamdad et al. (2019) 'Complications of nonionizing radiofrequency on divided Attention' ElektrosmogReport 1-2020	312 Schülerinnen (14-17 J.), 138 Nicht-WLAN-Nutzerinnen und 174 Nutzerinnen (Nutzung > 1 Jahr), erfasst wurden WLAN-Dauer und Standort des Routers, drei Tests zu Kurzzeitgedächtnis, selektive und geteilte Aufmerksamkeit.	WLAN-Gruppe zeigte signifikant schlechtere Leistungen beim Multitasking.	Es gibt schädliche Wirkungen von elektromagnetischen Feldern der 2,4- bis 2,8-GHz-Strahlung von WLAN-Routern auf Schülerinnen in Form von verminderter Fähigkeit zum Multitasking.
Broom et al. (2019) 'Early-Life Exposure to Pulsed LTE Radiofrequency Fields Causes Persistent Changes in Activity and Behavior in C57BL/6J Mice' ElektrosmogReport 1-2020	Mäuse vom Tag 13,5 der Trächtigkeit bis 21. postnatalen Tag mit gepulster LTE-Strahlung (1.846 MHz) bestrahlt, 30 Minuten/Tag, 5 Tage/Woche, SAR: 0,5 oder 1 W/kg Ganzkörper, ab der 12. bis zur 28. Lebenswoche im Heimkäfig wurden Trinkverhalten, Bewegung, Futteraufnahme beobachtet.	0,5 W/kg: signifikant verringerte Trinkfrequenz und reduzierte Bewegungsdistanz, 1 W/kg: signifikant erhöhte Trinkfrequenz und längere Bewegungsdauer, Effekte dosisabhängig und langfristig nachweisbar.	Die wiederholte Bestrahlung mit niedriger Feldstärke von Mobilfunk-Strahlung (gepulsten 1846 MHz, simulierter Downlink, Ganzkörper-SAR 0,5 und 1 W/kg, im Mutterleib und kurz nach der Geburt) hat bei männlichen Mäusen im frühen Leben eine fortdauernde und langanhaltende Nachwirkung.
Chen et al. (2021) '1800 MHz Radiofrequency Electromagnetic Field Impairs Neurite Outgrowth Through Inhibiting EPHA5 Signaling' ElektrosmogReport 2-2021	Embryonale neuronale Stammzellen und Neuro-2A-Zellen in vitro mit 1800MHz GSM bestrahlt (SAR 4 W/kg); RNA-Sequenzierung und Signalweganalyse.	Veränderte Genexpression bei Neuritenausbildung, reduzierte EPHA5-Expression, CREB/RhoA-Signalweg beeinflusst, reduzierte Neuritenlänge und Verzweigung.	Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Hochfrequenzstrahlung das Wachstum von Neuriten (Dendriten und Axone) durch Störung des EPHA5-vermittelten Signalwegs hemmt.
Dasgupta et al. (2022) 'Transcriptomic and Long-Term Behavioral Deficits Associated with Developmental 3.5 GHz Radiofrequency Radiation Exposures in Zebrafish' 'ElektrosmogReport 3-2022	Zebrafisch-Embryonen: Bestrahlung 6-48h nach Befruchtung mit 3,5 GHz (SAR: 8,27 W/kg).	Störungen in Kohlenstoff- und Aminosäurestoffwechsel; signifikante Verhaltensveränderungen (z. B. Raubtiervermeidung, Sozialverhalten) bei adulten Tieren.	Hochfrequenzstrahlung könnte Sozial- und Angstverhalten von Zebrafärblingen beeinflussen, möglicherweise ausgelöst durch Kurzzeitbefeldung drei Monate zuvor. Es gibt Hinweise auf molekulare Veränderungen in Nukleinsäuresynthese und Stoffwechsel und eine potenziell beeinträchtigte neuronale Entwicklung.
Delen et al. (2021) 'Effects of 2600 MHz Radiofrequency Radiation in Brain Tissue of Male Wistar Rats and Neuroprotective Effects of Melatonin' ElektrosmogReport 2-2021	Männliche Ratten (6 Gruppen), bestrahlt mit 2600MHz, 30 min täglich über 30 Tage mit und ohne Melatonin-Schutz (10mg/kg täglich), Bestrahlung unter definierten SAR-Bedingungen (z. B. 0,44 W/kg im Gehirn).	Abnahme antioxidativer Enzyme, Anstieg oxidativer Marker, Erhöhte Apoptose, v.a. im Hippocampus, Zellveränderungen, erweiterte Blutgefäße im Gehirn, Kontroll- und Melatoningruppen mit weitgehend normaler Struktur, Melatonin reduziert oxidative Schäden und Apoptoserate deutlich, Immunhistochemie bestätigt Nervenzell- und Gliazellschädigung durch Strahlung.	Die Ergebnisse deuten auf ein mögliches Risiko neurodegenerativer Erkrankungen und Hirntumoren hin; Reduktion der Strahlenbelastung und Melatonin als Schutzmaßnahme werden empfohlen.

