

## **Alledaagse stralingsoverlast**

*Eveneens verschenen:*

- De toekomst van de toekomst –  
wat doen we met 5G en wat doet het met ons?  
18 interviews met wetenschappers en specialisten  
ISBN 978 94 0364 227 7
- Een prachtige gevangenis –  
leven met elektrohypersensitiviteit in eigen land  
Gunilla Ladberg  
ISBN 978 94 0368 333 1

• *Alledaagse stralingsoverlast*

Uitgave zonder winst oogmerk voor onafhankelijke informatie over RF-EMV's.  
Eventuele opbrengst is voor bevordering van geïnformeerdeheid en bewustheid.

© 2021 Susan Pockett

© 2022 Samenstelling/vertaling: J. Vissers

CEHAOHE@GMAIL.COM

ISBN 978 94 0365 879 7

NUR 740

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photocopy, microfilm, or any other means without written permission by the editor.  
Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de samensteller.

**ALLEDAAGSE  
STRALINGS  
OVERLAST**

*de gevolgen van  
elektrosmog  
voor de gezondheid*

**Susan Pockett**

Oorspronkelijke titel van de verhandeling in deze uitgave:  
*Electrosmog: The Health Effects of Microwave Pollution*. Deze tekst  
verscheen als boek in mei 2021. Er was ook een internetpublicatie die  
o.m. te vinden is op [BIT.LY/ELECTROSMOGPOCKETT](http://BIT.LY/ELECTROSMOGPOCKETT) en op  
[WWW.SAFERTECHNOLOGY.CO.NZ](http://WWW.SAFERTECHNOLOGY.CO.NZ).

De inhoud van deze uitgave is uitsluitend bedoeld voor algemene  
informatie en geeft de inzichten weer van de auteur en waar  
toepasselijk de samensteller. Elke verantwoordelijkheid voor  
interpretatie en eventueel gebruik van vermelde gegevens berust bij  
de lezer.

## **Susan Pockett**

*is een Nieuw-Zeelandse neurowetenschapper. Ze werd geboren in 1950 in een halflandelijk gebied van het district Auckland. Ze groeide op in een land met, dank zij het New Deal-achtige socialisme waar de eerste Labour-regering in 1935 mee kwam, een volledige maatschappelijke gelijkheid, zonder werkloosheid, zonder dakloosheid. Brood en melk werden door de regering gesubsidieerd, er was gratis medische en tandheelkundige zorg, alsook gratis onderwijs tot en met (behoudens enkele symbolische vergoedingen) de universiteit. Er was ook praktisch geen misdaad – niemand die de deuren op slot deed en er werd over geen moord vernomen.*

### **Studiejaren**

*In deze vriendelijke omstandigheden behaalde Susan Pockett een master-graad in Celbiologie aan de Universiteit van Auckland, met vervolgens beurzen van zowel de universitaire toelagencommissie als de Nieuw-Zeelandse Onderzoeksraad NZMRC voor een doctoraat in Neurofysiologie aan de Otago-universiteit in Dunedin. Toen dat in 1979 was behaald, ontving ze van het NZMRC een uitwisselingsbeurs voor een postdoctoraalstudie van twee jaar aan de Universiteit van Oslo, Noorwegen. Erna volgde een retourbeurs, die haar in staat stelde een eigen laboratorium op te zetten aan de faculteit Fysiologie van de Universiteit van Auckland. Dit lab floreerde zowat een tiental jaren, met een menigte publicaties en een hoop internationale samenwerkingen tot gevolg. Maar toen werd de vierde Labour-regering, direct na verkozen te zijn met haar mild socialistische programma, van binnenuit overgenomen door een groep extreem neoliberale mondialisten. Dezen begonnen stilletjes alles af te breken wat Nieuw-Zeeland had gemaakt tot de aangename, vriendelijke samenleving zoals boven beschreven. Uiteindelijk gaf dit zelfs de apolitieke Pockett de stoot om er iets aan te doen. Ze sloot zich aan bij de afgesplitste Nieuwe Labour Partij en stelde zich in 1990 kandidaat voor het Parlement. Maar ze werden als overtreders afgestraft.*

*Hun Minister van Volksgezondheid, de weledelachtbare Helen Clark, hief als laatste daad het NZMRC bij parlementaire wet op en verving het door een Onderzoeksraad voor de Volksgezondheid. Deze was a) structureel bevooroordeeld ten gunste van het onderzoeksveld van haar man (epidemi-*

logie), en het was b) specifiek verboden om oudgediende wetenschappers aan te nemen.

### **Naar bewustzijn**

Met haar carrièrepad aldus 'verdwenen' en door de regerende klasse nu gezien als los geschut, kreeg Pockett geen vast academisch werk meer in Nieuw-Zeeland aangeboden. Om familieredenen kon ze het land niet verlaten. Ze koos ervoor dit aan te grijpen als een gelegenheid om over te schakelen van de bestudering van synaptische plasticiteit bij ratten naar gerichtheid op het eerder niet-financierbare, maar in die tijd opkomende onderzoek naar de aard van het menselijk bewustzijn. Een ere-aanstelling aan de faculteit Psychiatrie bood onderdak en ook toegang tot de bibliotheek. Dat wil zeggen: totdat de theorie zoals naar voren gebracht in haar boek 'The Nature of Consciousness: A Hypothesis' (2000) [De aard van bewustzijn: een hypothese] werd gepubliceerd.

