

Effecten van elektromagnetische velden van draadloze communicatie op de stofwisseling in de hersenen

Peter Hensinger M.A.



We maken momenteel een ingrijpende verandering mee in de manier waarop kinderen en jongeren opgroeien. De komst van de smartphone op de markt in 2007 was een keerpunt. De op spel berustende kindertijd en socialisatie werden vervangen door een op smartphones gebaseerde versie. Volgens een onderzoek van *Postbank* uit 2025 brengen jongeren tegenwoordig gemiddeld meer dan 70 uur per week on-line door, vooral op smartphones en tablets.¹ Hoeveel tijd blijft er dan nog over voor andere dingen?

Sinds ongeveer 2010 is er als gevolg van de snelle verbreiding van de smartphone een drastische toename van concentratiestoornissen, slaapstoornissen, gebrekkige taalontwikkeling, depressies en suïcidale gedachten bij jongeren en ook een jaarlijks toenemende vermindering van prestaties op scholen.² Elke nieuwe PISA- en normstudie inzake onderwijs stelt een aanhoudende neergang vast. In het persbericht van de Conferentie van Ministers van Onderwijs KMK over de nieuwe IQB-studie (2025) betreffende de vermindering van prestaties in de exacte vakken (wiskunde, informatica, natuurwetenschappen, techniek) worden de oorzaken aangegeven. Er zou sprake zijn van "een afname van motivatie, zelfvertrouwen en basisvaardigheden" omdat "een te grote mediaconsumptie, bijvoorbeeld vanwege sociale media, de ontwikkeling van jonge mensen" belemmert.³ Maar verder tast men in het duister, want voor een analyse van deze onderwijscatastrofe en een pedagogische weg terug zouden er maatschappelijke oorzaken, met name steeds economischer gerichte onderwijs en het afstappen van een onderwijsideaal à la Humboldt, moeten worden meegenomen.⁴

Deze ontwikkelingen vormen het onderwerp van talrijke debatten en terecht komt de psychosociale dimensie van digitale media onder de schijnwerpers, d.w.z. de overbelasting aan prikkels, het verslavede potentieel en het gebrek aan beweging met de kenmerkende gevolgen daarvan, zoals overgewicht en hart- en vaatziekten. In een richtlijn t.a.v. disfunctioneel gebruik van beeldschermen uit 2023 staat deze dramatische ontwikkeling gedetailleerd beschreven.⁵

Er is daarbij een centraal aspect dat nauwelijks in het openbaar wordt besproken, hoewel er al heel lang alarmbellen hadden moeten klinken: nl. de effecten van belasting door straling.⁶ Dit laatste is vandaag mijn onderwerp.

Wat gebeurt er als niet alleen psychosociale stress en allengs grovere inhoud⁷, maar ook de infrastructuur van de digitale wereld – de elektromagnetische velden van draadloze communicatie – diep ingrijpen in de neurobiologische ontwikkeling? Het zich bezighouden met straling is niet iets esoterisch, in Duitsland is er het *Federaal Bureau voor Stralingsbescherming (BfS)*. De risico's van röntgenstraling of ioniserende straling zijn onomstreden. Maar de risico's van de *niet-ioniserende* straling van draadloze communicatie worden betwist – om economische redenen. Daarnaast hebben nog we te maken met cognitieve dissonantie bij de gebruikers. Want die zijn dol op hun smartphones en willen geen slecht nieuws horen over de risico's ervan. De onderzoeken spreken echter duidelijke taal.

Uitkomsten van epidemiologische studies

Het menselijk brein is een elektrochemisch orgaan. De werkzaamheid ervan is gebaseerd op verfijnd afgestemde elektrische ritmes en de elektrochemische signaaloverdracht bij de synapsen. Daarbij speelt langetermijnpotentiëring (LTP) – dat wil zeggen een toenemende versteviging en stabilisering van de synapsverbindingen – een sleutelrol. Want dat is het proces waardoor we het geleerde in ons geheugen opslaan.

Wanneer hoogfrequente elektromagnetische velden (HF-EMV's) – zoals die worden uitgestraald door smartphones, tablets of WiFi-apparaten – ingrijpen in dit systeem, kunnen ze de neuronale ritmes verstoren, de synapsvorming afremmen en centrale processen zoals geheugenvorming en emotieregulering belemmeren. Talrijke studies bewijzen het: deze verstoringen zijn aangetoond – en ze verlopen via goed begrepen mechanismen.

Ik ga eerst uit van vier epidemiologische studies, om vervolgens te analyseren in hoeverre de uitkomsten ook veroorzaakt worden door de invloed van EMV's.

Studie 1: Met medewerking van de Amerikaanse gezondheidsautoriteiten NIEHS/NIH (*National Institute of Environmental Health Sciences/National Institute of Health*) werden er in 2008 en 2012 in Denemarken studies uitgevoerd met de titel "Prenatale en postnatale blootstelling bij gebruik van mobiele telefoons en gedragsproblemen bij kinderen" (Divan et al.). De eerste studie, met 13.159 kinderen van 7 jaar, concludeerde dat er verband is tussen prenatale en postnatale blootstelling aan mobiele telefoons en algemene gedragsproblemen bij kinderen, zoals ADHD-symptomen, emotionele problemen of moeilijkheden met leeftijdsgenoten (OR 1,80; CI 1,45-2,23).⁸ Deze studie werd vervolgens in 2012 herhaald met een nieuwe groep van 28.745 kinderen, waarbij de uitkomsten werden bevestigd. De hoogste *odds ratio's* (relatief risico) voor gedragsproblemen werden waargenomen bij kinderen die voor en na de geboorte waren blootgesteld aan de straling van mobiele telefoons, vergeleken met niet-blootgestelde kinderen (OR 1,5; CI 1,4-1,7).

Studie 2: Förster et al. (2018) onderzochten in Zwitserland meer dan 700 jongeren en vonden een correlatie: hoe groter de blootstelling aan straling door mobielelefoongebruik, des te slechter de prestaties op het gebied van het beeldgeheugen, d.w.z. het herkennen en onthouden van visuele informatie.⁹

Studie 3: Een recente studie uit India, waarin baby's in huishoudens met verschillende stralingsniveaus werden geobserveerd (Setia et al. 2025), is zorgwekkend. De kinderen die aan hoge stralingsniveaus waren blootgesteld, vertoonden aanzienlijke achterstand in ontwikkeling op het gebied van taal, communicatie, motoriek en probleemoplossen.¹⁰

Studie 4: Neurobioloog prof. Gertraud Teuchert-Noodt en psycholoog Angelika Supper (Supper 2021) wilden onderzoeken hoe het gebruik van smartphones van invloed is op de frontale kwab en het ruimtelijk-temporele denkvermogen.¹¹ De opdracht was deze: kinderen uit groep 5 van de basisschool moesten het woord 'Schneeballschlacht' (sneeuwballengevecht) binnen vooraf aangegeven vakjes

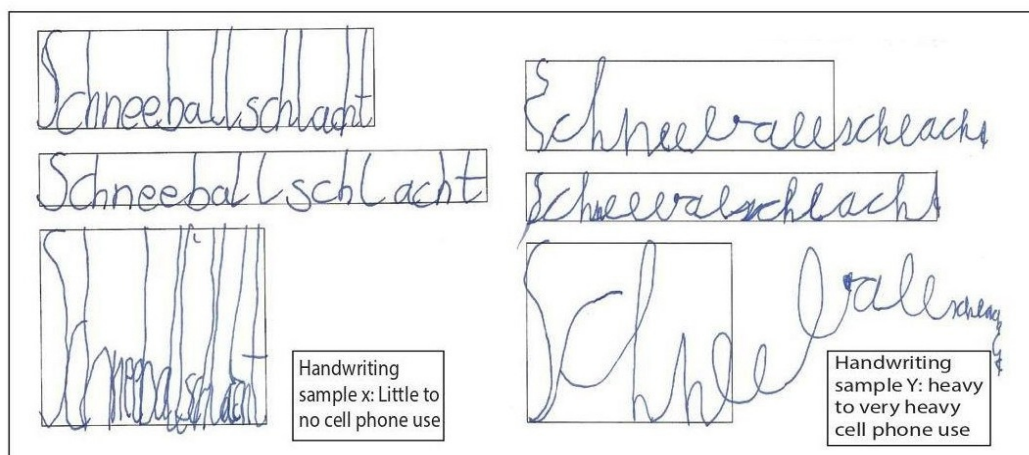


Fig.1: In dit voorbeeld proberen beide scholieren het woord 'Schneeballschlacht' (sneeuwballengevecht) in de vooraf aangegeven hokjes te schrijven. (Beeld: Teuchert-Noodt)

schrijven. Kinderen die geen smartphone gebruikten, waren in staat de opdracht uit te voeren; kinderen die veel met hun smartphone bezig waren echter niet – die overschreden duidelijk de vooraf gegeven begrenzing. Uitkomst: bij kinderen met veelvuldig gebruik van een smartphone, is het vermogen tot ruimtelijk-temporele berekening onderontwikkeld. De auteurs toonden hiermee aan dat de ruimtelijk-temporele berekening onderontwikkeld is vanwege de eendimensionale fixatie op schermen en het gebrek aan voldoende beweging van het hele lichaam. De vraag rijst of dit ook verband kan houden met de blootstelling aan straling.

Deze vier studies tonen correlaties aan; maar zijn er ook plausible causale werkingsmechanismen met bijbehorend bewijs? Wat zijn de oorzaken van de ontwikkelingsstoornissen?

