

GEZONDHEIDSRaad

A D V I E S

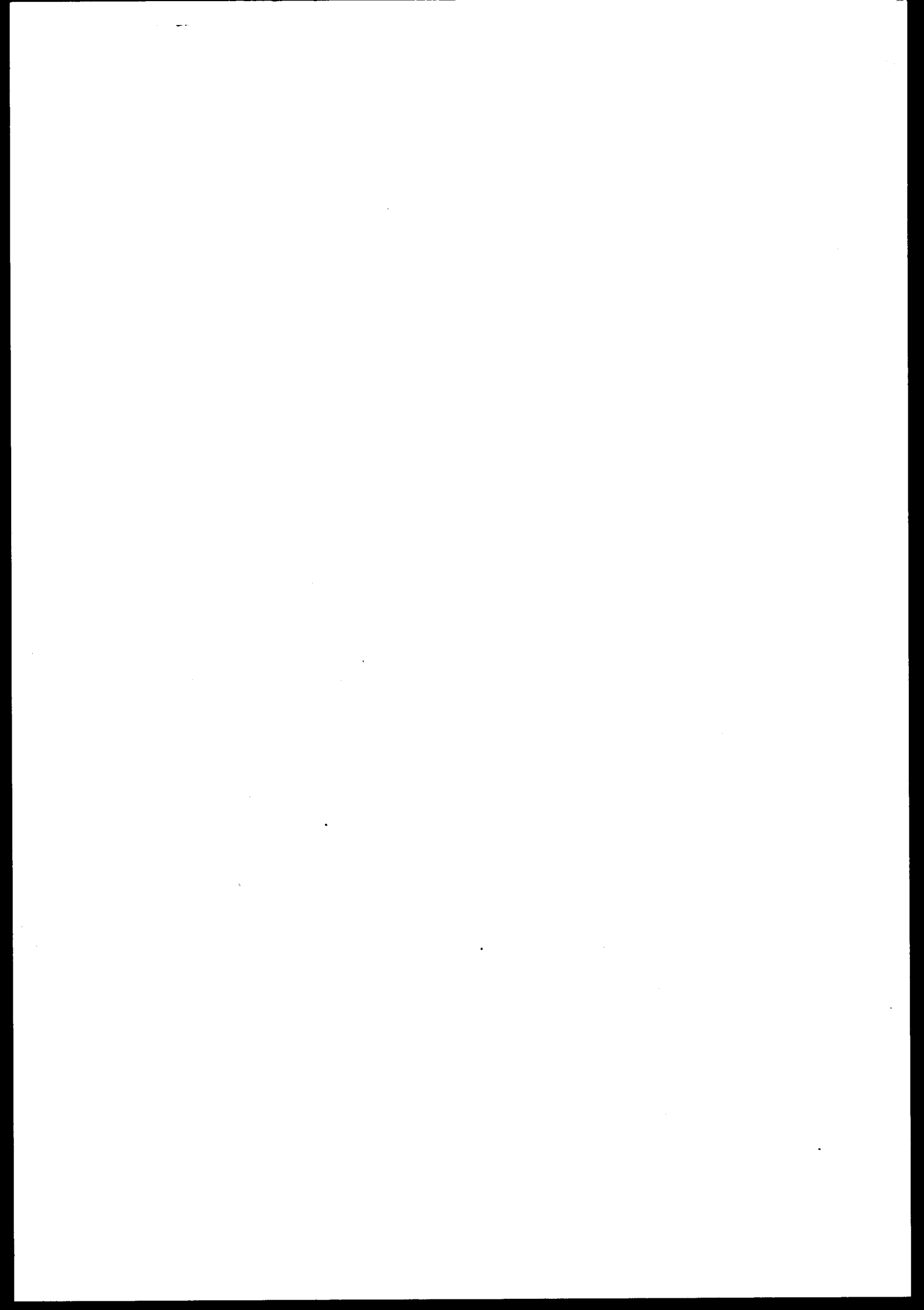
inzake de gevaren van microgolfstraling
en de daaruit afgeleide aanvaardbare
stralingsniveaus

AAN:

de Minister en de Staatssecretaris
van Volksgezondheid en Milieuhygiëne
Dokter Reijersstraat 12,
LEIDSCHENDAM.