Ze werd eruit gezet bij Psychiatrie, en besloot de theorie te gelde te maken door het bouwen van een anesthesiemonitor. In die tijd bestonden zulke apparaten nog niet en er waren mensen begonnen te melden dat ze midden onder een operatie bijkwamen, maar vanwege hun verlamdheid teneinde hen kalm te houden voor de chirurg niet konden schreeuwen: 'Nee, ik ben wakker, hou op met snijden.'

Pockett bouwde zo'n monitor, kreeg hem door de toen strenge ethische goedkeuringsprocedure heen en testte hem in de operatiekamers van het Auckland Ziekenhuis. Het apparaat scheen te werken, maar er waren duidelijk meer prototypes nodig. Dus nam ze hem mee naar de faculteit Natuurkunde van de Universiteit van Auckland voor adviezen over signaalverwerking. Het welkome gevolg was een tiental jaren van ere-aanstellingen bij de faculteit Natuurkunde, die ze doorbracht met werk aan een elektromagnetisch veld-theorie van bewustzijn (publicatie 2012), zowel ter plekke als aan verschillende Amerikaanse universiteiten.

Met de anesthesiemonitor liep het vrij gauw spaak op een volledig gebrek aan financiering in deze positie en vanwege de oprichting van een uitermate ruim gefinancierde Amerikaanse onderneming, die nu elke operatiekamer in de wereld met eigen monitoren opsiert.

### **Naar Psychologie**

Ten slotte werd Pockett door een nieuw faculteitshoofd van Natuurkunde verdreven naar Psychologie, waar wel toegang tot de bibliotheek maar geen werkruimte beschikbaar was. Ze werkte nu vanuit huis.

*Na een aantal jaren aan een bureau met aan de andere kant van de muur een zoals zou blijken buiten medeweten geïnstalleerde 'slimme' elektriciteitsmeter, ontwikkelde zich baarmoederkanker. Na verwijdering van zowel het aangetaste lichaamsdeel als de draadloze zender in de elektriciteitsmeter, begon ze zich ernstig te verdiepen in de effecten van radiofrequente straling (RFS) op de gezondheid.*

*Een eerste publicatie op dit gebied in het 'New Zealand Medical Journal' werd onthaald op een tegenstuk in opdracht van het Nieuw-Zeelandse Ministerie van Volksgezondheid. Het tijdschrift gaf Pockett geen gelegenheid tot weerwoord. Een ander tijdschrift op dit front, 'Magnetochemistry' genaamd, bood zich aan voor een volgende publicatie, zonder bedingen vooraf. Het artikel onderging collegiale toetsing, werd gepubliceerd, en vervolgens duizenden keren gedownload. Maar plots werd het eenzijdig door het tijdschrift teruggetrokken, met als reden dat dit niet de juiste plek ervoor was.*

*Pockett werd uiteindelijk helemaal uit de Universiteit van Auckland gezet, door een decaan van de afdeling Wetenschappen die zich op zijn eigen website beroemt op zijn 'lange geschiedenis van samenwerking tussen universiteit en industrie'. (Aangezien hij een elektrotechnisch ingenieur is, was die bepaalde industrie vermoedelijk Big Wireless, het 'Dikke Draadloos'.)*

*Vandaar dus deze verhandeling.*

*Susan Pockett schreef een menigte artikelen en enkele boeken en hield presentaties op de gebieden van volksgezondheid, bewustzijn, neurofysiologie en draadloze technologie. Er is geen werk van haar vertaald in het Nederlands. Hieronder een kleine selectie artikelen die, indien vertaald, zouden zijn getiteld:*

- *Snurken en slaap-apneu (1999)*
- *Hoe lang is 'nu'? (2003)*
- *Veroorzaakt bewustzijn gedrag? (2004)*
- *Het idee van de vrije wil (2007)*
- *Doet bewustzijn zich in 'kaders' voor? (2010)*
- *Hebben vrijwillige bewegingen een voorbewust begin? (2011)*
- *Als de vrije wil niet bestond, moest hij worden uitgevonden (2013)*
- *Veldtheorie van bewustzijn (2013)*
- *Bewustzijn is een ding, geen proces (2017)*





# INHOUD

	Voorwoord	11
<b>Deel I</b>	<b>De toestand</b>	
	1. De technologie	15
	2. Algemene blootstellingslimieten	33
	3. Wie reguleert er?	43
	4. Speltactiek van de ICNIRP	53
<b>Deel II</b>	<b>Het bewijsmateriaal</b>	
	5. Kanker	73
	6. DNA-schade	101
	7. Effecten op het afweersysteem	117
	8. Diabetes	133
	9. Hart- en vaatproblemen	141
	10. De vrije natuur	147
<b>Deel III</b>	<b>De mechanismen</b>	
	11. Het 'officiële' verhaal	161
	12. Water	177
	13. Oxidatieve stress	189
	14. Brillouin-voorlopers	199
	15. Effecten op membranen	211
<b>Deel IV</b>	<b>Bijlagen</b>	
	16. Vooronderzoek	219
	17. Afscheidsrede	223
	18. Voor- en nadelen	231
	Afkortingen	233
	Omrekentabel	235
	Index	236