Hersenswerkzaamheden worden aangestuurd door elektrochemische koppelingen en bovendien op het hoogste functionele niveau gesynchroniseerd door elektromagnetische frequenties

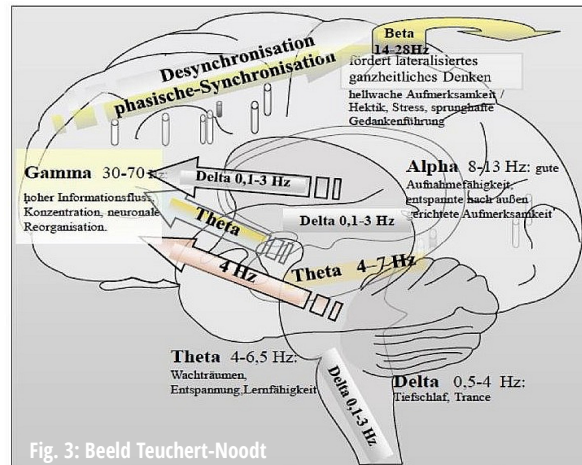
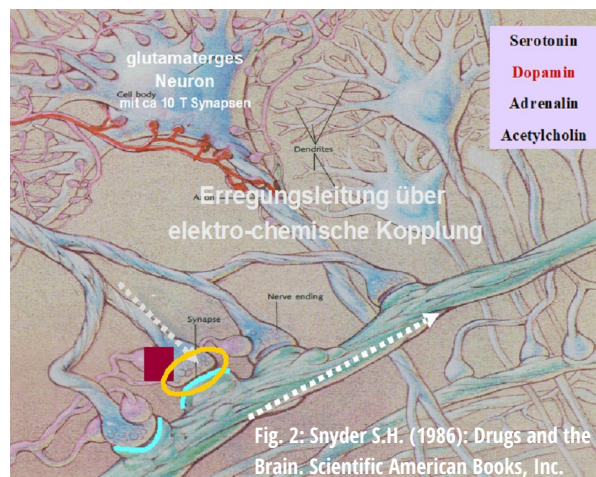
Elektromagnetische velden (EMV's) spelen een belangrijke rol bij de signaaloverdracht in de zenuwcellen en synapsen. In de hersenen en de hersencellen wordt informatie tussen zenuwcellen (neuronen) op twee manieren overgedragen: elektrisch en chemisch (z. Fig. 2).¹²

Hersenswerkzaamheden worden aangestuurd door elektrochemische koppelingen en bovendien op het hoogste functionele niveau gesynchroniseerd door elektromagnetische frequenties (z. Fig. 3). In de frontale kwab komen verschillende frequentiebereiken uit de hersenstam, thalamus en hippocampus samen tot een coherent elektromagnetisch spectrum. De daaruit voortvloeiende fasische synchronisatie verspreidt zich over de cortex en maakt concentratie, denken, geheugenvorming en emotionele regulering mogelijk. Als de samenwerking tussen de hippocampus en de frontale kwab door externe elektromagnetische velden chronisch aanzienlijk wordt verstoord, kunnen pathologische veranderingen en zelfs ook psychoses ontstaan. Er is gedegen onderzoek gedaan naar de gevolgen van hoogfrequente straling die tijdens het telefoneren het lichaam en de hersenen binnendringt.¹³

Invloed van elektromagnetische velden op de neurogenese in de hippocampus

Welke biologische effecten EMV's in de hersenen hebben, als ze bovendien van buitenaf op de hersenen inwerken, werd al 25 jaar geleden aangetoond in een studie van Hoffmann et al. (2001) met woestijnmuizen.¹⁴ In het neuro-onderzoek in Bielefeld werd onderzocht hoe een dagelijkse blootstelling aan hoogfrequente elektromagnetische velden van slechts 30 minuten de hippocampus beïnvloedt: precies het gebied dat verantwoordelijk is voor het leren en het vormen van herinneringen. De proefdieren werden gedurende 14 dagen blootgesteld aan straling met verschillende laagfrequente modulaties tussen 1 en 50 Hertz. De belangrijkste bevinding is:

- > **bij 50 Hz verminderde de vernieuwing van cellen (neurogenese) in de hippocampus met bijna 30 procent.**



Hiermee werd aangetoond dat elektromagnetische velden de vorming van nieuwe zenuwcellen aanzienlijk kunnen remmen. Interessant genoeg bleek er sprake te zijn van een zogenoemd "frequentievenster". Bij chronische blootstelling aan 8 of 12 Hz bleef de nieuwvorming van zenuwcellen stabiel, terwijl die bij 29 en 50 Hz aanzienlijk afnam. Dit betekent niet dat straling met welke frequentie dan ook schadelijk is, maar alleen dat zich bij bepaalde frequenties biologisch relevante veranderingen kunnen voordoen.

Op neurochemisch niveau speelt de NMDA-receptor hierbij een sleutelrol, zoals de auteurs in verdere studies hebben kunnen aantonen. Deze *glutamaatreceptor* is cruciaal voor leer- en geheugenprocessen en reguleert de neurogenese in de *gyrus dentatus* ['getande draai']: het gebied in de hippocampus waar nieuwe zenuwcellen ontstaan. EMV's kunnen via veranderingen in de dopamine- en melatoninehuishouding de activiteit van de NMDA-receptor beïnvloeden. Als de calciumpsignalering verstoord wordt, heeft dit direct invloed op de vorming en onderlinge verbinding van nieuwe zenuwcellen. Het werkingsmodel is dus als volgt:

> **blootstelling aan EMV's → veranderde dopamine- en melatoninregulering → modulatie van het NMDA-systeem → verminderde neurogenese en ook plasticiteit in de hippocampus.**

Aangezien de hippocampus een belangrijke rol speelt bij de vorming van herinneringen, veroorzaken deze veranderingen leer- en geheugenstoornissen. De auteurs Hoffmann et al. waarschuwden daarom voor mogelijke subtiele, maar blijvende effecten van chronische belasting door EMV's op cognitieve en emotionele functies – vooral gezien het toenemend gebruik van WiFi en mobiele communicatie.

Conclusie: Elektromagnetische velden kunnen de neuronale ontwikkeling frequentie-afhankelijk beïnvloeden. Via het NMDA-systeem hebben ze directe invloed op het fundament van leren, geheugen en psychische stabiliteit – een bevinding die gezien ons tegenwoordige massale gebruik van stralende apparaten bijzonder relevant is. Daarom doen Hoffmann et al. aan het eind van hun werk – tegen de achtergrond van het toenemend gebruik van elektromagnetische signalen in communicatie en het alledaagse bestaan – een oproep om de neurobiologische effecten van chronische blootstelling aan EMV's verder te onderzoeken, vooral wat betreft subtiele veranderingen in cognitieve en affectieve functies.

Twee voorvallen echter maken duidelijk hoe dit onderzoek met belangen is verknoopt. De toenmalige directeur van het instituut bemoedigde een collega van het auteursteam, die bij een ander instituut werkte, om de effecten van WiFi te onderzoeken. Zijn antwoord was evenwel dat dit op grond van belangen niet mogelijk was. Ook prof. Lebrecht von Klitzing was als adviseur betrokken bij het werk van Hoffmann et al. Hij leidde destijds het onderzoek aan de universiteitskliniek van Lübeck. Von Klitzing voerde experimenten met WiFi uit en toonde aan dat er o.a. sprake is van invloed op het EEG. In een interview vertelde hij over uitvoerige pogingen van aanbieder Telekom om het onderzoek te belemmeren, wat het bedrijf overigens niet lukte.¹⁵ Maar het Duitse Federale Bureau voor Stralingsbescherming trok de uitkomsten wel in twijfel. Tot op heden heeft dat Bureau geen gevolg gegeven aan het aanbod en herhaalde verzoek van von Klitzing om zijn studies te repliceren.

Schakelcentrum hippocampus onder stralingsstress

Centraal in het onderzoek staat de hippocampus. Die is niet alleen verantwoordelijk voor het ruimtelijk denken en het geheugen, maar ook voor de aansturing van andere hersengebieden, met name de frontale kwab. Ik wil vooropstellen dat een typerende onderzoeksuitkomst laat zien dat WiFi op plaatsen waar geleerd wordt, zoals kinderdagverblijven en scholen, het leren belemmert. Twee studies van Shahin et al. (2015, 2018) hebben t.a.v. WiFi het volgende aangetoond:

"(1) Verslechtering van het leervermogen en het geheugen bij volwassen mannetjesmuizen die werden blootgesteld aan microgolven met 2,45 GHz (d.i. WiFi). (2) Verhoogd stressniveau in de hippocampus. (3) Verminderde synaptische plasticiteit. (4) Verminderde expressie van signaalweg-componenten die van groot belang zijn voor leer- en geheugenprocessen. Alle hier genoemde effecten zijn afhankelijk van de blootstellingsduur: hoe langer de blootstelling, hoe drastischer het effect. Volgens de auteurs is hiermee het fundamentele mechanisme waardoor microgolven met 2,45 GHz het leervermogen en het geheugen

van muizen negatief beïnvloeden, geïdentificeerd" (uit de recensie in het *ElektrosmogReport* van april 2018).¹⁶

De straling heeft dus invloed op de signaalwegen in de hersenen die verantwoordelijk zijn voor het geheugen. Er zijn twee centrale zaken die in bijna alle studies opduiken: de hippocampus en de plasticiteit van de hersenen. De hippocampus en het vermogen tot plasticiteit (d.w.z. het vormen en aanpassen – versterken of verzwakken – van neuronale verbindingen: de synapsen) spelen een centrale rol bij het leren en bij de aansturing van hersenfuncties, met name op de volgende gebieden:

- Leren en geheugenvorming door communicatie via synapsen en langetermijnpotentiëring d.m.v. het Hebbiaanse leermodel.
- Ruimte-tijdoriëntatie: de hippocampus heeft specifieke plaatscellen (*place-cells*) en tijdcellen (*time-cells*), zodat ervaringen niet alleen inhoudelijk, maar ook wat betreft hun tijdsverloop en ruimtelijke context kunnen worden onthouden. Deze ontdekking kreeg in 2014 de Nobelprijs voor de Geneeskunde toegekend.