Nr. 658/69

Rijswijk, 4 december 1975



INHOUDSOPGAVE

	Blz.
VOORWOORD	1
I. Algemeen	5
1.1. Begrippen	5
1.2. Inleiding	6
1.3. Categorieën	7
1.3.1 Personen	7
1.3.2 Microgolf-energiebronnen	7
1.4. Opmerking	8
II. De fysische en biologische aspecten van microgolfstraling	9
2.1. Fysische aspecten	9
2.2. Biologische aspecten	10
2.2.1. Thermische effecten	10
2.2.2. Niet-thermische effecten	11
III. Een overzicht van normen buiten Nederland	13
3.1. Overzicht	13
3.1.1. West-Europa	13
3.1.2. USA en Canada	13
3.1.3. Rusland en Polen	13
3.2. Opmerkingen	13
IV. Normen voor de gebruikers	14
4.1. Algemeen	15
4.2. Personen die zich bezighouden met ontwikkeling, installatie, reparatie en onderhoud van microgolf-energiebronnen	15
4.2.1. Deskundigheid	15
4.2.2. Normen	16
4.2.3. Medische begeleiding	17
4.2.4. Beschermende maatregelen	18
4.3. Gebruikers van genoemde apparatuur en incidentele blootstelling	18
4.4. Medische toepassing van microgolfapparatuur, radardiathermie	19

	Blz.
V. Normen voor enkele microgolftoepassingen	23
5.1. Microgolfoven	23
5.2. Scheepsradar met lijnvormige antenne	23
VI. Algemene opmerkingen	24
6.1. Wettelijke regelingen	24
6.2. Epidemiologie	25
6.3. Kontakten buitenland	25
6.4. Pacemakers	25
6.5. Parasitaire röntgenstraling	26
6.6. Herziening	26
Bijlage 1: Registratieformulier	
Bijlage 2: Literatuurlijst	
Bijlage 3: De vermogensdichtheid van radar-antennes in het nabije veld. Een voorlopig resultaat	
Bijlage 4: De vermogensdichtheid van radar-antennes in het nabije veld	

GEZONDHEIDSRaad

ADVIES

inzake de gevaren van microgolfstraling en de daaruit afgeleide aanvaardbare stralingsniveaus

VOORWOORD

In zijn brief van 29 juli 1969, nr. 89182, heeft de Staatssecretaris van Sociale Zaken en Volksgezondheid aan de Voorzitter van de Gezondheidsraad het verzoek gericht advies uit te brengen omtrent de aanvaardbare stralingsniveaus bij het gebruik van niet-ioniserende elektromagnetische straling, op grond van de te verwachten gevaren, welke dit voor de mens zou kunnen inhouden.

De brief luidt als volgt:

"Bij energie- en informatie-overdracht spelen elektromagnetische golven een belangrijke rol. Naast de reeds lang bekende toepassingsgebieden, zoals radio en radar, hebben zich in de afgelopen decennia nieuwe ontwikkelingen voorgedaan, zoals hoogfrequentverhitting en lasers, welke hoogenergetische straling uitzenden in het golflengtegebied van infrarood tot ultraviolet.

Het is bekend dat elektromagnetische straling schade kan veroorzaken in biologisch weefsel.

Waar echter voor elektromagnetische straling met ioniserende werking, zoals röntgen- en gammastraling, aanvaardbare intensiteitsniveaus bekend en vastgesteld zijn, die een belangrijke rol spelen bij de bescherming van de mens tegen de mogelijke schadelijke gevolgen van deze straling, is de situatie voor niet-ioniserende straling veel onduidelijker. Internationaal heeft het probleem van de mogelijke schadelijke gevolgen de aandacht; eenduidigheid in aanbevelingen is er echter allerminst.

In verband met de toenemende industriële toepassing van elektromagnetische straling en de steeds groter wordende energiedichtheden is het voor het opstellen van de noodzakelijk geachte beschermingsmaatregelen en de mogelijk eruit voortvloeiende voorschriften, uitermate gewenst een inzicht te hebben in de gevaren die deze straling voor de mens kan inhouden.