# VOORWOORD

De term 'militair-industrieel complex' werd in 1961 uitgevonden (of indien niet uitgevonden minstens gepopulariseerd) door de vertrekkende Amerikaanse president Dwight D. Eisenhower. In zijn opmerkelijk vooruitziende afscheidsrede zei Eisenhower:

*'We moeten in de vergaderingen van de Regering waken tegen het verwerven van ongewettigde invloed, gezocht of niet gezocht, van het militair-industriële complex. De mogelijkheid voor de desastreuze opkomst van misplaatste macht bestaat en zal blijven bestaan. We moeten nooit het gewicht van deze combinatie onze vrijheden of democratische processen in gevaar laten brengen. We zouden niets als vanzelfsprekend moeten beschouwen. Alleen een alerte en geïnformeerde burgerbevolking kan het juiste ineengrijpen van een enorme industriële en militaire verdedigingsmachine met onze vreedzame methoden en doelen afdwingen, zodat veiligheid en vrijheid samen kunnen gedijen.'*<sup>1</sup>

Wat het industriële gedeelte van het militair-industriële complex betreft, had Eisenhower het over de indertijd nieuwe bewapeningsindustrie, die opgekomen was als een rechtstreeks gevolg van twee rampzalige wereldoorlogen. De verhandeling die je nu onder ogen hebt, lezer, is geschreven om de algemene burgerbevolking te waarschuwen en informeren aangaande de manier waarop een andere industrie – de telecomindustrie – gedurende de afgelopen 50 jaar op de rug van de aangenomen belangen van het Amerikaanse militaire apparaat heeft meegelift, om de wereld te overdekken met elektromagnetische golven van een soort die nog nooit op de planeet Aarde te zien is geweest. Al het leven heeft zich ontwikkeld bij een volledige afwezigheid van die golven. En zo heeft deze nieuwe versie van het militair-industriële complex ernstige schade toegebracht aan niet alleen onze vrijheden en democratische processen, maar ook aan onze lichamelijke gezondheid.

*Deel I* van deze verhandeling bespreekt eerst op een niet-wiskundige manier de technologie die zich achter het probleem bevindt, en laat zien

---

1 Voor de volledige tekst zie Deel IV.

hoe blootstellingslimieten die bedoeld waren voor het algemene publiek werden gemanipuleerd, over de hele wereld, door middel van de georganiseerde kaping van regulerende instanties juist door die industrie ter regulering waarvan deze instanties waren ingesteld.

*Deel II* vat een enorm volume aan wetenschappelijk bewijsmateriaal samen. Daarin staat aangetoond dat blootstelling aan vermogensdichtheden van gepulseerde radiofrequente straling die slechts een kleine fractie is van wat de genoemde, door de industrie gemanipuleerde limieten voor het algemene publiek toestaan, in feite kanker veroorzaakt, schade aan DNA, diabetes, problemen met het afweersysteem en het hart- en vaatstelsel bij mensen. En op dezelfde wijze problemen voor de natuur in het wild (vogels, bijen en bomen).

*Deel III* ten slotte bespreekt enkele van de biologische mechanismen die deze gezondheidsschade binnenloodsen – om de absurde suggestie tegen te gaan dat als we niet weten *hoe* dergelijke schade geschiedt, het ook gerechtigd zou zijn om alle bewijsmateriaal te negeren dat ze geschiedt.

Er worden in deze verhandeling geen specifieke oplossingen voor dit in toenemende mate onontkoombare probleem voorgesteld. Eigenlijk bestaat de enige oplossing voor corruptie en haar lelijke broed: propaganda en leugens – want dat is waar het hier om gaat – uit vastberaden tussenkomst door mensen die noch hun gezonde verstand noch hun morele kompas kwijt zijn geraakt. Zulke mensen schijnen in toenemende mate zeldzaam te zijn – maar ze bestaan nog. *Kia kaha, e hoa ma* ('Daar gaan we, team.')

# DEEL I DE TOESTAND



# 1. DE TECHNOLOGIE

Om de technologie die het probleem veroorzaakt te begrijpen, is het nodig diep adem te halen en in de natuurkunde van het geheel te duiken. Als dit voor jou, beste lezer, even niet zo hoeft, dan zou het prima zijn om dit hoofdstuk over te slaan en er, zoals in de rest van deze verhandeling aangegeven staat, later naar terug te komen. (Het is echter vrij interessant en er komt, dat is beloofd, op dit niveau geen wiskunde bij kijken ...)

## **Wat is elektromagnetisme?**

Elektromagnetisme is een fundamentele eigenschap van het heelal. Het woord 'fundamenteel' zoals hier gebruikt is *steno* voor de enigszins onbevredigende maar verre van unieke toestand waarin we weten dat iets bestaat – we weten inderdaad aanzienlijk nauwkeurig hoe het te hanteren en er gebruik van te maken – maar we nog niet echt op een grondige manier begrijpen wat dat iets dan is. Dat wil zeggen, we kunnen het niet uitleggen in termen van iets anders waarmee we meer bekend zijn.