Echchgadda et al. (2022) 'Changes in the excitability of primary hippocampal neurons following exposure to 3.0 GHz radiofrequency electromagnetic fields' ElektrosmogReport 3-2022	60-minütige Bestrahlung mit 3,0GHz bei geringer Dosis (~0,3 W/kg, max. ~0,7 W/kg) embryonaler Hippocampuszellen von Ratten.	Signifikant verringerte Amplitude des Aktionspotenzials nach Bestrahlung, erhöhte Depolarisation des Ruhepotenzials → erhöhte neuronale Erregbarkeit, geringere Schwelle zur Auslösung von Aktionspotenzialen, drastischer Anstieg spontaner Aktionspotenziale, erhöhte intrazelluläre Ca^{2+}-Konzentration → verstärkte synaptische Aktivität, 3,0-GHz-Strahlung potenziert exzitatorische/inhibitorische postsynaptische Ströme, HF-Bestrahlung steigert Erregbarkeit und synaptische Plastizität der Nervenzellen.	Die Befunde deuten auf die Möglichkeit veränderter Gehirnfunktion hin. Die Wirkung der Strahlung auf Erregbarkeit der Hippocampuszellen, den Calciumspiegel und die synaptische Übertragung zeigt, dass mehr Forschung betrieben werden muss, um Mechanismen der EMF-Wirkung zu verstehen.
Farashi et al. (2022) 'Mobile phone electromagnetic radiation and the risk of headache: a systematic review and meta-analysis' ElektrosmogReport 1-2025	Systematische Übersichtsarbeit gemäß PRISMA (Suchzeitraum: 1990 bis Feb. 2021, 33 Studien), Suche in Web of Science, PubMed, Scopus nach Studien mit digitalen Mobiltelefonen unter Einbeziehung aller Altersgruppen und Kopfschmerzformen, keine Begrenzung der EMF-Expositionsdauer.	EMF-Exposition durch Mobiltelefone oder Basisstationen in vielen der analysierten Studien mit Kopfschmerzen assoziiert (25 Studien signifikant). Der gepoolte Gesamteffekt über alle Studien betrug OR = 1,30, was auf einen signifikanten Zusammenhang hinweist – besonders bei Exposition > 100 Minuten/ Woche (OR = 1,41). Alter hatte keinen relevanten Einfluss, aber die Dauer der Exposition war ausschlaggebend. Bei Basisstationen war der Effekt geringer und nicht signifikant (OR = 1,14).	Der gepoolte Effekt der Mobiltelefonnutzung auf Kopfschmerzen deutet auf einen signifikanten Effekt der Mobiltelefonnutzung auf die Prävalenz von Kopfschmerzen hin. Dies gilt unabhängig vom Alter der Betroffenen. Die Ergebnisse der aktuellen Untersuchung deuten auch darauf hin, dass Nutzer von Mobiltelefonen ein höheres Risiko für Kopfschmerzen haben als Personen, die in der Nähe von Mobilfunk-Basisstationen leben.
Gao et al. (2023) 'Electromagnetic pulse induced blood-brain barrier breakdown through tight junction opening in rats' ElektrosmogReport 1-2024	Adulte männliche Ratten, befeuchtet mit 50, 100, 200 und 400 kV/m. EMP-Parameter: Pulszahl n=200, Pulsbreite τ = 200 ns bei einer Wiederholungsfrequenz von 1,0 Hz.	Feldstärkenabhängige Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke (BHS), mikroskopisch zeigten sich erweiterte Tight Junctions, Basalmembranveränderungen und geschwollene Astrozyten-Endfüßchen, Expression relevanter TJ-Proteine zeigte bei hoher Intensität tendenziell einen Rückgang.	Elektromagnetische Pulse (EMP) können die Blut-Hirn-Schranke (BHS) bei Ratten durchlässiger machen, abhängig von Feldstärke und Molekülgröße. Besonders kleinere Moleküle passieren die BHS bei geringerer Intensität. Obwohl sich die Expression der Tight-Junction-Proteine nicht signifikant veränderte, könnten funktionelle Störungen innerhalb der Zellverbindungen eine Rolle spielen. Die Studie liefert damit erste Hinweise auf einen möglichen mechanistischen Zusammenhang zwischen EMP-Einwirkung und BHS-Störung.
Gökçek-Saraç et al. (2021) 'Possible effects of different doses of 2.1 GHz electromagnetic radiation on learning and hippocampal levels of cholinergic biomarkers in Wistar rats' ElektrosmogReport 2-2022	Männlichen Ratten, Bestrahlung mit elektrischem Feld von 45 V/m bzw. 65 V/m für eine Woche mit 2,1 MHz (Modulation 217 Hz) durch Signalgenerator für 2 Stunden/Tag.	Signifikante Verminderungen in Verhaltenstests bei 65 V/m; Reduktion von ChAT, AChE, VACHT sowie deren mRNA-Expressionen im Hippocampus.	Mobilfunkstrahlung beeinträchtigt im Tierversuch Hippocampus-Funktionen (Aktivität, Morphologie, Verhalten), Lernen und Gedächtnis nach Exposition messbar gestört, cholinerges System im Hippocampus spielt zentrale Rolle bei kognitiven Prozessen, erstmals Nachweis dosisabhängiger Effekte kurzzeitiger 2,1-GHz-Exposition auf Verhalten und cholinerge Biomarker (AChE, ChAT, VACHT + mRNA).

Guo et al. (2020) ‘Electromagnetic activity: a possible player in epilepsy’ ElektrosmogReport 2-2022	Systematische Review, aufbauend auf einer Literaturrecherche in PubMed, Medline und EMBASE.	Geomagnetische Stürme erhöhen bei Tieren epileptische Anfälligkeit, Einfluss auf Menschen unklar; rTMS kann Anfälle auslösen oder reduzieren (bis 50%); EEG u. Schumann-Resonanz: Frequenzüberlappung (8-13 Hz) stabilisiert Hirnaktivität; Epileptiker zeigen nach GSM-Exposition stärkere Alpha-Kohärenz als Gesunde: Hinweis auf höhere neuronale Synchronisation und Empfindlichkeit.	Es sollte erforscht werden, ob elektromagnetische Aktivität die Epilepsie oder Anfallschwelle beim Menschen beeinflusst, da bisher nur wenige Daten vorliegen. Trotz erster positiver Hinweise zu rTMS sind weitere, methodisch fundierte Studien nötig, um deren Sicherheit und Langzeitwirkung zu belegen.
Hasan et al. (2022) ‘Effect of 2400 MHz mobile phone radiation exposure on the behavior and hippocampus morphology in Swiss mouse model’ ElektrosmogReport 1-2022	30 Mäuse in 3 Gruppen; 60 Tage Bestrahlung mit 2400 MHz (40/60 min täglich, SAR 2,7 W/kg); freie Bewegung, keine weiteren Geräte; Strahlung per Huawei-Telefon, konstant überwacht.	Signifikanter Anstieg ängstlichen Verhaltens bei bestrahlten Mäusen (v. a. 60 min/d), drastischer Zellverlust im Hippocampus, Gyrus dentatus, degenerative Zellveränderungen, weniger lebende Pyramiden- und Granulazellen, mehr dunkle, degenerierte Zellen nach längerer Bestrahlung; Hinweis auf neurodegenerative Effekte.	2400 MHz-Bestrahlung führte zu deutlich ängstlicherem Verhalten und geschädigten Hippocampuszellen (v. a. CA1-CA3, Gyrus dentatus). Die Strahlung beeinträchtigte besonders Pyramiden- und Granulazellen. Mögliche Folge: langfristige kognitive Einschränkungen.
He et al. (2024) ‘The role of digital device use on the risk of migraine: a univariable and multivariable Mendelian randomization study’ ElektrosmogReport 3-2022	Auswertung genetischer/gesundheitlicher und Selbstauskunftsdaten von über 380.000 UK-Biobank-Teilnehmenden zur Nutzung digitaler Geräte (z. B. Handy, TV, Computer, Videospiele), verglichen mit Migräne-Daten aus zwei großen Kohorten (FinnGen & IHGC). Mithilfe univariabler und multivariabler Mendelscher Randomisierung wurde der kausale Zusammenhang zwischen digitaler Gerätenutzung und Migränrisiko untersucht, unter Berücksichtigung möglicher Störfaktoren wie Schlaf, Blutdruck und Depression.	Mobiltelefonnutzung und Fernsehkonsum waren signifikant mit einem erhöhten Risiko für Migräne insgesamt und Migräne ohne Aura (MO) assoziiert. Kein Zusammenhang zeigte sich mit Migräne mit Aura (MA). Computernutzung und Computerspiele standen tendenziell in negativer Verbindung zu MO. Drei mobilfunkbezogene SNPs betrafen Gene mit bekannter Funktion (PHLPP2, ARPP21, FOXP2).	Frühere Beobachtungsstudien zeigen eine mögliche Verbindung zwischen übermäßiger Nutzung elektronischer Geräte und Migräne. Eine Meta-Analyse bestätigte einen positiven Zusammenhang zwischen Mobiltelefonnutzung und Migräne-Risiko. Mögliche Ursachen sind die Exposition gegenüber blauem Licht (TV) und elektromagnetischer Strahlung (Handy), die visuelle Reize verstärken, den Schlaf stören und das Nervensystem beeinflussen können. Auch oxidativer Stress und gestörter Neurotransmitter-Stoffwechsel könnten eine Rolle spielen. Die Mechanismen gelten als komplex und erfordern weitere Forschung.
Hinrikus et al. (2021) ‘Threshold of radiofrequency electromagnetic field effect on human brain’ ElektrosmogReport 1-2022	Review, Analyse von 76 hochwertigen Studien von 2007-2021 zu Auswirkungen von HF-EMF auf Gehirnaktivität (z. B. EEG, PET), EMF-Portal-Datenbank.	HF-EMF-Exposition beeinflusste laut 76,7 % der Ruhe-EEG-Studien vor allem Alpha-Band, teils auch Beta-, Gamma- und Theta-Aktivitäten. Schlaf-EEG-Studien zeigten zu 41,7 % Effekte. PET-Scans belegten Veränderungen des Glukosestoffwechsels in antennenahen Hirnbereichen. Höhere SAR-Werte führten zu stärkeren EEG-Veränderungen, wirksam war bereits eine Feldstärke ab 2,45 V/m.	Veränderungen im EEG (v. a. Alpha-, Beta-, Gamma-Bänder, erhöhte Komplexität) traten in vielen Studien nach HF-EMF-Exposition auf und ähneln Mustern, wie sie auch bei Depression beobachtet werden. Nur ein Teil der Personen reagierte empfindlich (13-31 %). Kognitive Leistungen blieben unbeeinflusst, EEG-Veränderungen hingegen traten häufig auf. Die geringste wirksame Feldstärke lag bei 2,45 V/m – typisch für Handy- oder WLAN-Nutzung.