De hippocampus is een centraal schakelcentrum voor geheugen, leren en oriëntatie. Hij oscilleert met de theta-frequentie van 4-7 Hz. Als secretaris van de hersenen stuurt hij ook de frontale kwab aan, ons uitvoerende en controlerende orgaan, bijvoorbeeld t.b.v. de impulsbeheersing. Fouten in de aansturing hebben fatale gevolgen, niet alleen voor de intelligentie, maar ook voor neurologische en psychische aandoeningen.

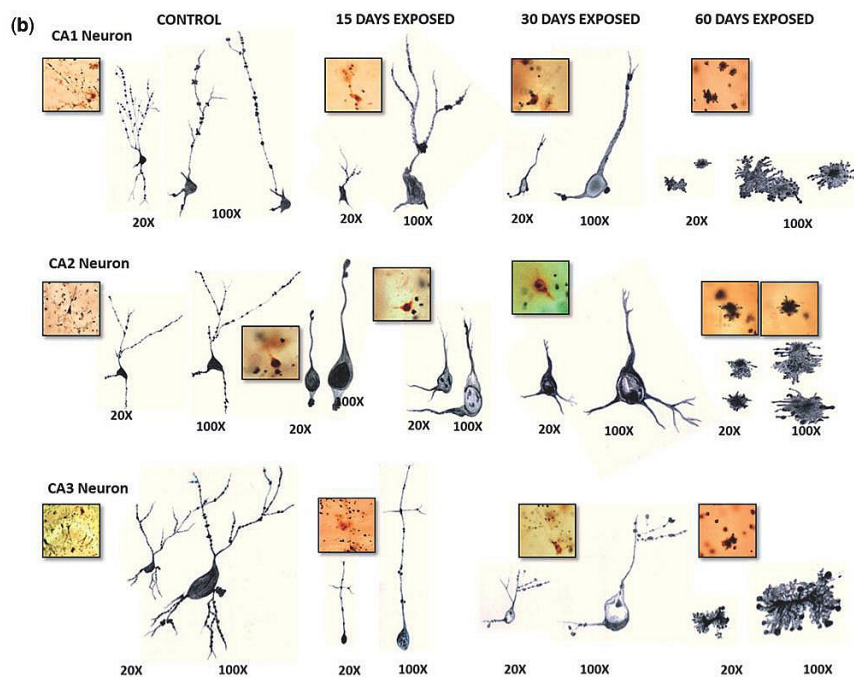


Fig. 4: Structuur en vorm van neuronen in hippocampus van bestraalde muizen na blootstelling aan EMV's (Shahin et al. 2015): 'Het aantal dendrieten nam bij alle blootgestelde muizengroepen tijdsafhankelijk significant af. (...) Het aantal afstervende of degenererende neuronen steeg bij de groepen muizen die gedurende 30 en 60 dagen werden blootgesteld aan 2,45 GHz. (...) Let op de neuronale klontering of verstopping bij muizen die gedurende 60 dagen werden blootgesteld.'

De remming van de hersenmeststof BDNF

De studies van Kim et al. tonen aan dat zelfs een kortstondige blootstelling aan zenderstraling de stofwisselingsprocessen in de hersenen en in de hippocampus verandert.¹⁷ Alleen al de titels van hun studies verraden hun urgentie: "Blootstelling aan HF-EMV's verandert de postsynaptische structuur en belemmert de uitgroei van neurieten bij zich ontwikkelende hippocampus-neuronen van vroeg-postnatale muizen" (Kim et al. 2021) en: "Blootstelling aan hoogfrequente straling veroorzaakt synaptische dis-

functie in corticale neuronen, wat leidt tot veranderingen in het leervermogen en geheugen bij vroeg-postnatale muizen" (Kim et al. 2024). In deze studies van Kim et al. werden pasgeboren muizen gedurende vier weken blootgesteld aan straling van 1850 MHz – een voor mobiele communicatie typerende frequentie. De uitkomsten van de bestraling zijn ernstig:

- Verminderde expressie van BDNF (*Brain-Derived Neurotrophic Factor*), een groeifactor die als meststof werkt voor bijvoorbeeld de groei van neuronen.
- Een duidelijke afname van de glutamaatreceptoren NMDA en AMPA, die verantwoordelijk zijn voor de plasticiteit van de neuronale signaaloverdracht.
- Een verminderd aantal dendritische stekels, d.i. de contactpunten voor synaptische overdracht.

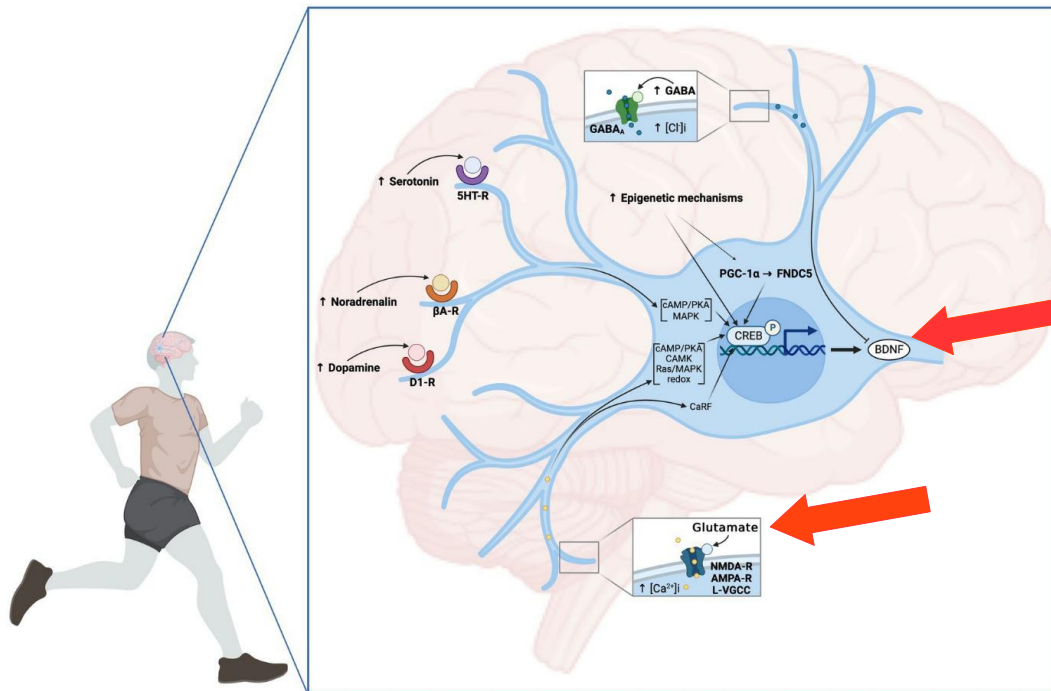


Fig. 5: Wisselwerking tussen de glutamaatreceptoren NMDA en AMPA, de neurotransmitters dopamine, noradrenaline en serotonine en hun effecten op BDNF, getriggerd door beweging (Cefis et al. (2023): 'Molecular mechanisms underlying physical exercise-induced brain BDNF overproduction', *Front. Mol. Neurosci.* 16:1275924. DOI:10.3389/fnmol.2023.1275924

Over het belang van de stof BDNF en de glutamaatreceptoren NMDA en AMPA het volgende. BDNF bevordert de vorming en versterking van synaptische verbindingen en vormt daarmee een basis voor leren en geheugen. BDNF bevordert de vorming van nieuwe zenuwcellen – de neurogenese – in de hippocampus (ook op volwassen leeftijd!) en is essentieel voor langetermijnpotentiëring (LTP). Samen met de glutamaatreceptoren NMDA en AMPA activeert BDNF het Hebbiaanse leermechanisme bij de synapsen.¹⁸ Dat stoelt op het principe dat de Canadese psycholoog Donald Hebb in 1949 als volgt formuleerde: "Neurons that fire together, wire together." De Hebbiaanse leerregel stelt dat een synaps wordt versterkt wanneer de pre-synaps (het pre-synaptische neuron: de zender) en de post-synaps (het post-synaptische neuron: de ontvanger) steeds herhaald en gelijktijdig actief zijn, zoals een zichzelf versterkend echo-effect. Dit leidt ertoe dat de verbinding tussen de twee zenuwcellen sterker wordt – en dat dus informatie efficiënter wordt overgedragen. Dit nu wordt langetermijnpotentiëring (LTP) genoemd.

"Neuronen die samen vuren, verbinden zich met elkaar." – BDNF, in combinatie met NMDA en AMPA, leveren hiervoor de "munitie"! De vorming van deze munitie wordt echter door EMV's belemmerd en reeds aanwezige munitie wordt als het ware "onklaar" gemaakt. De blootstelling leidt tot een tekort in de aanvoer of tot een laadblokkade!

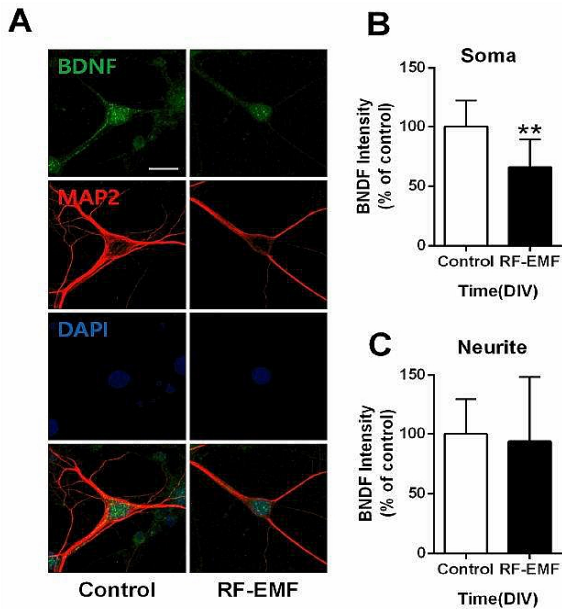


Fig. 6: Blootstelling aan HF-EMV's verminderde de somatische BDNF-expressie in primair gekweekte hippocampusneuronen (Kim et al. 2021).