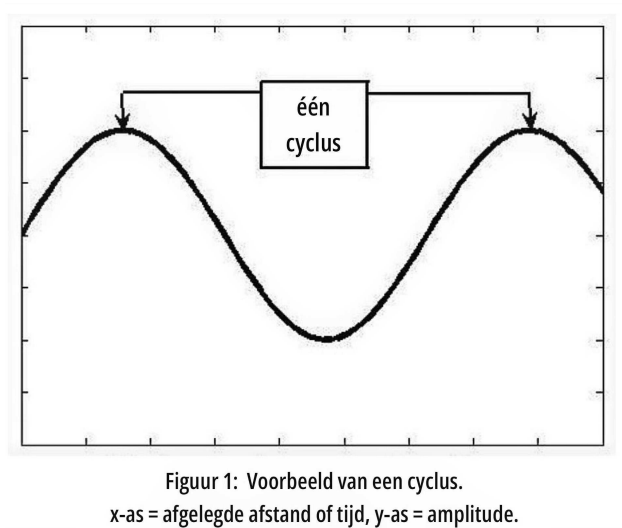
Behulpzamer is misschien dat het woord 'elektromagnetisme' wordt gebruikt voor een verscheidenheid aan fundamentele kracht – de elektromagnetische kracht – die op materie inwerkt.

Het hele heelal is doortrokken van een krachtveld dat bekend is als *het elektromagnetische veld*, zo ver als we dat maar kunnen zeggen.

Rimpelingen of verstoringen in dat veld kunnen worden opgewekt door aangelegenheden die we weten te omschrijven, en kunnen zich dan door de ruimte voortplanten op een manier die doet denken aan golving in het water van een vijver (maar wel sneller – elektromagnetische golven verplaatsen zich in een luchtledige met een snelheid van om en nabij 300.000 kilometer per seconde, of iets langzamer in diverse andere media). De karakteristieken van deze golven worden aangeduid met de woorden 'golflengte' en 'frequentie'.

## Wat zijn golflengte en frequentie?

Net als elk type golf is een elektromagnetische golf een serie herhaalde pieken en dalen. De afstand of tijd tussen elk willekeurig punt in de beweging en het eerstvolgende punt van precies gelijke herhaling van de beweging heet een cyclus.



- De *golflengte* is de afstand die de golf tussen begin en eind van één cyclus aflegt.
- *Frequentie* is het aantal cycli dat in één seconde plaatsheeft.

De frequentie wordt gemeten in hertz (Hz)<sup>2</sup>.

- Eén Hz is één cyclus per seconde.
- Eén kilohertz (kHz) is duizend ( $10^3$ ) cycli per seconde.
- Eén megahertz (MHz) is een miljoen ( $10^6$ ) cycli per seconde.
- Eén gigahertz (GHz) is een miljard ( $10^9$ ) cycli per seconden.

*Hogere frequenties hebben kortere golflengten* (gewoon omdat een hoge frequentie niet zo ver komt voordat die zichzelf herhaalt).

---

2 Hertz: naar de Duitse natuurkundige Heinrich Hertz (1857-1894), een van de ontdekkers van radiogolven.



## Het elektromagnetische spectrum

<i>Benaming</i>	<i>Frequentie</i>	<i>Golflengte</i>	<i>Verschijsel</i>
Gammagolven	$> 10^{19}$ Hz	$< 10^{-11}$ m	Onzichtbaar; zeer energierijk; gaan door alles heen; veroorzaken stralingsziekte, dood.
X-golven	$3 \times 10^{19}$ – $3 \times 10^{16}$ Hz	$10^{-11}$ – $10 \times 10^{-9}$ m	Onzichtbaar; iets minder energierijk; gaan door zacht weefsel, niet door bot; teveel geeft verbranding en kanker.
Ultraviolet	$3 \times 10^{16}$ Hz – $8 \times 10^{14}$	$10 \times 10^{-9}$ – $4 \times 10^{-7}$ m	Zichtbaar als <i>black light</i> ; zowel schadelijke (zonnebrand, huidkanker) als weldadige (vitamine D-aanmaak) effecten. Kortste golflengten grotendeels weggefilterd door aardatmosfeer.
Zichtbaar licht	$7,5 \times 10^{14}$ Hz (violet) – $4,3 \times 10^{14}$ Hz (rood)	$4 \times 10^{-7}$ m (violet) – $7 \times 10^{-7}$ m (rood)	Zichtbaar; veel weldadige effecten; fotosynthese in planten, zicht, dagritme bij dieren.
Infrarood	$4,3 \times 10^{14}$ – $3 \times 10^{11}$ Hz (300 GHz)	$7 \times 10^{-7}$ – $10^{-3}$ m (1 mm)	Onzichtbaar; warmt weefsel op, andere mogelijke biologische effecten niet onderzocht.
Radiogolven <i>hoogfrequent bereik ook bekend als Microgolven</i>	$3 \times 10^{11}$ Hz (300 GHz) – $3 \times 10^3$ Hz (3kHz) <i>definiëring afh. v. laagste grens radiospectrum</i>	1 mm – 100 km <i>definiëring afh. van bovenste grens radiospectrum</i>	Onzichtbaar; warmt weefsel op bij hoge intensiteit, ook zijn veelvoudige schadelijke niet-thermische effecten ontdekt – naast enkele weldadige.
Elektriciteit in huis	50 of 60 Hz <i>verschilt per land</i>	6000 of 5000 km	Onzichtbaar; biologische effecten betwist.