Ik verzoek U het onderhavige probleem in studie te nemen en Uw visie kenbaar te maken over aanvaardbare stralingsniveaus op grond van te verwachten dosis-effectrelaties.

- Gezien -

Gezien het omvangrijke golflengtegebied van elektromagnetische straling en het verschil in toepassingsgebieden is het wellicht nuttig een onderscheid te maken tussen kortegolfstraling, zich uitstrekkend tot het infrarode gebied, en laserstraling, zich uitstrekkend van het infrarode gebied tot aan de zachte röntgenstraling".

Ter beantwoording van de adviesaanvraag, is op 20 januari 1970 de commissie "Bescherming tegen elektromagnetische straling" gevormd, die als volgt was samengesteld:

dr. H. Huizenga, voorzitter, Hoofd van de afdeling Stralingshygiëne van de Gezondheidsraad

ir. T. Bakker, Hoofd van de afdeling Optica van het Fysisch Laboratorium TNO

ir. A.M. den Boer, Hoofd van de afdeling Arbeidsbescherming, N.V. Philips

dr. B. Bölger, Wetenschappelijk medewerker bij het Natuurkundig Laboratorium, N.V. Philips

ir. C.J. van Daatselaar, Kernfysisch adviseur bij het Directoraat Generaal van de Arbeid

A.Th. Groot Wesseldijk, arts, Adjunct Directeur van de Medische Dienst, N.V. Philips

ir. G.H. Heebels, Ontwikkelingsingenieur bij het Laboratorium Elektronische Ontwikkeling van de Krijgsmacht

H. Heering, arts, Stralingsbeschermingsdeskundige bij de Rijksgeneeskundige Dienst (secretaris subcommissie "Microgolfstraling" tot 14 november 1973)

dr. J.C. van der Leun, Lector in de fysische dermatologie aan het Academisch Ziekenhuis van de Rijks Universiteit te Utrecht

prof.dr. P.J.L. Scholte, Hoogleraar in de radiotherapie aan het Academisch Ziekenhuis van de Vrije Universiteit te Amsterdam

ir. A. Stegenga, Elektrotechnisch adviseur bij het Directoraat Generaal van de Arbeid

J.W. Thiessen, arts, Stralingsbeschermingsdeskundige (secretaris subcommissie "Microgolfstraling" tot 1 mei 1970)

A. van Vianen, arts, Sociaal geneeskundige

dr. J.J. Vos, Hoofd van de afdeling visuologie van het Instituut voor Zintuigfysiologie, TNO

dr. J. Weber, Hoofd van de Bestralingsbeschermingsdienst van het Interuniversitair Reactor Instituut

dr.ir. H.R. Marcuse, Stralingsfysicus, secretaris

Gezien de omvang van het probleemgebied en de noodzaak om althans voor enkele toepassingen van elektromagnetische straling te kunnen beschikken over richtlijnen ter beteugeling van het aan die toepassing verbonden gevaar, is het probleem gesplitst in een tweetal toepassingsgebieden, te weten:

- a. Het gebruik van microgolfstraling in radarapparatuur, in zogenaamde microgolfovens en in de medische praktijk ("diathermie")
- b. Het gebruik van coherente bundels infraroodstraling en zichtbaar licht in laserapparatuur

Daar elk der eerder genoemde toepassingen door een geheel eigen problematiek wordt gekenmerkt leek het wenselijk twee afzonderlijke subcommissies samen te stellen die zich met respectievelijk microgolfstraling en micro-meterstraling bezig hielden.

Hoewel dit strikt genomen buiten het bestek van de vraagstelling van de Staatssecretaris lag, die alleen betrekking had op het geven van een oordeel over aanvaardbare stralingsniveaus op grond van de te verwachten dosis-effect-relaties, heeft de commissie nochtans gemeend bij haar advisering, in verband met de toenemende industriële toepassingen en de steeds groter wordende energiedichtheden, tevens enkele aanbevelingen te moeten doen, met betrekking tot bepaalde maatregelen ter bescherming tegen de gevaren van de diverse stralingssoorten.