Hinrikus et al. (2022) 'Possible health effects on the human brain by various generations of mobile telecommunication: a review-based estimation of 5G impact' ElektrosmogReport 4-2022	Review: Auswertung 73 experimenteller Studien der letzten 15 Jahre nach möglichen Wirkmechanismen und Einflussfaktoren (EMF-Portal), eingeteilt in EEG, Schlaf, Kognition und Hirnstoffwechsel.	Wenige Studien mit quantitativen Ergebnissen; viele nur beobachtete Effekte, Tendenz: Höhere Modulationsfrequenz → geringerer Effekt, Ursache vermutet in dielektrischer Polarisierung durch externe elektrische Felder, thermische Effekte bei hoher, nicht-thermische Effekte bei niedriger Feldintensität, Orientierungspolarisation durch Wassermoleküle nimmt mit Frequenz ab, wirksame Gehirn-frequenzen laut Theorie: 14-40 Hz; ab 1000 Hz keine Effekte beobachtet.	Es gibt zwar zahlreiche Studien zu HF-EMF-Effekten von 2G, 3G und 4G (450-2500 MHz), aber kaum Daten zu 5G und Frequenzen über 2500 MHz. Bisher zeigen sich keine konsistenten Wirkungen in Abhängigkeit von der Mobilfunkgeneration. Bei 5G unter 10 GHz werden keine größeren Unterschiede zu früheren Standards erwartet – aufgrund der geringeren Eindringtiefe höherer Frequenzen könnten die Effekte sogar schwächer ausfallen. Für Frequenzen über 10 GHz fehlen jedoch sowohl experimentelle als auch theoretische Grundlagen, was künftige Risiken schwer abschätzbar macht und den dringenden Bedarf an Forschung unterstreicht.
Hu et al. (2021) 'Effects of Radiofrequency Electromagnetic Radiation on Neurotransmitters in the Brain' ElektrosmogReport 4-2022	Analyse 40 experimenteller Studien aus PubMed zu Hochfrequenzstrahlung: 21 zur kurzfristigen, 19 zur langfristigen Wirkung auf Neurotransmitter.	HF-Strahlung beeinflusst mehrere Neurotransmitter (z. B. Dopamin, Serotonin, GABA, Acetylcholin), Effekte unabhängig von Kurz- oder Langzeitexposition, Stoffwechselstörungen, Rezeptorveränderungen, kognitive Defizite, mögliche Mechanismen: elektrische Hirnaktivität, Ca^{2+} -Haushalt, Apoptose, Membranveränderung.	Bewertung von Hochfrequenzwirkungen auf Neurotransmitter ist schwierig, da Studien uneinheitlich sind und die Botenstoffe eng miteinander verknüpft agieren. Eine mögliche Erklärung für beobachtete Veränderungen ist ein durch Hochfrequenzstrahlung erhöhter intrazellulärer Kalziumspiegel und vermehrte ROS-Bildung, die Zellfunktionen stören und ein Neurotransmitter-Ungleichgewicht verursachen können.
Jing et al. (2024) 'Multi-frequency electromagnetic radiation induces anxiety in mice via inflammation in the cerebral cortex' ElektrosmogReport 3-2024	Männliche Mäuse, täglich 2 Stunden (je 40 Minuten/Frequenz) über 4 Wochen mit HF-EMF 0,9/1,5/2,65 GHz bestrahlt, Ganzkörper SAR-Wert 4,0 W/kg.	Signifikant erhöhtes angstähnliches Verhalten, GABA-, Dopamin- und Serotoninkonzentrationen deutlich reduziert, vermehrt entzündliche Zellen, begleitet von erhöhter Expression proinflammatorischer Marker.	Hochfrequenzbefeldung mit verschiedenen Frequenzen löste bei Mäusen angstähnliche Reaktionen aus, vermutlich bedingt durch eine gestörte Neurotransmitter-Homöostase und entzündliche Prozesse über den CREB-BDNF-TrkB-Signalweg. Gleichzeitig wurden proinflammatorische Signale angeregt und antiinflammatorische gehemmt, was zu einer milden, aber signifikanten Entzündung der Großhirnrinde führte.
Karimi et al. (2018) '2.45 GHz microwave radiation impairs learning, memory, and hippocampal synaptic plasticity in the rat' ElektrosmogReport 1-2019	11 Ratten 40 Tage lang täglich 2 Stunden mit 2,45 GHz WLAN-Strahlung bestrahlt.	Die Mikrowellenstrahlung führte zu Defiziten im Lernverhalten sowie dem räumlichen Erinnerungsvermögen der Versuchstiere. Die elektrophysiologische Studie ergab eine verminderte Reizbarkeit der CA1-Pyramidalneuronen des Hippocampus nach Bestrahlung.	2,45 GHz Mikrowellenstrahlung eines WLAN-Geräts verschlechtert das räumliche Erinnerungsvermögen sowie Lernverhalten von Ratten. Mögliche Ursache: verminderte Reizbarkeit von pyramidalen Neuronen des Hippocampus und negative Beeinflussung der Langzeitplastizität der Neuronen.
Kim et al. (2016) 'Long-term exposure to 835 MHz RF-EMF induces hyperactivity, autophagy and demyelination in the cortical neurons of mice' ElektrosmogReport 3-2019	12 männliche Mäuse (6 Wochen alt), 5 Stunden täglich über 12 Wochen mit 835 MHz und einem Ganzkörper-SAR-Wert von 4,0 W/kg bestrahlt.	Hinweis auf Hyperaktivität, Hochregulierung von Autophagie-Genen, erhöhte Autophagie-Proteine, Autophagosomen und Autolysosomen in Kortex-Neuronen, Schäden an Neuronen der Hirnrinde trotz fehlender Apoptose, defekte Myelinscheiden: ausgefranste Lamellenstruktur, untypische Myelinvorsprünge.	Die Daten der Studie weisen darauf hin, dass Autophagie als Schutzmechanismus vor dem durch Bestrahlung verursachten zellulären Stress fungiert, was ein mögliches Absterben der Zellen auf Grund der Strahlung verhindert. Die Daten zeigen weiterhin, dass die Myelinscheide durch HF-EMF beschädigt wurde, was mit multipler Sklerose assoziiert ist.