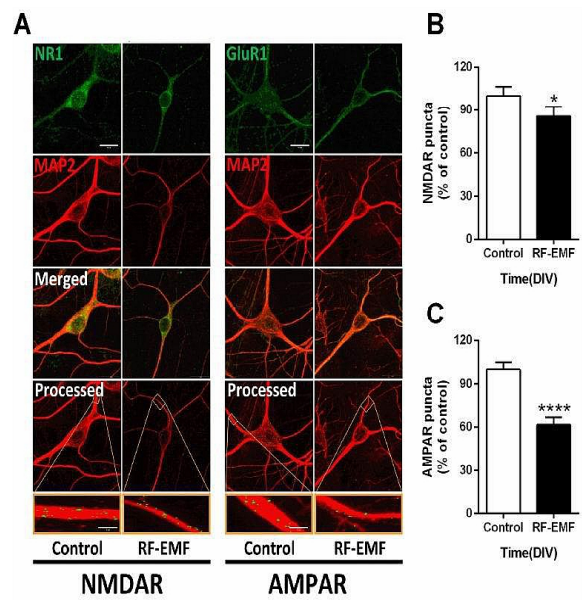


Fig. 7: Blootstelling aan HF-EMV's verminderde de expressie van NMDAR en AMPAR. (A). De afbeeldingen tonen hippocampusneuronen: AMPAR (GluR1, groen), NMDAR (NR1, groen) met MAP2 (marker, rood) (Kim et al. 2021).

Evenals de Zuid-Koreaanse studie van Kim et al. komt ook een nieuwe Franse studie van Bodin et al. (2025) tot de conclusie: "De *in vivo*-resultaten gaven een afname van het BDNF-niveau te zien." Als algemene uitkomst van deze studie concludeert de Franse werkgroep dat: "tijdens de prenatale ontwikkeling al een voortdurende blootstelling aan HF-EMV-golven [met een niveau] beneden de reguliere limieten ... de synaptogenese in de onvolgroeide hersenen van knaagdieren doet afnemen" en ze waarschuwt: "Deze gegevens ondersteunen de hypothese van een ontvankelijkheid bij zich ontwikkelende organismen t.a.v. blootstelling aan HF-EMV's en pleiten voor voorzichtigheid wat betreft de HF-EMV-blootstelling van jonge kinderen en zwangeren bij het gebruik van telecomapparaten."¹⁹

Er is nog een ander prenataal effect van EMV's. De productie en plasticiteit van nieuwe neuronen in de gyrus dentatus is belangrijk voor de werking van de hippocampus. Odaci et al. konden in hun studies met embryo's al in 2008 aantonen dat prenatale blootstelling aan elektromagnetische velden leidde tot een afname van het aantal korrelcellen in de gyrus dentatus van ratten, waar ze onder meer synaptische verbindingen tot stand brengen.²⁰

Samenvattend en in klare taal: het vermogen van de hersenen om zich te ontwikkelen, om netwerken te vormen en te leren, wordt beperkt door de invloed van EMV's – en dat al in het prenatale stadium en tijdens de vroege kinderjaren.

Van symptomen naar werkingsmechanismen

Diagnose:funk documenteert in *Überblick für den Durchblick* (overzicht voor inzicht) nr. 4, getiteld "Heeft zenderstraling invloed op de hersenen?", meer dan 50 studies die aantonen dat EMV's de stofwisseling van de

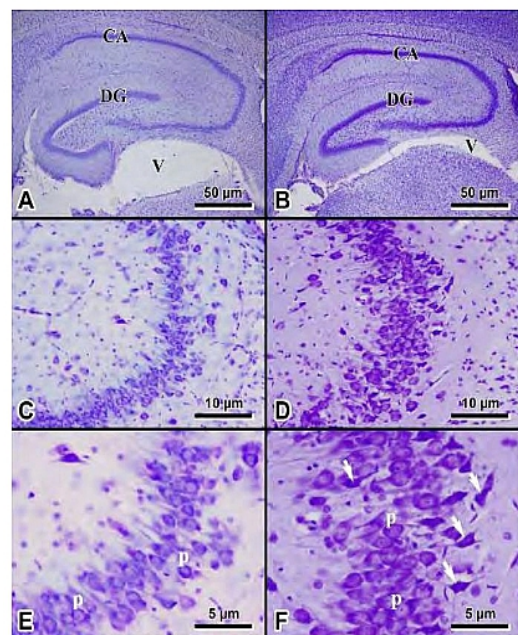


Fig. 8: Blootstelling (linkerkolom), controle (rechterkolom). Verminderd aantal korrelcellen en morfologische verschillen in piramidecellen in de hippocampus (Odaci et al. 2008).

hersenen veranderen. Zijn de afzonderlijke werkingsmechanismen bekend? Daar hebben we de beschrijvende collegiaal-getoetste overzichtsstudie van de Chinese werkgroep van Hu et al. (2021) voor beschikbaar.²¹ Hu et al. noteren hoe elektromagnetische velden in het frequentiebereik van draadloze communicatie – waaronder WiFi – de neurotransmittersystemen in de hersenen beïnvloeden, met name glutamaat/NMDA, dopamine, serotonine, GABA en acetylcholine²². De genoemde systemen sturen onze denk- en leerprocessen aan. Een kernuitspraak uit de studie luidt:

"Samenvattend staan deze studies de conclusie toe dat HF-EMV's, afhankelijk van de intensiteit van de blootstelling, kunnen leiden tot stofwisselingsstoornissen betreffende de monoamine-neurotransmitters in de hersenen en in theorie tot abnormaal emotioneel gedrag." (p. 4)

De auteurs komen tot vier centrale bevindingen. HF-EMV's leiden tot:

1. Een onevenwichtige neurotransmitterbalans, d.w.z. een biochemische ontregeling.
2. Oxidatieve stress en apoptose, d.w.z. cellulaire schade.
3. Gedrags- en geheugenveranderingen, d.w.z. functionele gevolgen.
4. Vooral zich ontwikkelende hersenen (foetussen, kinderen) zijn gevoeliger, omdat de neuronale netwerken en neurotransmittersystemen nog in wording zijn, hetgeen kan leiden tot onomkeerbare ontwikkelingsstoornissen.

De veranderingen zijn frequentie- en dosisafhankelijk. Samen geven ze een beeld van een pathofysiologische aantasting van de hersenen door HF-EMV's. De gevoelig georkestreerde interactie van de neurotransmitters raakt uit balans. Dit blijkt met name t.a.v. dopamine. Studies naar mobiele-telefoonverslaving, veroorzaakt onder andere door overprikkeling, tonen aan dat de vertraagde rijping van de frontale kwab te wijten is aan een tekort aan dopamine, doordat het beloningssysteem onevenredig veel dopamine verbruikt en dit onttrekt aan de frontale kwab. Het boven aangehaalde sneeuwbalengevecht-onderzoek stelt vast dat het onderontwikkelde ruimte-tijdgeheugen verband houdt met dit dopaminetekort in de hersenen. Hu et al. berichten over studies die aantonen dat ook vanwege de bestraling *"een significante afname van dopamine in de hippocampus werd vastgesteld"* (p. 2), wat tevens zou kunnen leiden tot een *"verminderd leer- en geheugenvermogen"*. Studies betreffende WiFi zouden aantonen dat de effecten van EMV's op neurotransmitters leiden tot een *"verstoring van de werkzaamheid van het ruimtelijk werkgeheugen"* (p. 8). Dit werd al in 1992 aangetoond door Henry Lai, een pionier op het gebied van EMV-onderzoek: dezelfde uitkomst dus als bij de sneeuwbalengevecht-studie en de Zwitserse studie over het beeldgeheugen.

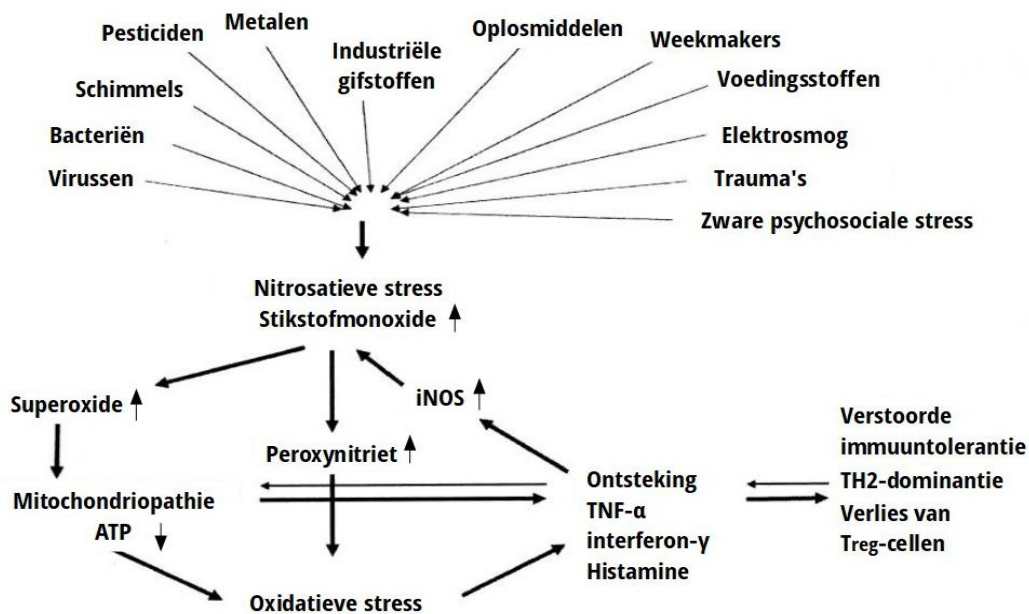


Fig. 9: Pathogenese van ontsteking, mitochondriopathie en nitrosatieve stress tengevolge van de effecten van uitlokkende factoren. Beeld: von Baehr, umg 2012.