Elektromagnetische golven met verschillende frequentie hebben verschillende eigenschappen. In de tabel staan de algemeen aanvaarde onderverdelingen van het hele elektromagnetische spectrum.

Elektromagnetische (EM) stralen met de hoogste frequenties en kortste golflengten worden gammastralen genoemd. De een na hoogste heten X-stralen. Gammastralen en X-stralen worden samen *ioniserende straling* genoemd. Het is tegenwoordig goed aanvaard dat ioniserende straling

kanker en andere gezondheidsschade kan veroorzaken (hoewel dat niet duidelijk was toen die stralen voor het eerst werden ontdekt). De hoogste frequenties van ultraviolet licht vallen ook in deze categorie.

Golven met lagere frequenties (en dus langere golflengten) worden vaak als *niet-ioniserende straling* benoemd. Men dacht altijd dat niet-ioniserende straling geen kanker veroorzaakt, of sowieso enig ander effect door ernstige opwarming van weefsel. Dit geloof is nu afdoende weerlegd – maar omdat erkenning daarvan de telecomindustrie aanzienlijke opbrengst en het militaire apparaat aanzienlijke technologische doeltreffendheid zou kosten, houdt het militair-industriële complex vast aan de bewering dat dit een aanvechtbare kwestie is. Daarom is veel van de rest van deze verhandeling gewijd aan het bijeenbrengen van het collegiaal getoetste (*peer-reviewed*) wetenschappelijke bewijs dat niveaus van niet-ioniserende straling die te zwak zijn om weefsel op te warmen *wel* kanker en een aantal andere biologische schadelijkheden veroorzaken.

Bij de frequenties net onder die van ultraviolet licht zitten die van de verschillende kleuren van *zichtbaar licht*. Dierlijk leven heeft zich ontwikkeld met het vermogen om stralen met deze frequenties waar te nemen, en in andere opzichten betrekkelijk immuun te zijn voor hun effecten (hoewel zichtbaar licht dat intens genoeg is, zoals in lasers, gevaarlijk kan zijn).

Bij de nog lagere frequenties en dus langere golflengten zien we *infrarood licht*. Mensen kunnen infrarood licht niet zien, maar we kunnen het wel voelen door opwarming van lichamelijk weefsel. Te veel ervan kan de ogen en huid beschadigen, en opgesloten infrarode straling draagt bij aan de wereldwijde opwarming. Er is nauwelijks enig werk gedaan op het gebied van andere mogelijke biologische effecten.

*Radiogolven* zijn een type elektromagnetische straling met frequenties die lager zijn dan die van infrarood licht. De frequenties van radiogolven gaan van zo hoog als 300 gigahertz tot zo laag als 3 kilohertz. Bij een frequentie van 300 GHz bedraagt de bijbehorende golflengte 1 mm, en daarom staat de straling in dat gebied van het spectrum bekend als *millimetergolven*. Bij een frequentie van 300 MHz is de golflengte 1 meter en bij 300 kHz is de golflengte 1 km. Golven aan de bovenkant van het radiofrequente gebied staan ook bekend als microgolven (*microwaves*). Dat stuk van het spectrum

is in gebruik voor magnetrons en al zulke in toenemende mate overal aanwezige technologie als mobiele telefoons, WiFi en bv. 'slimme' elektriciteitsmeters.

Nog meer naar beneden zit de frequentie van de wisselstroom van de elektriciteit waar koelkasten en ovens en stofzuigers op werken. Die heeft een frequentie van 60 Hz in de VS en 50 Hz in de rest van de Engels-sprekende landen en Europa.

### **Hoe werkt draadloze telecommunicatie?**

De menselijke hersenen werken vrij langzaam in termen van dit spectrum van frequenties. Wij kunnen ongeveer net overweg met gebeurtenissen buiten ons die één keer per seconde plaatsvinden (waarvan dus gezegd kan worden dat ze een frequentie van 1 Hz hebben). Zodra willekeurig wat dan ook 10 keer per seconde plaatsvindt, beginnen we er moeite mee te hebben. En bij gebeurtenissen buiten ons die sneller plaatsvinden dan 100 keer per seconde zijn we het echt kwijt.

Dus het is een beetje een probleem dat elektromagnetische golven met een frequentie lager dan 100 Hz enorm grote golflengten hebben en dienvolgende niet zomaar te gebruiken zijn voor de overdracht van informatie via de lucht. Informatie met deze soort frequentie kan makkelijk worden verstuurd via een koperen kabel of glasvezel. Maar elektromagnetische golven met een frequentie van 50 of 60 Hz hebben golflengten van 6000 tot 5000 kilometer, dus het versturen ervan vereist enorme antennes en is niet uitvoerbaar op alledaagse basis.