Kim et al. (2021) 'Exposure to RF-EMF alters postsynaptic structure and hinders neurite outgrowth in developing hippocampal neurons of early postnatal mice' ElektrosmogReport 3-2021	In vivo: Neugeborene Mäuse 28 Tage lang mit 1850 MHz, 4W/kg, 5h täglich bestrahlt; Analyse der Hippocampi. In vitro: Hippocampusneuronen 9 Tage lang mit 1760 MHz, 4 W/kg bestrahlt.	In vivo: weniger dendritische/pilzförmige Dornen, reduzierte AMPA-/NMDA-Rezeptoren und BDNF. In vitro: PSD95, Glutamatrezeptoren und BDNF im Soma vermindert, Dendriten verkürzt/verzweigt, Zellkörpergröße konstant.	Hochfrequenzbelastung während der frühen Hirnentwicklung kann Synapsenbildung im Hippocampus stören durch reduzierte dendritische Dornen, weniger Glutamatrezeptoren und verringertes BDNF. Dies könnte die Gedächtnisfunktion beeinträchtigen.
Kim et al. (2024) 'Exposure to Radiofrequency Induces Synaptic Dysfunction in Cortical Neurons Causing Learning and Memory Alteration in Early Postnatal Mice' ElektrosmogReport 4-2024	Neugeborene Mäuse, täglich 5 Stunden über 4 Wochen, ab dem 1. Tag nach der Geburt, kontinuierlich bestrahlt mit 1850-MHz-Hochfrequenzwellen ohne Frequenzmodulation, Ganzkörper-SAR-Wert von 4 W/kg.	Signifikante Reduktion dendritischer Dornenfortsätze sowie eingeschränkte Dendriten- und Neuritenentwicklung. Deutlich verminderte Expression synapsenrelevanter Gene sowie des Entwicklungsproteins CDK5 im präfrontalen Kortex -> signifikante Beeinträchtigung des räumlichen Lernens und Gedächtnisses.	Die Ergebnisse weisen auf ein gesundheitsschädliches Potenzial im Hinblick auf neurologische Entwicklungsstörungen wie Autismus-Spektrums-Störung hin.
Kızılcay et al. (2024) 'Effects of 1800 MHz and 2100 MHz mobile phone radiation on the blood-brain barrier of New Zealand rabbits' ElektrosmogReport 1-2025	Weibliche Kaninchen, 38 Minuten innerhalb eines Metallkäfigs zur Minimierung externer Interferenzen, einmalige Hochfrequenzbefeldung mit 1800 MHz bzw. 2100 MHz GSM bei 15 dBm.	Erhöhte Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke (BHS) festgestellt. Beide Frequenzgruppen zeigten gesteigerte Evans-Blue-Konzentrationen im Hirngewebe, die 2100-MHz-Gruppe statistische Signifikanz. Deutlicher Unterschied in der Absorption bei 620 nm zwischen linker und rechter Gehirnhälfte.	Bereits die einmalige Befeldung unter nicht-thermischen Bedingungen mit einer Hochfrequenzintensität ca. zehnmals niedriger als der „Normalwert“ führte bei 2100 MHz zu einer erhöhten Durchlässigkeit der BHS. Die beobachtete erhöhte Permeabilität der BHS könnte verschiedene neurologische Erkrankungen wie z.B. Alzheimer, Schlaganfälle und multiple Sklerose begünstigen.
Kumar et al. (2020) 'Effect of mobile phone signal radiation on epigenetic modulation in the hippocampus of Wistar rat' ElektrosmogReport 3/4-2020	Männliche Wistar-Ratten über 1, 3, 6 Monate mit 900, 1800 und 2450 MHz bestrahlt.	Die Bestrahlung führte zu frequenz- und zeitabhängig erhöhter EHMT1-Expression und Histon-Methylierung sowie verminderter DNMT1-Expression und Cytosin-Methylierung der DNA. Die stärksten Veränderungen traten bei 2450 MHz nach 6 Monaten auf.	Die Ergebnisse können Hinweise auf Beeinträchtigung der Hirnleistung geben und zur Bestimmung des Gesundheitsrisikos der Mobilfunkstrahlung und für die Festlegung von Richtlinien für die Politik dienen.
Lai et al. (2023) 'Hippocampal ferroptosis is involved in learning and memory impairment in rats induced by microwave and electromagnetic pulse combined exposure' ElektrosmogReport 4-2023	197 Ratten, 4 Gruppen, 15-minütige Ganzkörperbestrahlung mit Mikrowellen (MW, 1,5 GHz, 30 mW/cm ²) und/oder elektromagnetischen Pulsen (EMP, 400 ± 25 kV/m).	Körpertemperaturanstieg bei MW & MW+EMP, Verhaltensänderung nach 6 h bei MW+EMP, ab Tag 1 bei allen Gruppen; EEG-α-Aktivität am Tag 1 bei allen Gruppen gesenkt; Hippocampuschäden in Mikro- und Ultrastruktur, v.a. bei MW+EMP; kombinierte Exposition (MW+EMP) zeigte insgesamt die ausgeprägtesten biologischen Effekte.	Sowohl einzeln als auch kombiniert können MW und EMP Hippocampuszellen schädigen und die Lernfähigkeit und das Erinnerungsvermögen beeinträchtigen; die Kombination beider Anwendungen führt zu schwereren Schäden. Ferroptose im Hippocampus könnte ein allgemeiner Mechanismus sein, der durch oxidativen Stress hervorgerufen wird und der Lernen und Gedächtnis beeinträchtigt.