Werkingsmechanisme van oxidatieve celstress – basis van ontstekingsziekten

Hu en zijn mede-auteurs wijzen vooral op het werkingsmechanisme van nitrosatieve en oxidatieve stress. We hebben hier dus te maken met een werkingsmechanisme dat bij milieugeneeskundigen bekend staat als de oorzaak van veel ontstekingsziekten: de overproductie van vrije radicalen, die leidt tot oxidatieve celstress.²³ De auteurs verklaren:

"De energie van niet-ioniserende straling is onvoldoende om chemische bindingen direct te verbreken. Daarom is het optreden van DNA-schade bij blootstelling aan niet-ioniserende EMV's in de eerste plaats een gevolg van de vorming van ROS (reactive oxygen species: reactieve zuurstofsoorten), gevolgd door oxidatieve stress." (p. 10)

Het werkingsmechanisme van oxidatieve celstress wordt bevestigd door de in 2021 gepubliceerde overzichtsstudie van Schürmann/Mevissen voor het Zwitserse Federale Milieuagentschap; met als uitkomst dat meer dan de helft van de 223 geëvalueerde EMV-studies een optreden van oxidatieve stress aangaf en dat er consistente aanwijzingen zijn voor oxidatieve celstress in de hersenen, testikels, hart, lever en nieren, tot zelfs het ontstaan van kanker.²⁴

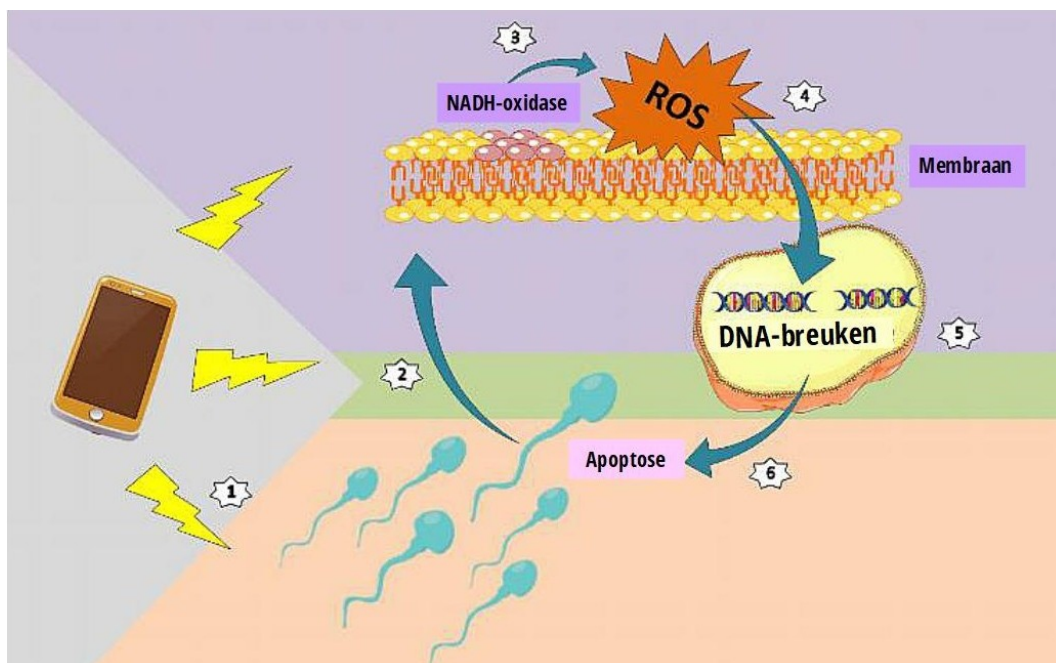


Fig. 10: Hu et al. (2021): Effecten van niet-ioniserende straling door ROS op celmembraan, sperma, DNA en apoptose.

Er wordt nog een ander werkingsmechanisme besproken door Hu et al. EMV's kunnen leiden tot een verhoogde activiteit van de spanningsafhankelijke calciumkanalen in de celmembranen (VGCC's: voltage gated calcium channels). Als gevolg hiervan "kunnen veranderingen in het intracellulaire calciumgehalte ongebruikelijke synaptische activiteiten veroorzaken of neuronale apoptose veroorzaken. Dit kan op zijn beurt een invloed hebben op de neurotransmissie bij leer- en geheugenprocessen." (p. 9)

Het kennisproces is nog niet afgerond

Het overzicht van Hu et al. documenteert een schat aan inzichten over de effecten van EMV's op de stofwisseling van de hersenen. Maar vanwege hun ongelijksoortigheid blijven er volgens de auteurs nog veel vragen onbeantwoord, vooral de afleidingen tot op celniveau en de interacties zijn nog niet definitief opgehelderd. Zij rekenen op vooruitgang in de neurowetenschappen met de verwachting "dat het onderzoek naar de effecten van EMV's op het metabolisme van neurotransmitters en het transport van neurotransmitters op het niveau van neuronale circuits, de uitdagingen bij het onderzoek naar de neurobiologische effecten van EMV's en de mechanismen ervan zal overwinnen en nieuwe wegen zal openen voor het onderzoek naar preventieve doelstellingen en interventies." (p. 13) De huidige stand van

het onderzoek vereist niet alleen de toepassing van het voorzorgsbeginsel, maar ook het afwenden van gevaren.

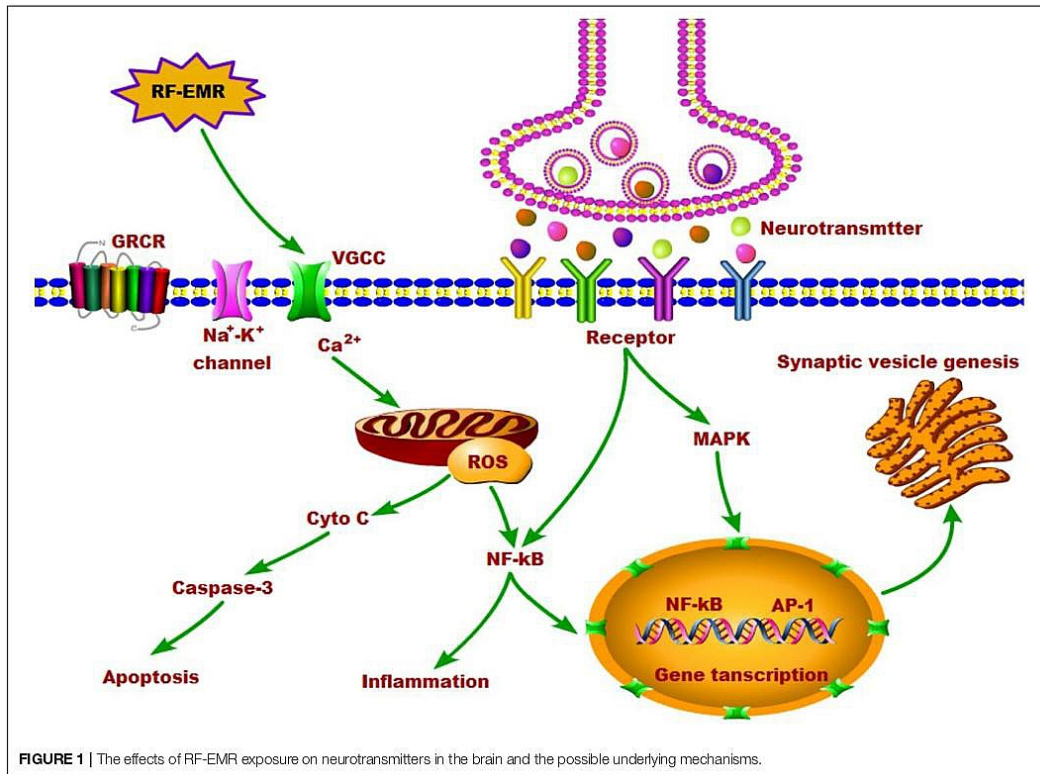


Fig. 11: Schadelijke celcascades, veroorzaakt door hoogfrequente elektromagnetische velden. Beeld: Hu et al. 2021.

Er zijn nog andere effecten van straling op de hersenen.²⁵ Al in 2003 werd in de onderzoeken van Salford aangetoond dat straling de *bloed-hersensbarrière* opent, zodat giftige stoffen in de hersenen terecht komen.²⁶ Over de relevantie van de effecten op de bloed-hersensbarrière verscheen in 2022 een overzicht van neurobioloog dr. Keren Grafen, "Albumine als sleutelmarker", in het *Deutsche Heilpraktiker Zeitschrift DHZ* (tijdschrift voor natuurgeneeskunde).²⁷ Ook epileptische aanvallen worden door de straling opgewekt. Een overzicht van desbetreffende studies is te vinden in *Überblick nr. 4* van diagnose:funct. En tot slot nog, dr. Lebrecht von Klitzing, indertijd hoofd onderzoek aan de universiteitskliniek van Lübeck, heeft 30 jaar geleden al de effecten van WiFi op de hersenen aangetoond.²⁸

Overigens werden bijna alle uitkomsten van deze studies aangetoond bij stralingssterktes die beneden de huidige geldende limieten liggen – hetwelk een vernietigend oordeel vormt over de vermeende beschermende functie ervan.