Als je beslist deze soort laagfrequent signaal moet uitzenden, liever dan via een kabel, dan is de oplossing het opwekken van een *draaggolf* met een veel hogere frequentie – een die zich veel beter gedraagt wat betreft voortplanting door de lucht – en vervolgens die draaggolf *moduleren* met je veel laagfrequentere informatie, ofwel signaal. Je kunt met het signaal de amplitude (uitwijking) van de draaggolf moduleren (AM-radio), of de frequentie van de draaggolf (FM-radio), of de fase van de draaggolf (PM, *phase modulation*: WiFi, sommige typen mobiele telefoon, satelliettelevisie). De gemoduleerde draaggolf wordt door een zender uitgestuurd door de lucht. Aan het andere eind demoduleert een ontvanger de draaggolf en geeft dan de uitgehaalde informatie weer als geluid of zichtbaar beeld.

Dit is prima voor *analoge* draaggolven en signalen, en we zijn al sedert ongeveer een eeuw zonder veel duidelijke problemen met analoge radio- en tv-uitzendingen bezig. Maar analoge golven vergen een hoop opslagruimte en zijn lastig met een signaal te bewerken. Zo zijn dus ook bandrecorders verdrongen door digitale opslagmiddelen.

De modulatietechniek die is ontwikkeld voor gedigitaliseerde draaggolven (d.i. analoge golven die in een veelheid van losse stukjes zijn gehakt, voor gemak van opslag) wordt pulsmodulatie genoemd. Overeenkomstig de AM-, FM- of PM-modulatie van analoge signalen, kan ofwel de amplitude, de frequentie, of de positie van een gedigitaliseerde draaggolf pulsgemoduleerd worden door een gedigitaliseerd signaal.

Ongelukkigerwijs echter, vanuit biologisch oogpunt gezien, is het (enigszins verlaat) duidelijk aan het worden dat *gepulseerde* straling zeer veel schadelijker voor levende organismen is dan analoge straling.

Dit zou misschien niet verwonderlijk moeten zijn, gezien dat het leven zich heeft ontwikkeld in een omgeving waarin er nagenoeg in het geheel geen *radiofrequente* elektromagnetische straling was (Bandara en Carpenter 2018), en waarin het zonlicht – wat natuurlijk alleen maar een hoogfrequentere vorm van dezelfde soort straling is – slechts heel geleidelijk veranderde: langzaam opkomend in de dageraad en langzaam ondergaand in de schemer.

En dus, zoals onlangs duidelijk is geworden, behandelen levende organismen scherpe *pulsen* van elektromagnetische straling als een ongekende aanval op hun systeem, en reageren ze navenant.

### **Hoe werken mobiele telefoons?**

Een mobiele telefoon is feitelijk een apparaat dat radiogolven, ook bekend als microgolven, uitzendt en ontvangt. Met andere woorden, het is zowel een radio-ontvanger als een *radiozender*. Aangezien de vermogensdichtheid van elektromagnetische straling exponentieel afneemt met de afstand tot de zender, zal een zendende mobiele telefoon die dicht tegen enig deel van het lichaam wordt gehouden een sterke straling in dat deel van het lichaam geven. En dat doet hij zelfs als de telefoon niet in gebruik is; want de huidige smartphones geven voortdurend zoekende pulsen af

(*hand-shakes*) om de dichtstbijzijnde zendmast te lokaliseren. De enige manier om een mobiel te laten stoppen met die zoekende pulsen is hem in de vliegtuigstand te zetten.

Als de mobiel in gebruik is als telefoon, dan wordt de te verzenden informatie op dezelfde wijze gecodeerd als hierboven beschreven staat. De telefoon verzendt zijn gemoduleerde radiogolven naar het dichtstbijzijnde *basisstation*, dat zich meestal bevindt in een 'cell tower' ofwel *zendmast*. Het woord 'cell' verwijst hier naar het feit dat het land door de telecom-ondernemingen (de 'telco's') is opgedeeld in een lappendeken van plaatsgebonden cellen, met allemaal een eigen basisstation of zendmast waardoor ze worden bediend. Omdat de intensiteit van radiogolven exponentieel afneemt met de afstand tot de plek waar ze worden opgewekt, zal een telefoon hoe verder weg van een basisstation des te sterkere radiogolven moeten uitzenden.

Het basisstation het dichtst bij de telefoon ontvangt het signaal van de telefoon, en stuurt het signaal naar een basisstation dat dichterbij de beoogde geadresseerde is, en dat op zijn beurt stuurt het naar een basisstation dat nog weer dichterbij die geadresseerde is, en zo verder via een netwerk van basisstations; totdat het signaal een basisstation bereikt dat zo dicht bij de geadresseerde is dat diens telefoon het kan ontvangen en demoduleren voor de bevatte boodschap. Als bellers zich verplaatsen onder het verzenden, dan schakelen hun telefoons automatisch door naar het eerstvolgende basisstation zonder het gesprek te onderbreken.