Lameth et al. (2017) 'Acute Neuroinflammation Promotes Cell Responses to 1800 MHz GSM Electromagnetic Fields in the Rat Cerebral Cortex' ElektrosmogReport 2-2019	Untersuchung junger/erwachsener männlicher Ratten auf Entzündungsreaktionen nach LPS-Injektion und/oder einmaliger 1800MHz-Bestrahlung, mit Analyse der Genexpression und Entzündungsmarker nach 24 h.	Strahlung senkt Entzündungs-marker [...] reduzierte AMPA-Rezeptor-Phosphorylierung.	Die Daten zeigen, dass eine einmalige Exposition gegenüber GSM1800-MHz-Feldern (2,9W/kg) vorübergehend entzündliche Genaktivität im Gehirn von Ratten verändert und Mikrogliazellen aktiviert, was sich auf neuronale Signalweiterleitung auswirkt.
Li et al. (2021) '1800 MHz Radiofrequency Electromagnetic Irradiation Impairs Neurite Outgrowth With a Decrease in Rap1-GTP in Primary Mouse Hippocampal Neurons and Neuro2a Cells' ElektrosmogReport 1-2022	In-vitro-Studie an Mausneuronen (primär & Neuro2a), Doppelblinddesign, 1800MHz GSM-Exposition (SAR 4 W/kg), max. 48h Befeldung im 5/10-Minuten-Intervall. Untersucht wurden Zellüberleben, Neuritenwachstum, Proteinexpression und -aktivität.	Zellüberleben: nicht beeinträchtigt, Neuritenwachstum nach 48h Bestrahlung deutlich reduziert, Rap1-Expression: unverändert, aber aktive Form (Rap1-GTP) vermindert, p-MEK1/2: ebenfalls reduziert, Rap1-Überexpression: verhindert Wachstumsstörung.	Die Studie zeigt: 1800MHz-Hochfrequenz kann das Neuritenwachstum stören, wahrscheinlich über eine verminderte Aktivierung des Rap1-Signalwegs. Die Wiederherstellung durch aktives Rap1 deutet auf dessen Schlüsselrolle hin. Besonders kritisch: mögliche Entwicklungsstörungen bei Kindern – der Einfluss auf das unreife Gehirn verdient große Beachtung.
Mevissen et al. (2021) 'Gibt es Hinweise auf vermehrten oxidativen Stress durch elektromagnetische Felder?' ElektrosmogReport 1-2021	Analyse von rund 150 experimentellen Tier- und Zellstudien (2010-2020) zu nieder- und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (50Hz–2,5 GHz). Fokus: oxidativer Stress, DNA-Schäden, Kalziumeinstrom und Beeinträchtigungen des Nervensystems, der Fortpflanzung und des Immunsystems – selbst bei Feldstärken unterhalb geltender Grenzwerte.	Oxidativer Stress, erhöhte ROS-Bildung, DNA-Schäden und Funktionsstörungen an Nerven-, Immun- und Fortpflanzungssystemen, teils auch bei schwacher Feldstärke und unterhalb der Grenzwerte.	Die Mehrzahl der Tierstudien und mehr als die Hälfte der Zellstudien liefern Hinweise auf vermehrten oxidativen Stress durch HF-EMF und NF-MF und dass bei sehr jungen und alten sowie vorgeschädigten Menschen (Immunschwäche, Diabetes, neurodegenerative Erkrankungen) vermehrt gesundheitliche Schädigungen auftreten können.
Narayanan et al. (2019) 'Radiofrequency electromagnetic radiation-induced behavioral changes and their possible basis' ElektrosmogReport 1-2020	Analyse von 73 Studien: verhaltensbezogene, histologische und biochemische Untersuchungen an Ratten und Mäusen im Zusammenhang mit hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung.	92% der Studien: verändertes Angstverhalten. 80% der Studien: verminderte Bewegung nach Bestrahlung. 96% der Studien: Wirkungen auf Gehirnregionen (z.B. Hippocampus, Amygdala), Effekte: neuronale Degeneration, Neuronenverlust, Apoptose, Zellkernverformung. 67% der Studien: Beeinträchtigung der Gliazellen. 100% der Studien: Auswirkungen auf Neurotransmitter (z.B. Ungleichgewicht im Thalamus).	Die Autoren sehen in kombinierten Effekten in mehreren Hirnregionen eine mögliche Ursache der beobachteten Verhaltensänderungen und nennen folgende Mechanismen: ROS-Erhöhung und Zellmembranschädigung, DNA-Strangbrüche → Apoptose durch ROS. Kalziumungleichgewicht → Dendritenumbau/Zelltod. Entzündungsprozesse → Nekrose. Veränderte Gliazell-Physiologie. Neurotransmitter-Ungleichgewicht in Hirnregionen.
Narayanan et al. (2025) 'Possible effects of radiofrequency electromagnetic radiation on contextual fear conditioning, hippocampal perivascular space, apoptosis and adrenal gland microarchitecture in rats' ElektrosmogReport 2-2025	Ratten, 4 Wochen lang, 1 h/Tag mit 900MHz GSM bestrahlt, SAR: 1,15 W/kg.	Hyperaktivität und angstähnliches Verhalten; Gedächtnis signifikant beeinträchtigt; vergrößerte perivaskuläre Räume im Hippocampus; Trends bei Apoptose in CA3; histologische Veränderungen in Zona fasciculata.	Die Studie legt nahe, dass die chronische, nicht-thermische Mobilfunkbefeldung zu signifikanten Veränderungen des Angstgedächtnisses führte. Dies ging einher mit strukturellen Veränderungen des Hippocampus und der Nebennierenrinde.