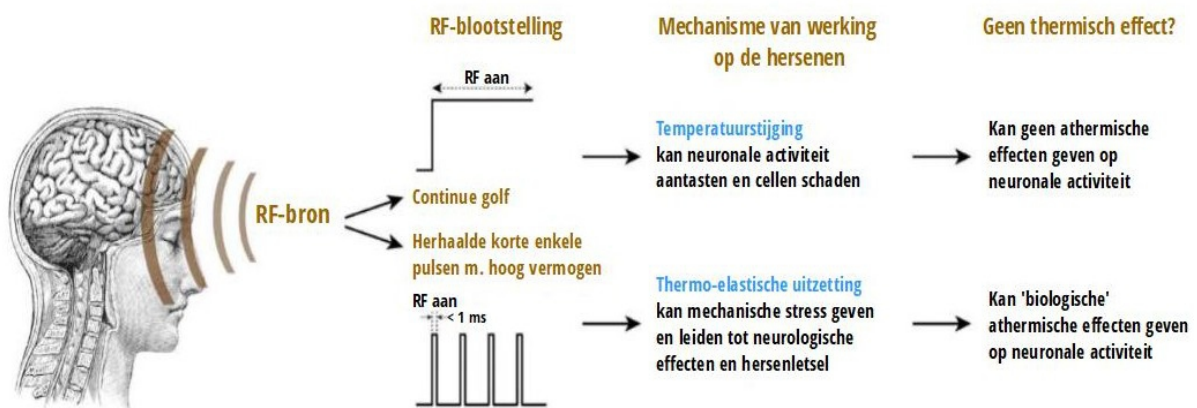


Fig. 12: Samenvatting van de verschillende mechanismen en gevolgen van continue RF en gepulste RF met hoog vermogen. Uit: Yaghmazadeh O. (2024).

Alternatieven doorvoeren!

Op grond van het studiebestand kunnen we de conclusie trekken: hoogfrequente elektromagnetische velden veranderen centrale stofwisselingsprocessen in de hersenen. Bijzonder alarmerend is de daaruit voortvloeiende desynchronisatie van endogene ritmes: centrale processen raken uit balans en de neuronale interactie wordt ernstig verstoord. Dit heeft gevolgen voor het leren, het geheugen en het gedrag – tot aan neurologische en neurodegeneratieve stoornissen toe. Neurobioloog Teuchert-Noodt spreekt van een "cyberaanval op de hersenen". De wisselwerkingen leiden tot de hier beschreven pathologische gevolgen:

- De door de prikkeloverdaad veroorzaakte verslaving en daaruit voortvloeiende ondervoeding van de frontale hersenen betr. dopamine, met onder andere als gevolg een verstoord ruimtetijdgeheugen.
- Een afname van het fysieke spelen met daarbij bewegingsarmoede, resulterend in een tekort aan BDNF, motorische stoornissen en obesitas.
- De toename van spraakstoornissen door de vermindering van sociale contacten.
- De gevolgen van de stralingseffecten op de stofwisseling in de hersenen.

Deze giftige mix wordt zichtbaar in de onderwijscatastrofe, de voortdurende daling van leerprestaties. De digitale kindertijd dreigt uit neurobiologisch gezichtspunt een doodlopende steeg te worden. En inderdaad: als het geheugen vervaagt omdat de werking van de hippocampus wordt verstoord, als kinderen stoppen met leren, raakt niet alleen de neuronale plasticiteit verloren, maar ook de toekomst van de samenleving. De functionele gevolgen daarvan zijn onderzocht.

Een nieuwe studie uit Zweden wijst op een alarmerende toename van geheugenproblemen bij kinderen en jongeren in Zweden en Noorwegen (Nilsson/Hardell 2025).²⁹

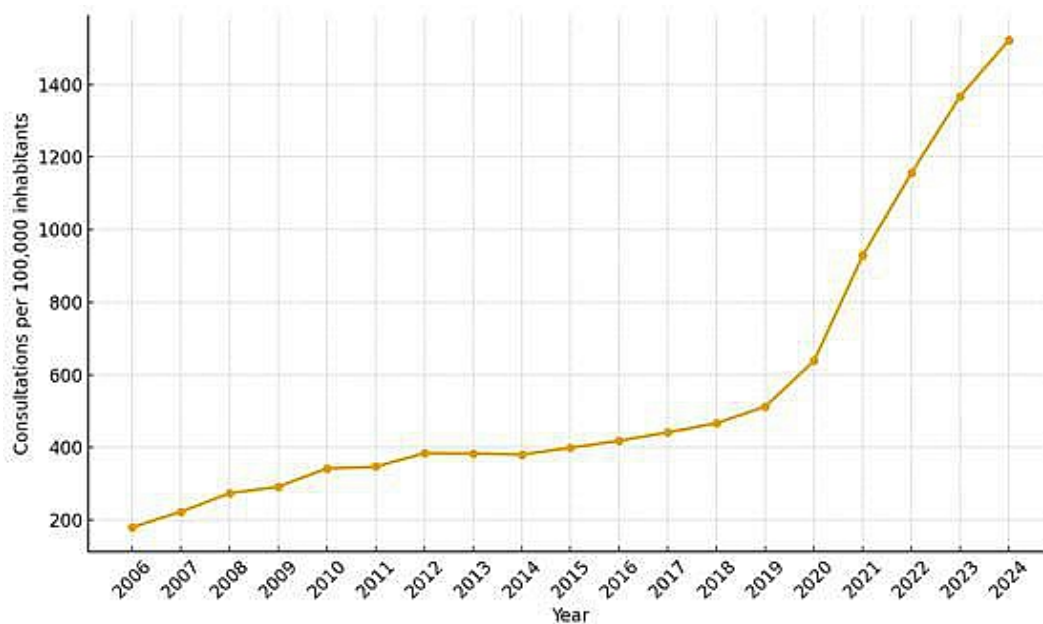


Fig. 13: Aantal consultaties wegens geheugenproblemen (ICPC-2-code P20) bij kinderen in de leeftijd van 5 tot 19 jaar per 100.000 inwoners in Noorwegen in de periode 2006-2024 (Nilsson 2025).

Schoolpedagoog prof. Klaus Zierer schrijft als conclusie van zijn meta-onderzoek:

"Hoe langer kinderen en jongeren in hun vrije tijd met hun smartphones bezig zijn, en hoe meer tijd ze met sociale media doorbrengen, hoe lager hun schoolprestaties zijn."³⁰

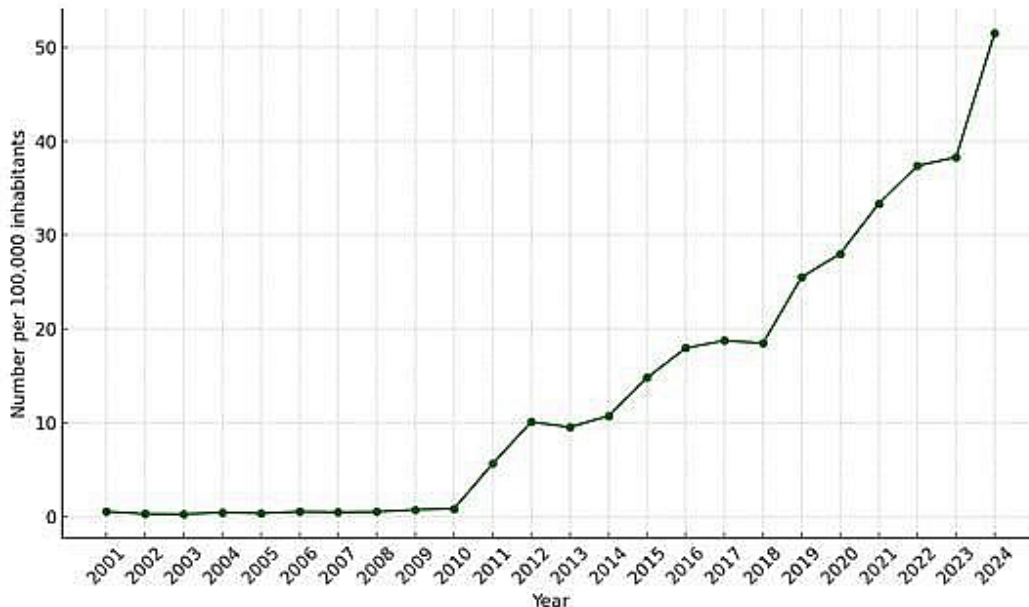


Fig. 14: Aantal patiënten in de leeftijd van 5 tot 19 jaar per 100.000 inwoners per jaar met 'licht cognitief letsel, subjectief als hoofdoorzaak in Zweden in de periode 2001-2024 (Nillson 2025).

Veel studies registreren deze door digitalisering veroorzaakte daling van leerprestaties.³¹ In Duitsland moet er – mijlen bij pedagogische en medische inzichten uit de buurt – nog alsmaar meer gedigitaliseerd worden; want zo zo staat in het regeerakkoord van de regering. Er moet een leerling-ID worden ingevoerd, die het hele onderwijstraject opslaat en naadloos overgaat in het burger-ID. Daartoe moet elke leerling een tablet hebben; armlastigen krijgen die zelfs cadeau van de regering. Deze online-gegevensverzameling is je reinste controle. In een oproep aan de Duitse regering van maart 2025 eisen 75 deskundigen dat deze digitalisering wordt stopgezet.³²

Maar eindelijk begint er aandacht te komen voor de risico's van digitale media. Verbodsbepalingen voor smartphones en sociale media zijn een brisant onderwerp in de voornaamste media. De Duitse Academie voor Wetenschappen Leopoldina heeft zich in de discussie gemengd met een rapport waarin deze kernboodschap staat:

> **"Wij adviseren het gebruik van smartphones in kinderdagverblijven en scholen tot en met klas 3 havo/vwo of klas 4 vmbo te verbieden."**

Op deze aanbeveling kan voortgebouwd worden. Dit moet uitvoering krijgen. Dat moet ook gepaard gaan met maatregelen die leiden tot een vermindering van de blootstelling aan EMV's. De alternatieven liggen al heel lang op tafel: nl. één netwerk voor iedereen, bekabelde verbindingen, LiFi-techniek, apparaten met weinig straling, maar vooral: voorlichting. Hierin kunnen artsen een sleutelrol spelen. Tijdens consulten moeten ouders geïnformeerd worden over de risico's en alternatieven. Zo helpen ze mee om te voorkomen dat de IT-lobby op niet-gereguleerde wijze zaken kan blijven doen ten koste van de gezondheid, en helpen ze mee om onze kinderen te beschermen.