Gezien de verschillende benaderingen door de twee subcommissies heeft de plenaire commissie gemeend advise-

ring betreffende de microgolfstraling enerzijds en micro-meterstraling anderzijds van elkaar gescheiden te moeten houden.

De Voorzitter van de Gezondheidsraad heeft daarop en in overleg met de commissie "Bescherming tegen elektromagnetische straling" deze commissie ontbonden en vervangen door twee geheel van elkaar losstaande commissies, namelijk één voor Microgolfstraling en één voor Micro-meterstraling. De commissie "Microgolfstraling" die op 14 november 1973 is geïnstalleerd, was als volgt samengesteld:

dr. H. Huizenga, voorzitter, Medisch adviseur van de Geneeskundige Verdedigingsraad, tevens Stralingsbeschermingsdeskundige

ir. A.M. den Boer, Hoofd van de afdeling Arbeidsbescherming, N.V. Philips

A.Th. Groot Wesseldijk, arts, Adjunct Directeur van de Medische dienst, N.V. Philips

ir. G.H. Heebels, Systemegroepsleider bij het Laboratorium Elektronische Ontwikkeling van de Krijgsmacht

H. Heering, arts, Stralingsbeschermingsdeskundige bij de Rijksgeneeskundige Dienst

dr. J. Snieder, Groepsleider van de Researchgroep microgolven van het Fysisch Laboratorium TNO (vanaf 7 februari 1974 lid van de commissie)

A. Wildervanck, revalidatie-arts (vanaf 11 juni 1974 lid van de commissie)

drs. A.W. van der Wielen, secretaris-rapporteur

Na een tiental vergaderingen wordt het navolgende advies uitgebracht. Daarbij is voortgebouwd op de beraadslagingen die zijn gevoerd in een drietal vergaderingen van de voormalige commissie "Bescherming tegen Elektromagnetische straling" en een twaalftal vergaderingen van de subcommissie "Radar".

HOOFDSTUK I: Algemeen

1.1. Begrippen

Onder microgolven worden gewoonlijk elektromagnetische golven verstaan in het hoogfrequentiegebied van 300 MHz. tot 300.000 MHz. Dit frequentiegebied kan als volgt in drie frequentiebanden worden onderverdeeld:

	<u>Frequentie</u>	<u>Golflengte</u>
Ultra Hoge Frequenties	300 - 3.000 MHz	1 m - 10 cm
Super Hoge Frequenties	3.000 - 30.000 MHz	10 cm - 1 cm
Extra Hoge Frequenties	30.000 - 300.000 MHz	1 cm - 1 mm

Ofschoon het frequentiegebied van 100 tot 300 MHz, gewoonlijk niet tot de microgolven wordt gerekend, verdient hiervan het zeker de nodige aandacht door het intensieve gebruik bij de radiozendapparatuur met hoog vermogen. Ten gevolge van de technische beperkingen in de meetapparatuur is het echter zeer moeilijk om exacte metingen te verrichten van de veldsterkte respectievelijk de vermogensdichtheid in het nabije veld van een zender die van dit frequentiegebied gebruik maakt. De commissie beperkt zich derhalve in principe tot de hierboven genoemde definitie van microgolven, maar zij zal, terwille van een volledige behandeling van diathermie-apparatuur de UKG-therapie in haar advies betrekken, zonder zich tot een bepaald microgolfgebied te beperken.

Onder microgolf-energiebron verstaat de commissie hier een installatie die in de vrije ruimte of in een besloten ruimte elektromagnetische straling produceert in het frequentiegebied tussen 300 en 300.000 MHz.

De straling kan continu of in pulsvorm worden uitgezonden.

Door antennes kan de straling in een beperkt gebied gebundeld en dus geconcentreerd worden.

Het is gebruikelijk het niveau van blootstelling aan microgolven weer te geven als de vermogensdichtheid, meestal in de vorm van milliwatt per cm^2 ($1 \text{ mW}/\text{cm}^2$ is gelijk aan $10 \text{ Watt}/\text{m}^2$).