Othmann et al. (2021) 'Exposure to 2.45 GHz radiation triggers changes in HSP-70, Glucocorticoid Receptors and GFAP biomarkers in rat brain' ElektrosmogReport 3-2021	Weibliche Ratten, drei Gruppen: Gruppe A und B: einmalige 30-minütige 2,45 GHz-Bestrahlung. Tötung nach 90 Minuten (A) bzw. 24 Stunden (B); Gruppe C: an 10 Wochentagen je 30 Minuten bestrahlt und 90 Minuten nach letzter Exposition getötet. SAR: 0,04-0,08 W/kg, Ausschluss thermischer Effekte.	Gruppe C: signifikant erhöhte Werte von HSP-70 und GCR im limbischen Cortex, während GFAP hier sowie im Hippocampus und Hypothalamus signifikant verringert war. Gruppe A, B: nicht-signifikante oder reduzierte Werte.	Vermutlich führt wiederholte Hochfrequenzexposition mit 2,45 GHz zu einer Dysregulation von HSP-70 und GCR, was einen chronischen Stresszustand auslösen könnte, der entzündungshemmende Reaktionen abschwächt, ohne jedoch die Gliazellteilung anzuregen.
Popovičová et al. (2024) 'Effect of microwave radiation on adult neurogenesis and behavior of prenatally exposed rats' ElektrosmogReport 2-2025	Ratten Muttertiere während Trächtigkeit mit 2,45 GHz gepulstem EMF, 2 h/Tag befeldet, SAR 1,73 W/kg.	Juvenile Tiere: Neurogenese durch vermehrte Zellproliferation, erhöhten Zelltod und reduzierte nitroergische Neuronen mit Reifungsverzögerung. Adulte Tieren: verringerte Zellproliferation, erhöhter Zelltod im RMS, reduzierte nitroergische Neuronen, Angstreduktion und gesteigerte Aktivität.	Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine pränatale WLAN-Befeldung langfristige Störungen der postnatalen Neurogenese verursachen kann – mit biphasischem Muster der Zellteilung, persistent erhöhtem Zelltod im RMS sowie Verhaltensänderungen, die mit Neurogeneseveränderungen korrelieren. Analogien zu ADHS-ähnlichem Verhalten und Relevanz angesichts ubiquitärer Hochfrequenzbelastung.
Qin et al. (2022) 'Effects of radiofrequency field from 5G communications on the spatial memory and emotionality in mice' ElektrosmogReport 4-2022	Adulte Mäuse, 21 Tage, täglich 1 h bestrahlt, 4,9 GHz bei 50 W/m².	Erhöhte Immobilität im Schwanzauflängungstest → Hinweis auf depressive Verhaltensmuster. Signifikant erhöhte NSE und S100B im Blut → neuronale Schädigung. Amygdala: strukturelle Schäden und reduzierte Neuronenzahl, Deutliche Hinweise auf Pyroptose.	5G-Strahlung verursachte kein Angstverhalten oder Gedächtnisdefizite, deutliches depressionsähnliches Verhalten im Schwanzauflängungstest, Gewebeanalysen zeigen Neuronenverlust und Pyroptose in der Amygdala, vermutlich stehen die veränderten Emotionen der Tiere mit Veränderungen der Neuronen in der Amygdala in Verbindung.
Sharma & Shukla (2020) 'Effect of Electromagnetic Radiation on Redox Status, Acetylcholine Esterase Activity and Cellular Damage Contributing to the Diminution of the Brain Working Memory in Rats' ElektrosmogReport 4-2022	Wistar-Ratten, 1-4 h/Tag über 90 Tage bestrahlt: 900 MHz, SAR im Gehirn 0,231 W/kg, Leistungsdichte: 7,737 µW/m².	Arbeitsgedächtnis signifikant verschlechtert (dosisabhängig), erhöhter oxidativer Stress im Hippocampus, reduzierte Aktivität von Redox-Enzymen und Acetylcholinesterase, Nachweis von DNA-Strangbrüchen, neuronale Degeneration im Hippocampus, klare Dosis-Wirkungs-Beziehung in allen Parametern.	Hochfrequenzstrahlung führt beim Tiermodell zu oxidativem Stress, reduzierter Acetylcholinesterase-Aktivität und neuronaler Degeneration im Hippocampus, mit daraus folgender Gedächtnisverschlechterung.
Singh et al. (2020) 'Effect of mobile phone radiation on oxidative stress, inflammatory response, and contextual fear memory in Wistar rat' ElektrosmogReport 2-2020	6 Wochen alte Wistar-Ratten wurden mit 3G-Handy (1915 MHz, 4,0 mW/cm², SAR 0,36 W/kg) bestrahlt.	Im Hippocampus erhöhte ROS, oxidierte Lipide/Proteine und verringerte antioxidative Kapazität, proinflammatorische Cytokine, ACTH und CORT im Serum signifikant erhöht, Hypertrophie der Nebennierenrinde, Angstgedächtnis unbeeinträchtigt.	Mobilfunkstrahlung kann oxidativen Stress, Immunreaktionen und eine Dysregulation der HHN-Achse (Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse) auslösen. Trotz erhöhter Cytokine und Stresshormone blieb das Angstgedächtnis unverändert, vermutlich durch kompensierende oder adaptive Prozesse.