Dit is een knap en heel doelmatig systeem, maar er komt één belangrijke technische moeilijkheid bij kijken. Er is een beperkt aantal radiofrequenties beschikbaar voor mobiele-telecomnetwerken. Een mobiele-telefoon-gesprek heeft één frequentie nodig voor spreken (zenden) en één voor luisteren (ontvangen). Dus een stuk of honderd gesprekken, allemaal tegelijk gevoerd, zouden alle beschikbare bandbreedte kunnen opgebruiken.

Dit probleem is op verschillende manieren in verschillende 'generaties' van mobiele-telecomtechnologie opgelost. In wat hieronder volgt verwijst de letter 'G' naar generatie, niet naar gigahertz. De indeling van welke mobiele telefoon dan ook als behorende tot deze of die generatie is enigszins vloeibaar, omdat verschillende takken van de industrie bij afwezigheid van enig

regulerend toezicht in feite *vrijelijk* nieuwe technologieën hebben ontwikkeld en onderlinge geschilpunten op een commerciële basis hebben uitgevochten (Stüber 2017).

## **1G**

Mobiele telefoons van de eerste generatie, die breed beschikbaar kwamen in de vroege jaren '80, gebruikten analoge (dat wil zeggen: niet-digitale) frequentiemoduleerde (FM) technologie en waren ontworpen om alleen circuitgeschakelde smalbanddiensten voor spraak te leveren. Circuit-schakeling is in feite de technologie die werd gebruikt in de vroege vaste-telefonienetwerken, waar schakelingen in de telefooncentrale voor een doorlopend draadcircuit zorgden tussen twee bij een gesprek betrokken telefoons, en het circuit zo lang bestond als het gesprek duurde.

De 1G-versie van de mobiele telefoon werkte in essentie op dezelfde manier, met gebruik van radiogolven in plaats van echt draad om het signaal te vervoeren; maar het functioneerde alsof de twee aanknooppunten in het circuit daadwerkelijk met een draad waren verbonden.

Echter, een exponentiële toename van abonnees van mobiele-telecom-diensten in de late jaren '80 betekende dat de capaciteitsgrenzen waren bereikt, en vroeg in de jaren '90 werden 2G-systemen geïntroduceerd.

## **2G**

2G-telefoons gebruikten het GSM-systeem (Global System for Mobile Communication, 'mondiaal systeem voor mobiele communicatie'). GSM lost het probleem bij een veelheid van gebruikers op door het gebruik van Time Division Multiple Access (TDMA, 'veelvoudige/simultane toegang door tijdverdeling'), een techniek waarbij dezelfde draaggolffrequentie wordt gedeeld door verschillende gebruikers via verschillende tijdvakjes. Alle korte tijdblokken na elkaar worden verdeeld in reeksen van acht vakjes, elk van iets meer dan een halve milliseconde lang, en om het even welke gebruiker krijgt slechts één tijdvakje voor verzending toegewezen. Dit betekent dat de telefoon periodieke korte salvo's van vermogen moet genereren. Dat maakt het tot iets heel anders dan het ononderbroken (*continue*) vermogen dat wordt uitgestraald door traditionele radio- en tv-stations, en, zoals boven vermeld, dit introduceert het type gepulseerde

straling dat, zoals eveneens boven vermeld, nu wordt erkend als zijnde bijzonder schadelijk voor levende organismen.

Terwijl TDMA-systemen de overhand hadden in Europa, verschenen er in de VS ook CDMA-technieken (Code Division Multiple Access, 'simultaan-toegang door verdeelcodering'). In CDMA-systemen worden gebruikers van elkaar gescheiden doordat ze niet een bepaald tijdvakje maar een bepaalde code krijgen toegewezen. Het te versturen signaal wordt gemoduleerd met een schijnwillekeurige code die tijdelijk aan een gebruiker wordt toegerekend, en deze code werkt in wezen als een extra draaggolffrequentie (boven op, als je wilt, de radiofrequente draaggolf die gemoduleerd is met het signaal + code). CDMA staat wel bekend als een 'gespreid spectrum'-techniek, omdat het signaal over het hele spectrum van de code wordt gespreid. Dat maakt met CDMA gecodeerde signalen veiliger, want tenzij je de sleutel hebt van de code is het moeilijker om de boodschap te onderscheppen.

Beide techniekvormen voor simultaantoeegang (TDMA en CDMA) werkten prima genoeg voor een systeem met alleen spraak, dat met een betrekkelijk lage graad van dataverkeer toekan. Maar de realisatie dat internettoegang mogelijk was, betekende dat een veel hogere graad van dataverkeer nodig was, en dit dreef al gauw verdere ontwikkeling aan.