Woordenlijst

AMPA-glutamaatreceptor: receptor die als belangrijkste bemiddelaar voor snelle excitatieve signaaloverdracht in het centrale zenuwstelsel dient door de instroom van natrium- (Na⁺) en soms calciumionen (Ca²⁺) na binding van glutamaat (AMPA: α -amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazolepropionic acid).

BDNF: *Brain-Derived Neurotrophic Factor*, groeifactor – een eiwit dat behoort tot de familie van zenuwgroeifactoren (neurotrofinen). BDNF komt vooral voor in het centrale zenuwstelsel en bevordert de groei van sensorische en motorische zenuwcellen.

Bloed-hersenbarrière: deze beschermt de zenuwcellen in de hersenen tegen schadelijke stoffen. Het is een selectief doorlatende barrière tussen bloed en hersenweefsel, waardoor de uitwisseling van stoffen met het centrale zenuwstelsel actief wordt gecontroleerd.

Dendriet: vertakte uitloper van een zenuwcel (neuron) die impulsen naar het cellichaam geleidt.

Elektromagnetisch veld: veld dat met elkaar verbonden elektrische en magnetische componenten/-krachten omvat.

Gyrus dentatus: een deel van de hippocampus. De gyrus dentatus is een van de weinige structuren in de hersenen van volwassen mensen waar nieuwe zenuwcellen (neurogenese) worden gevormd.

Hebbiaanse leersynaps: is een neurofysiologisch principe waarbij de synaptische verbinding tussen twee neuronen wordt versterkt door herhaalde en gelijktijdige activering ("*neuronen die samen vuren, verbinden zich met elkaar*"), hetgeen wordt beschouwd als de basis voor synaptische plasticiteit en leren.

Hippocampus: deel van de hersenen dat vooral belangrijk is voor het geheugen.

Ioniserende straling: straling met een golflengte van minder dan 200 nm, die bij het passeren van materie ionisatie veroorzaakt, d.w.z. een elektron uit een atoom of molecuul kan wegstoten en zo een ion en een vrij elektron produceert (bijv. alfadeeltjes, röntgen- en gammastraling).

Korrelcellen: in de gyrus dentatus zitten belangrijke zenuwcellen (granulaire cellen) die signalen ontvangen van de entorinale cortex en deze via hun axonen (de *mosvezels*) doorgeven aan de piramidecellen van het CA3-gebied in de hippocampus. Ze filteren en geleiden informatie in de geheugenlus van de hippocampus.

Neuriet/axon: het uitsteeksel van een zenuwcel dat de signalen doorgeeft.

Neurogenese: de vorming van zenuwcellen door differentiatie en deling van stamcellen.

Niet-ioniserende straling (NIS): omvat alle straling en velden van het elektromagnetische spectrum die niet voldoende energie hebben om ionisatie te veroorzaken, bijv. radiogolven, microgolven, infraroodstralen en zichtbaar licht.

NMDA-glutamaatreceptor: NMDA-receptoren (N-methyl-D-aspartaat) zijn belangrijk voor neuronale plasticiteit en leerprocessen in de hersenen.

Oxidatieve stress: ontstaat wanneer oxidatieve processen door vrije radicalen (bijv. waterstofperoxide) het neutraliserende vermogen van de antioxidatieve processen overstijgen en het evenwicht verschuift ten voordele van oxidatie. Dit kan schade van verschillende aard aan de cellen veroorzaken, bijv. oxidatie van onverzadigde vetzuren, eiwitten en DNA.

Radicaal: molecuul of molecuulgebied waarin naast doorgaans gepaard gaande elektronen ook afzonderlijke elektronen voorkomen. Daardoor reageren de moleculen chemisch zeer agressief en kunnen ze schade aan cellen veroorzaken, bijvoorbeeld aan het DNA (oxidatieve stress). Een bekend voorbeeld is waterstofperoxide. Radicalen zijn daarentegen ook belangrijke componenten bij enzymreacties. Ze kunnen ontstaan door stofwisselingsprocessen of door externe invloeden en worden snel weer afgebroken door radicaalvangers.

ROS (*reactive oxygen species*): zuurstofhoudende moleculen die zeer onstabiel en zeer reactief zijn. De hoge reactiviteit ontstaat door de onstabiele elektronenconfiguratie van de radicalen. Ze onttrekken snel elektronen aan andere moleculen, die dan vervolgens zelf vrije radicalen worden. Zo ontstaat een kettingreactie en wordt er celschade veroorzaakt door oxidatieve stress. Tot de ROS behoren superoxiden, peroxiden en hydroxylradicalen.

Synaps: Overdrachtsplek voor een prikkel van een zenuwcel naar een andere zenuwcel of spiercel.

1. Postbank: Jongeren zijn weer meer online – ook voor school, opleiding of studie. 30-10-24.
<https://www.postbank.de/unternehmen/medien/meldungen/2024/oktober/studie-jugendliche-sind-wieder-mehr-online.html>
2. Haidt J (2024): *Generatie Angststoornis*.
3. KMK (2025): Licht und Schatten im IQB-Bildungstrend 2024, persbericht,
<https://www.kmk.org/aktuelles/artikelansicht/licht-und-schatten-im-iqb-bildungstrend-2024.html>
4. Een samenvatting wordt gegeven in *Überblick für den Durchblick nr. 9: "Digitale Bildung – Ausweg aus der Bildungskatastrophe?"* (Digitaal onderwijs – een uitweg uit de onderwijscatastrofe?), te downloaden op diagnose-funk.org/2090.
- Engartner T (2020): *Ökonomisierung schulischer Bildung* (Economisering van het schoolonderwijs), Rosa Luxemburg Stichting.
- Engartner T (2024): *Weg uit de onderwijskloof, Westend*.
- Krautz J (2014): *Onderwijs als handelswaar. School en universiteit onder het dictaat van de economie*, München.
- Münch R (2018): *Het onderwijs-industrieel complex. School en onderwijs in de competitieve staat*, Beltz Juventa, Weinheim.
5. „Leitlinie zur Prävention dysregulierten Bildschirmmediengebrauchs in Kindheit und Jugend“ (Richtlijn voor de preventie van onregelmatig schermgebruik bij kinderen en jongeren) (2023), uitgegeven door: Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin e.V. (DGKJ) e.a., www.awmf.org/service/awmf-aktuell/praevention-dysregulierten-bildschirmmediengebrauchs-in-kindheit-und-jugend; www.diagnose-funk.org/2005
6. *Überblick für den Durchblick nr. 1: Wat is het effect van mobiele telefonie op dieren, mensen en planten?*
Überblick für den Durchblick nr. 2: Is mobiele telefonie kankerverwekkend? Download: diagnose-funk.org/2090.
7. Müller S (2025): *We verliezen onze kinderen, Droemer*.
8. Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J (2008). Prenatale en postnatale blootstelling aan mobiele-telefoongebruik en gedragsproblemen bij kinderen, *Epidemiology* 2008; 19 (4): 523-52.
<https://www.emf-portal.org/de/article/15935>
- idem (2012): Mobiele-telefoongebruik en gedragsproblemen bij jonge kinderen, *J Epidemiol Community Health* 2012; 66 (6): 524-529. <https://www.emf-portal.org/de/article/18825>
- Het aantal kinderen met ADHD-symptomen is sinds de introductie van de smartphone in 2007 tot 2014 gestaag toegenomen, met ongeveer 76% ten opzichte van 2006, en stagneert sindsdien op een hoog niveau. (zie "Gesund aufwachsen in der digitalen Medienwelt" [Gezond opgroeien in de digitale mediawereld], uitgegeven door Michaela Glöckler, 2025, p. 34).
9. Foerster M, Thielens A, Joseph W, Eeftens M en 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, ResearchOpen Access, emf-portal.org/de/article/35641.
10. Setia MS, Natesan R, Samant P, Mhapankar S, Kumar S, Singh IV, Nair A, Seth B (2025). Radiofrequente elektromagnetische velduitstraling en neurologische ontwikkelingsresultaten bij zuigelingen: een prospectieve cohortstudie, *Cureus* 2025; 17 (7): e87671, <https://www.emf-portal.org/de/article/60360>.
11. Supper A, Teuchert-Noodt G (2021). "How learning doesn't work" Children evaluate their cell phone use – An empirical pilot study. *Neurol Neurosci*. 2021; 1(3):1-9.
12. Nunes CO, Barriga EH. Bioelectricity in Morphogenesis, *Annu Rev Cell Dev Biol* 2025; 41: 187-208, Volledige tekst: <https://www.emf-portal.org/de/article/60997>.

13. Mumtaz S, Rana JN, Choi EH, Han I (2022). Microwave Radiation and the Brain: Mechanisms, Current Status, and Future Prospects, Review, *Int J Mol Sci* 2022; 23 (16): 9288.

14. K. Hoffmann, F. Bagorda, A. F. G. Stevenson & G. Teuchert-Noodt (2001). Electromagnetic exposure effects the hippocampal dentate cell proliferation in gerbils [*Meriones unguiculatus*], *Indian Journal of Experimental Biology*, Band 39, december 2001, p. 1220–1226.