Singh et al. (2021) 'A novel pilot study of automatic identification of EMF radiation effect on brain using computer vision and machine learning' ElektrosmogReport 2-2021	Drosophila wurden 5 Tage lang, je 12h/Tag mit 2400MHz Hornantenne bestrahlt (29 mW/m ²); Gehirne wurden mikroskopisch erfasst und per Computer-Vision ausgewertet.	Signifikante Veränderungen in der Gehirnstruktur bei bestrahlten Fliegen, insbesondere in Form (Exzentrizität) und Gleich-mäßigkeit der Fläche (eulersche Zahl). Hinweise auf morphologische Schädigungen, auf Veränderungen in der inneren Gewebestruktur und auf konsistente, messbare Effekte elektromagnetischer Felder auf das Gehirngewebe.	Die Pilotstudie zeigt, dass elektromagnetische Felder (EMF) messbare morphologische Veränderungen im Gehirn von Drosophila-Fliegen verursachen können. Mithilfe automatisierter Bildanalyse wurden Formveränderungen und eine erhöhte „Löchrigkeit“ der Gehirnstruktur festgestellt – beides Hinweise auf strukturelle Schädigungen.
Singh et al. (2023) 'Acute radiofrequency electromagnetic radiation exposure impairs neurogenesis and causes neuronal DNA damage in the young rat brain' ElektrosmogReport 3-2023	26 5-wöchige männliche Wistar-Ratten einmalig für 8h mit puls-modulierter 2115-MHz-Hochfrequenz befeldet; SAR-Wert im Kopf 1,51 W/kg.	Signifikanter Anstieg von freien Radikalen; signifikante DNA-Schäden im Cortex und Hippocampus; Zellteilung im Gyrus dentatus des Hippocampus signifikant verringert; signifikant erhöhte Degeneration von Neuronen im DG.	Die Tierstudie deutet auf potenziell schädliche Wirkungen von Hochfrequenzstrahlung auf das Gehirn hin, ist jedoch nur eingeschränkt auf den Menschen übertragbar. Die Ergebnisse können nach weiterer Validierung eine mögliche Grundlage zur Entwicklung von Schutzmaßnahmen für den Menschen bieten.
Sun et al. (2025) 'Brain Disease-Modifying Effects of Radiofrequency as a Non-Contact Neuronal Stimulation Technology' ElektrosmogReport 2-2025	Review: Narrative Übersicht zu HF-EMF-Wirkung auf das Gehirn; 2000-2025, inkl. Tier- und Humanstudien (z. B. Alzheimer-Modelle).	81 % der Studien zeigten Effekte; 88 % bei SAR ≤ 2W/kg; positive (z. B. verbesserte Kognition) und negative (z. B. oxidativer Stress, EEG-Störung) Auswirkungen dokumentiert.	Hochfrequenzbefeldung könnte in der Lage sein kann, für eine Neurostimulation zu sorgen und verschiedene Gehirnaktivitäten zu beeinflussen.
Tan et al. (2022) 'Changes in the histopathology and in the proteins related to the MAPK pathway in the brains of rats exposed to pre and postnatal radiofrequency radiation over four generations' ElektrosmogReport 1-2024	Ratten mit 2,45GHz kontinuierlicher Hochfrequenz 12 Stunden pro Tag befeldet; SAR-Wert Gehirn (Erwachsene): 0,118W/kg; vier Gruppen (nur Männchen befeldet, nur Weibchen befeldet, beide befeldet, Kontrolle); Befeldung über vier Generationen hinweg, beginnend vor der Befruchtung.	Schwerwiegende histopathologische Schäden (Einblutungen, Zellfehlordnung) bei weiblichen Föten und erwachsenen Weibchen; vaskuläre Veränderungen; MAPK-Signalweg (Mitogen-aktivierter Proteinkinase-Weg) war aktiviert, erhöhte Konzentrationen bestimmter phosphorylierter Proteine.	Befeldung mit kontinuierlichen 2,45-GHz-Wellen konnte signifikante Veränderungen von Schlüsselkomponenten des MAPK-Signalweges bei Ratten hervorrufen. Dieser Signalweg ist unter anderem an kognitiven Prozessen wie Lernen und Gedächtnis beteiligt. Auch eines der pathologischen Merkmale der Alzheimer-Krankheit wird durch die Befeldung verändert. Zudem werden histopathologische Veränderungen des Hirngewebes festgestellt.
Tarsaei et al. (2022) 'Effects of 2.45 GHz Non-Ionizing Radiation on Anxiety-Like Behavior, Gene Expression, and Corticosterone Level in Male Rats' ElektrosmogReport 4-2023	56 männliche Wistar-Ratten, 7 Tage (kurzfristig) bzw. 30 Tage (langfristig) je 1 Stunde täglich bestrahlt mit gepulster 2,45-GHz-HF, 4 mW/cm ²	Körpergewicht signifikant reduziert bei kurz- und langfristig befeldeten Tieren, erhöhtes Angstverhalten bei Kurzzeitbefeldung inkonsistente Verhaltensänderungen im offenen Feld, Corticosteron nach Kurzzeitbefeldung signifikant erhöht.	Die Resultate weisen darauf hin, dass die 2,45-GHz-Hochfrequenz in der Lage war, molekulare Stressreaktionen und Verhaltensänderungen hervorzurufen. Hochfrequenz könnte als externer Stimulus wirken, der die Aktivierung von Stressverwandten Genen verändert und eine Angstreaktion im Hippocampus von Ratten auslösen kann.
Tohidi et al. (2020) 'Long-term exposure to electromagnetic radiation from mobile phones can cause considerable changes in the balance of Bax/Bcl2 mRNA expression in the hippocampus of mice' ElektrosmogReport 3/4-2020	48 männliche Mäuse, 6 Gruppen, 30 Tage mit 900/1800 MHz täglich zwischen 0,5-4 h bestrahlt.	Die Bax-Expression war in allen Gruppen erhöht, am höchsten nach 2 h. Bcl2 war bei 2x4 h signifikant verringert. Das Bax/Bcl2-Verhältnis stieg mit Expositions-dauer, am höchsten bei 2x4 h täglich.	Aus den Ergebnissen kann man schließen, dass Mobilfunkstrahlung beträchtliche Veränderungen im Gleichgewicht der mRNA-Ausschüttung der Apoptose-Gene Bax und Bcl2 im Hippocampus von männlichen Mäusen hervorrufen kann.