## 2.5G

De eerste stap in die ontwikkeling was een overgang naar het GPRS-systeem (General Packet Radio Service, 'algemene datapakketdienst'). Zoals Andersen e.a. (2010) het stelden, is dit:

*'... fundamenteel verschillend van de basale GSM-opzet van een vaste verbinding tussen twee gebruikers. Daaraan tegengesteld is GPRS een pakketgeschakeld systeem dat stopt met verzenden als er geen pakketjes zijn om te versturen ... Vanuit het oogpunt van blootstelling [van levende organismen] gezien zijn er verschillende veranderingen. De verzendingen zijn meer salvo-achtig en onderbroken door mogelijke tijdsduren zonder vermogen. Als een verzending bezig is, dan neemt het vermogen naar gelang het aantal tijdvakjes toe; dus zijn er vier vakjes actief, dan komt het gemiddelde vermogen bij GSM900 tot 1W. Men zou zich moeten realiseren dat het apparaat bij de*

*gebruiker in de GPRS-modus niet noodzakelijk dicht bij het hoofd maar waarschijnlijk op enige afstand van het lichaam zal zijn, wat de SAR-waarde aanzienlijk vermindert.'*

SAR (of SAT) betekent 'specifieke absorptieratio (of -tempo)', de mate van opname van microgolven door het lichaam. Dit beschouwde men gewoonlijk als de enige belangrijke factor: op grond van de onjuiste aanname dat opwarming van weefsel de enige manier is waarop radiogolven levende organismen iets kunnen aandoen. Dus biologisch gesproken is 2.5G al erger dan 2G, omdat het zelfs nog meer gepulseerd is.

### **3G**

De technologie van de derde generatie, die in 2001 in Japan werd gelanceerd, ondersteunt niet alleen telefoongesprekken maar ook tekstoverdracht en internettoegang. De verbeterde graad van dataverkeer die nodig is voor de toegevoegde functies wordt behaald door het pakketstelsel te combineren met een nieuwe methode om het probleem van de simultaan-toegang op te lossen. In plaats van elke gebruiker een eigen tijdvakje of eenvoudige code te geven, kent Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA, 'simultaan-toegang met verdeelcodering over breedband') aan elke gebruiker een code toe die over een bredere frequentieband wordt gespreid, wat het moeilijk te kraken maakt. Ongeveer hetzelfde als 2.5G wat biologische schade betreft, dus.

### **4G**

4G-systemen – in de zoektocht naar grotere snelheid en toegankelijkheid – maken gebruik van verschillende nog weer ingewikkelder technieken voor veelvoudig verkeer (*multiplexing*, 'simultaanoverdracht'). Een daarvan is Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA, 'simultaan-toegang door rechthoekige frequentieverdeling'). Naast het gebruik ervan in 4G, heeft de OFDMA-techniek van multiplexing zich ontwikkeld tot een populair ontwerp voor gebruik in digitale televisie en audio-uitzendingen (kabel-tv), internettoegang via vaste telefoonlijnen (ADSL-breedbandverbindingen, die gelijktijdig internettoegang en vaste-telefoongesprekken mogelijk maken met gebruik van dezelfde kabel), hoogspanningsnetwerken (waarbij informatie wordt verzonden via de



elektriciteitsleidingen) en Wireless Local Area Networks (WLAN, 'draadloze plaatselijke netwerken', ook bekend als WiFi). Daarom is het de moeite waard om te begrijpen hoe Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) werkt.

Bij gebruik van mobiele overdracht van gesprekken, had de oorspronkelijke vorm van Frequency Division Multiple Access (FDMA) last van het probleem, dat in de TDMA- en CDMA-systemen zoals boven beschreven opgelost was door elke aparte gebruiker een ander tijdvakje of andere code te geven. FDMA geeft elke aparte gebruiker een aparte draaggolffrequentie. Maar het oorspronkelijke probleem met FDMA was dat er niet genoeg draagfrequenties beschikbaar waren om elke gebruiker er een te geven.

Dat kwam minstens gedeeltelijk doordat modulering van een hoog-frequente draaggolf met een laagfrequenter signaal maakt dat de drager zich 'spreidt' qua spectrum. In zoverre dat de te verzenden informatie in feite niet vervoerd wordt op de draagfrequentie zelf, maar op zijbanden met frequenties die iets boven en beneden de smalle golf van de drager liggen.

Aldus is er om overlappen en interferentie met de signalen van de afzonderlijke gebruikers te voorkomen een *scheidingsband* tussen de dragerfrequenties nodig, die aan geen enkele gebruiker wordt toegewezen. De toevoeging van een scheidingsband maakt de frequentieband van iedere gebruiker aanzienlijk breder, wat het aantal gebruikers verkleint waaraan een plek kan worden gegeven.

OFDMA lost dit probleem op door de exact minimale frequentieafstand tussen verschillende signalen te berekenen en te gebruiken en ze aldus 'rechthoekig' te maken, waardoor er meer sub-draagfrequenties – en dus meer gebruikers – in geperst kunnen worden, zonder dat dit interferentie met elkaar geeft. En vanuit biologisch oogpunt bezien betekent dit nog weer meer schadelijke pulsatie.

#### **4G LTE**

Deze tot voor kort laatste ontwikkeling, soms aangeduid als lageband-5G, gebruikt in essentie hetzelfde frequentiespectrum als 4G (van 700 MHz tot 2,7 of soms 3,5 GHz), maar vergroot de snelheid van *upload* en *download*