15. Interview op 12-04-2023 en documentatie van zijn onderzoeksresultaten op <https://www.diagnose-funk.org/aktuelles/artikel-archiv/detail?newsid=1964>.

Peter Hensinger: Hoe kwam u tot de veronderstelling dat mobiele apparaten en hoogfrequente straling ook het EEG kunnen beïnvloeden? Hoe reageerden de wetenschap en uw werkgever op uw uitkomsten?

L. von Klitzing: Aangezien bij mobiele-communicatietechnologie gepulseerde HF-velden worden gebruikt, lag het verdere onderzoeksthema voor de hand. Nauwelijks echter was dit geplande project bekendgemaakt, of Telekom bemoeide zich weer met mijn wetenschappelijke competentie door met een 10-puntenprogramma tegen mijn verdere activiteiten op te treden. Maar de universiteit zag geen reden om zich over dit onderwerp uit te spreken. Daarmee was de weg voorlopig vrij.

16. Shahin S, Banerjee S, Singh SP, Chaturvedi CM (2015). 2,45 GHz-microgolfstraling schaadt het leervermogen en het ruimtelijk geheugen via door oxidatieve/nitrosatieve stress geïnduceerde p53-afhankelijke/onafhankelijke hippocampus-apoptose: moleculaire basis en onderliggend mechanisme. *Toxicological Sciences* 148 (2), 380–399, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=198>.

Shahin S et al. (2018). 2,45 GHz-microgolfstraling schaadt het leren en het ruimtelijk geheugen van de hippocampus: betrokkenheid van lokale stressmechanisme-geïnduceerde onderdrukking van iGluR/ERK/CREB-signalering. *Toxicological Sciences* 161 (2), 349–374, <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=734>.

17. Kim Ju Hwan, Kyung Hwun Chung, Yeong Ran Hwang, Hye Ran Park, Hee Jung Kim, Hyung-Gun Kim en Hak Rim Kim (2021). Blootstelling aan RF-EMV's verandert de postsynaptische structuur en belemmert de uitgroei van neurieten in zich ontwikkelende hippocampusneuronen van vroeg-postnatale muizen, *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22, 5340.

Kim JH, Seok JY, Kim YH, Kim HJ, Lee JK, Kim HR (2024). Blootstelling aan RF-straling veroorzaakt synaptische disfunctie in corticale neuronene, wat leidt tot veranderingen in het leervermogen en geheugen bij vroeg-postnatale muizen. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(16), <https://www.emfdata.org/en/studies/detail?id=860>.

18. Manuela Macedonia: Beweeg! En je hersenen zullen je dankbaar zijn! Brandstaetter, 2024.

19. Bodin R, Godin L, Mouglin C, Lecomte A, Larrigaldie V, Feat-Vetel J, et al. (2025). Veranderde ontwikkeling in hersencellen van knaagdieren na blootstelling aan RF van 900 MHz. *Neurotoxicology*. 2025;111 (augustus).

20. Odaci E, Bas O, Kaplan S (2008=). Effecten van prenatale blootstelling aan een 900 MHz-elektromagnetisch veld op de gyrus dentatus van ratten: een stereologisch en histopathologisch onderzoek. *Brain Res* 2008; 1238 : 224 – 229.

Bas O, Odaci E, Kaplan S, Acer N, Uçok K, Colakoglu S (2009). Blootstelling aan een elektromagnetisch veld van 900 MHz beïnvloedt de kwalitatieve en kwantitatieve kenmerken van piramidale cellen in de hippocampus van volwassen vrouwelijke ratten, *Brain Res* 2009; 1265: 178-185.

Bas O, Odaci E, Mollaoglu H, Uçok K, Kaplan S (2009). Chronische prenatale blootstelling aan het 900 megahertz-elektromagnetische veld veroorzaakt verlies van piramidale cellen in de hippocampus van pasgeboren ratten, *Toxicol Ind Health* 2009; 25 (6): 377-384.

Bas O, Sönmez OF, Aslan A, İkinci A, Hancı H, Yildirim M, Kaya H, Akca M, Odaci. E (2013). Verlies van piramidale cellen in de cornu ammonis van 32 dagen oude vrouwelijke ratten na blootstelling aan een elektromagnetisch veld van 900 megahertz tijdens de prenatale dagen 13-21, *Neuroquantology* 2013; 11 (4): 591-599.

Odaci E, Hancı H, İkinci A, Sonmez OF, Aslan A, Sahin A, Kaya H, Colakoglu S, Bas O (2016). Blootstelling van de moeder aan een continu elektromagnetisch veld van 900 MHz veroorzaakt neuronale afname en

pathologische veranderingen in het cerebellum van 32 dagen oude vrouwtjesratten, J Chem Neuroanat 2016; 75 Pt B: 105-110.

21. Hu C, Zuo H, Li Y (2021). Effecten van radiofrequente elektromagnetische straling op neurotransmitters in de hersenen. Front Public Heal. 2021;9 (augustus):1-15; DOI: 10.3389/fpubh.2021.691880.

22. Obajuluwa AO, Akinyemi AJ, Afolabi OB, Adekoya K, Sanya JO, Ishola AO (2017). Blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische golven verandert de gen-expressie van acetylcholinesterase en het exploratieve en motorische coördinatiegerelateerde gedrag bij mannetjesratten, Toxicol Rep 2017; 4: 530-534.

23. Hu C, Zuo H en Li Y (2021). Effecten van radiofrequente elektromagnetische straling op neurotransmitters in de hersenen. Front. Public Health 9:691880. doi: 10.3389/fpubh.2021.691880:

"De energie van niet-ioniserende straling is niet voldoende om chemische bindingen rechtstreeks te verbreken. Daarom is het optreden van DNA-schade bij blootstelling aan niet-ioniserende EMV's in de eerste plaats een gevolg van de vorming van ROS, gevolgd door oxidatieve stress. Talrijke dierproeven hebben duidelijk aangetoond dat niet-thermische EMV's oxidatieve stress kunnen veroorzaken (115, 116), met name in de hersenen (3, 117-119). Er is gedocumenteerd dat niet-thermische EMV-blootstelling van 900 MHz of 2,45 GHz bij ratten, zowel op korte als op lange termijn, door de inductie van oxidatieve stress neuronale disfuncties en apoptose van piramidale cellen in de hippocampus (117, 120) en Purkinje-cellen in de kleine hersenen (121) kan veroorzaken." (p. 10)

"Lushchak et al. rapporteerden dat blootstelling aan elektromagnetische straling in eerste instantie vrije radicalen in de hersenen kan genereren, die later worden omgezet in ROS (126). De stijging van het ROS-niveau kan verschillende biomoleculen in de cel aantasten. Het verhoogde ROS-niveau kan op zijn beurt de afgifte van calcium veroorzaken en vervolgens de genetische factoren activeren die leiden tot DNA-schade (110)." (p. 10)

„Het is ook mogelijk dat de verschillende neurotransmissie-effecten na blootstelling aan HF-EMV's bij dieren te wijten zijn aan gecombineerde effecten in verschillende hersengebieden, zoals neurofysiologische veranderingen, toename van calcium en ROS (reactieve zuurstofsoorten of agressieve zuurstofradicalen) en zodoende schade aan het celmembraan en de daaropvolgende signaalveranderingen (p. 11)."

24. 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>.

25. Yaghmazadeh O (2024): Pulsed High-Power Radio Frequency Energy Can Cause Non-Thermal Harmful Effects on the BRAIN, IEEE Open J Eng 2024; 5: 50-53, doi:10.1109/OJEMB.2024.3355301, <https://www.emf-portal.org/de/article/53641>.

26. Salford LG, Brun AE, Eberhardt JL, Malmgren L, Persson BR (2003). Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. Environ Health Perspect 111 (7): 881-3 <https://www.emf-portal.org/de/article/9462>.

diagnose:funk Brennpunkt (2022). De opening van de bloed-hersenbarrière door mobiele straling: uitkomsten van de Salford-studies, [diagnose-funk.org/1809](https://www.diagnose-funk.org/1809).

27. Grafen K. (2022). Albumine als belangrijke marker. DHZ – Deutsche Heilpraktiker Zeitschrift, 2022; 6: 56–59 | © 2022. Thieme.

28 Documentatie van de studies van Lebrecht von Klitzing en interview: <https://www.diagnose-funk.org/aktuelles/artikel-archiv/detail?newsid=1964>.

29. Mona Nilsson, Lennart Hardell. Toenemend aantal kinderen van 5-19 jaar met geheugenproblemen in Zweden en Noorwegen. Archives of Clinical and Biomedical Research. 9 (2025): 431-439; <https://www.diagnose-funk.org/2288> <https://cdn.fortunejournals.com/articles/increasing-numbers-of-children-aged-5-19-years-with-memory-problems-in-sweden-and-norw-6333.pdf>.

30. Zierer, K. (2021). Tussen fictie en werkelijkheid: mogelijkheden en beperkingen van digitale media in het onderwijssysteem, Pädagogische Rundschau, 75e jaargang, p. 377-392, download: www.diagnose-funk.org/2001.

31. Lankau R (2023): Onderwijs met aanwezigheid of op afstand. Lessen uit de pandemie, Beltz.

Möller C, Fischer FM (2023): Internet- en computerverslaving. Een handboek voor therapeuten, pedagogen en ouders, 3e druk, Kohlhammer Stuttgart.

Spitzer M (2022): Digitalisering in kleuterscholen en basisscholen schaadt de ontwikkeling, gezondheid en opleiding van kinderen, *Nervenheilkunde* 2022; 41(11): 797-812. DOI: 10.1055/a-1826-8225 [thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/a-1826-8225](https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/a-1826-8225).

32. Oproep: Humaan en emancipatorisch onderwijsbeleid versus digitale transformatie, 12-03-2025, <https://die-pädagogische-wende.de/aufruf-bildungspolitik-2025/>.