Ullrich et al. (2021) 'Electromagnetic Fields and Calcium Signaling by the Voltage Dependent Anion Channel' ElektrosmogReport 4-2021	Literaturrecherche zur Beteiligung von Kalzium und spannungsabhängigen Ionenkanälen in Bezug auf biologische Wirkungen von EMF + zusätzliche Wirkmechanismen.	EMF können VDAC-Kanäle in Ca^{2+}-Kanäle umwandeln – auch in nicht erregbaren Zellen wie Erythrozyten, was zu Kalziumeinstrom und Formveränderungen führt. VDAC reguliert ATP-Transport und kann bei Dysfunktion Zelltod einleiten. Gemeinsam mit dem EMF-empfindlichen TSPO könnten VDAC/TSPO-Komplexe als biologische Sensoren wirken. Besonders gepulste EMF im EEG-Frequenzbereich (5-100 Hz) gelten als bioaktiv – mögliche Erklärung für psychische Symptome bei empfindlichen Personen. Benzodiazepin-Wirkung und Anti-VDAC-Antikörper bei Autismus stützen Hypothese.	EMF könnte über den Ionenkanal VDAC wirken und TSPO als Magnetosensor dienen. Der VDAC/TSPO-Komplex könnte EMF detektieren und neuronale Prozesse beeinflussen, Hypothese sollte experimentell überprüft werden.
Wang et al. (2022) 'The dose-dependent effect of 1.5-GHz microwave exposure on spatial memory and the NMDAR pathway in Wistar rats' ElektrosmogReport 1-2023	Männliche Wistar-Ratten, Bestrahlung mit 1,5 GHz (L-Band) für 6 Min bei 5, 30 und 50 mW/cm² (SAR: 1,85/11,1 / 18,5 W/kg).	Signifikante Verhaltensänderungen und EEG-Hemmung, dosisabhängige Schädigung des Hippocampusgewebes (beginnend nach 6 h, Maximum nach 7 d, Regeneration nach 14 d), 7 d nach Beendigung der Bestrahlungsperiode war auch die Ultrastruktur des Hippocampus dosisabhängig geschädigt.	Es gibt robuste Hinweise auf eine Beeinträchtigung des räumlichen Gedächtnisses, Hemmung der Hirnströme, Beeinträchtigung der Hippocampusstruktur/-ultrastruktur und eine Veränderung von Komponenten des NMDA-Rzeptor-Signalweges als Konsequenz der Hochfrequenzbefeldung.
Wardzinski et al. (2022) 'Mobile Phone Radiation Deflects Brain Energy Homeostasis and Prompts Human Food Ingestion' ElektrosmogReport 1-2022	15 normalgewichtige junge Männer von 21 bis 29 Jahren, 25 Minuten lang der maximalen Strahlung von 2 verschiedenen Mobiltelefonen ausgesetzt (SAR: 0,97 bzw. 1,33 W/kg); kontrollierter Cross-Over-Vergleich mit Scheinbestrahlung.	Bei 13 der 15 Probanden Kalorienaufnahme hochsignifikant um 22-27 % gegenüber der Scheinbestrahlung erhöht, hauptsächlich durch vermehrte Aufnahme von Kohlenhydraten, ATP/Pi und PCr/Pi-Verhältnis stark erhöht, um dann stark abzufallen.	Ergebnisse deuten darauf hin, dass Mobilfunkstrahlung ein möglicher beitragender Faktor zu übermäßigem Essen sein und die Energie-Homöostase im Gehirn stören kann, mit erhöhtem Glukosebedarf in Nervenzellen. Dies könnte mentale Gesundheit, Verhalten und Organe beeinflussen. Besonders gefährdet: Kinder und Jugendliche, da ihr Gehirn mehr und tiefer eindringende Strahlung aufnimmt.
Xu et al. (2017) 'Age-dependent acute interference with stem and progenitor cell proliferation in the hippocampus after exposure to 1800 MHz electromagnetic radiation' ElektrosmogReport 2-2019	Neugeborene (P7) und juvenile Mäuse 3 Tage lang 8 Stunden pro Tag mit 1800-MHz-Strahlung (1,16 W/kg) bestrahlt.	P7-Tiere: vermehrte DNA-Synthese und Abnahme der Stammzellanzahl im Hippocampus.	Empfindlichkeit gegenüber 1800-MHz-Strahlung während der Entwicklung muss berücksichtigt werden, wenn der Schutz vor elektromagnetischen Feldern beurteilt wird.
Zheng et al. (2023) 'Biological effects of exposure to 2650 MHz electromagnetic radiation on the behavior, learning, and memory of mice' ElektrosmogReport 4-2023	60 männliche Mäuse mit synthetischer 5G-Mobilfunkfrequenz (2650 MHz) und einem Ganzkörper-SAR-Wert von 2,06 W/kg 28 Tage, 4 h pro Tag befeldet. Elektrische Feldstärke 78,9 V/m.	Angstähnliches Verhalten, erhöhter Corticosteron-Spiegel im Plasma nach Befeldung, signifikante Verringerung des verhaltensassoziierten Moleküls BDNF und des GR-Proteins.	5G-Hochfrequenzstrahlung könnte bei Nagetieren ein angstähnliches Verhalten auslösen. Die Veränderungen in der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HPA-Achse) (insbesondere eine reduzierte Bildung des Glukokortikoidrezeptors GR) könnte auf eine gestörte Stressregulation hindeuten.

Zhu et al. (2021) 'Effects of 1.5 and 4.3 GHz microwave radiation on cognitive function and hippocampal tissue structure in Wistar rats' ElektrosmogReport 1-2023	140 männliche Wistar-Ratten (4 Gruppen): jeweils 6 min. bei 10 mW/cm² bestrahlt, SAR-Wert 3,3-3,7 W/kg.	Erhöhte durchschnittliche Fluchtlatenz, signifikante Veränderung der EEG-Wellen, Hippocampusmorphologie wies signifikante pathologische Veränderungen auf. Regeneration der meisten Schädigungen nach 14, spätestens 28 Tagen. Gehalt der Nissl-Schollen 7 und 14 Tage nach Bestrahlung signifikant vermindert; signifikante Verringerung der Enzymaktivität im Hippocampus. Trend: kombinierte LC-Befeldung rief stärkere pathologische Veränderungen hervor.	Eine einmalige Hochfrequenzbefeldung kann kurzfristig Lernen, Gedächtnis und neuronale Strukturen im Hippocampus beeinträchtigen. Es besteht vermutlich ein Zusammenhang zwischen der Abnahme der Nissl-Schollen und der Abnahme der Lern- und Gedächtnisfunktionen. Diese Effekte scheinen jedoch reversibel zu sein und es wurden keine Wechselwirkungen zwischen den getesteten Frequenzen festgestellt.
---	---	---	--

De oversatte udgaver i serien “Overblik for indsigt” finder du her:

<https://nejtil5g.dk/overblik-for-indsigt/>

Du finder en oversigt over hele serien her:

<https://www.diagnose-funk.org/aktuelles/artikel-archiv/detail?newsid=2090>

Læs mere her:

Nyt mobilstudie: Stråling åbner for blod-hjerne-barrieren og toksiner kommer ind i hjernen

[https://nejtil5g.dk/nyt-mobilstudie-straaling-aabner-for-blod-hjerne-barrieren-og-toksiner-
kommer-ind-i-hjernen/](https://nejtil5g.dk/nyt-mobilstudie-straaling-aabner-for-blod-hjerne-barrieren-og-toksiner- kommer-ind-i-hjernen/)

“Elektrosensitivitet er målbart”

<https://nejtil5g.dk/elektrosensitivitet-er-maalbart/>

Airpods og Bluetooth-hovedtelefoner gennemtrænger hjernen med ikke-ioniserende stråling

[https://nejtil5g.dk/airpods-og-bluetooth-hovedtelefoner-gennemtraenger-hjernen-med-ikke-
ioniserende-straaling/](https://nejtil5g.dk/airpods-og-bluetooth-hovedtelefoner-gennemtraenger-hjernen-med-ikke- ioniserende-straaling/)

Tyskland i PISA-chok: Hvad siger hjerneforskningen om uddannelseskatastrofen og digitaliseringen af læring for børn og unge?

[https://nejtil5g.dk/tyskland-i-pisa-chok-hvad-siger-hjerneforskningen-om-uddannelseskatastrofen-
og-digitaliseringen-af-laering-for-boern-og-unge/](https://nejtil5g.dk/tyskland-i-pisa-chok-hvad-siger-hjerneforskningen-om-uddannelseskatastrofen- og-digitaliseringen-af-laering-for-boern-og-unge/)

Stråling kan føre til hjerneskadeler og Alzheimers

<https://nejtil5g.dk/straaling-kan-foere-til-hjerneskadeler-og-alzheimers/>

Hvordan forskning i blod-hjerne-barrieren blev lukket ned – igen

<https://nejtil5g.dk/hvordan-forskning-i-blod-hjerne-barrieren-blev-lukket-ned-igen-2/>