1.2. Inleiding

Het gebruik van niet-ioniserende elektromagnetische golven, met name microgolven, neemt steeds toe. Microgolfstraling vindt zijn toepassing in de volgende gebieden:

1. Vergadering en overdracht van informatie (bijv. met straalzenders en radarapparatuur).
2. Verhittingsmethodieken (bijv. microgolfovens in de papier-, drukinkt-, metaal- en verfindustrie, en ook voor voedselbereiding).
3. Medische toepassingen (voornamelijk de diathermie. Andere toepassingen, zoals verwarming van onderkoeld transfusiebloed, verwarming van hypothermische patiënten en kankertherapie, bevinden zich nog in de ontwikkelingsstadia).

Ad 1. In het geval van vergaring en overdracht van informatie wordt de hoogfrequente energie in de vorm van elektromagnetische straling, al dan niet sterk gebundeld, de ruimte ingezonden.

Ad 2. Bij de toepassing van hoogfrequente energie voor verhitting is het de opzet deze energie in een betrekkelijk kleine, gesloten ruimte gevangen te houden. Ten gevolge van technische onvolkomenheden treedt dikwijls ook in deze gevallen (nu echter ongewenst) enige hoogfrequente energie in de vorm van elektromagnetische straling buiten deze ruimte op.

Ad. 3. Onder de medische toepassing wordt verstaan de microgolventherapie (radar-diathermie) hetgeen in het algemeen betekent het "doorwarmen" van de te behandelen lichaamsdelen van patiënten. De hoogfrequente energie die op de te behandelen weefsels is gericht, kan door nevenverschijnselen ook elders in de bestralingsruimte voorkomen.

Dierlijke weefsels die zich in hoogfrequente elektromagnetische straling bevinden en deze straling absorberen, worden verwarmd. In het geval van de microgolfoven is dit verwarmingseffect de reden van het gebruik. De grootte van het verwarmingseffect is afhankelijk van de intensiteit van de straling en van de mate waarin deze wordt geabsorbeerd. De absorptie is afhankelijk van de samenstelling van het weefsel en van de frequentie van de elektromagnetische straling (zie Hoofdstuk II).

Naast het verwarmingseffect, ook genoemd thermisch effect, doen zich nog andere verschijnselen voor. De stralingsintensiteiten waarbij deze andere verschijnselen kunnen optreden liggen deels hoger, deels lager dan de intensiteit waarbij het thermische effect optreedt. Het optreden van deze andere effecten is specifiek frequentie-afhankelijk. Bij de bespreking van de biologische effecten (zie Hoofdstuk II) zal hier verder op worden ingegaan.

1.3. Categorieën

1.3.1. De personen die aan elektromagnetische straling zijn blootgesteld, kunnen worden verdeeld in drie groepen:

1. De microgolfwerkers. Dit zijn personen die zich bezighouden met ontwikkeling, installatie, reparatie en onderhoud van apparatuur, waarin microgolf-energiebronnen worden toegepast. Zij kunnen daarbij regelmatig blootgesteld worden aan vermogensdichtheden van meer dan 1 mW/cm^2 .
2. De gebruikers van bovengenoemde apparatuur zoals scheepspersoneel, militair personeel, medisch en paramedisch personeel of keukenpersoneel.
3. De personen, niet vallende onder de categorieën 1 en 2, die onbewust en incidenteel aan microgolfstraling worden blootgesteld, bijv. bij het passeren van een stralende radaropstelling.

1.3.2. De microgolf-energiebronnen kunnen naar gelang de aard van hun werking en het vermogen verdeeld worden in drie categorieën:

1. Microgolf-energiebronnen, waarbij de gemiddelde vermogensdichtheid van 1 mW/cm^2 onder normale werkomstandigheden nimmer wordt overschreden.
2. Microgolf-energiebronnen waarbij de gemiddelde vermogensdichtheid van 1 mW/cm^2 onder normale werkomstandigheden kan worden overschreden.
3. Microgolf-energiebronnen waarbij de gemiddelde vermogensdichtheid van 1 mW/cm^2 onder alle omstandigheden wordt overschreden.

Ten aanzien van de eerstgenoemde categorie is de commissie van oordeel dat dit, behoudens enkele bijzondere normen die voor bepaalde apparatuur worden aanbevolen (zie 5.2), vooralsnog onschadelijk geacht wordt voor de mens.

De beide laatstgenoemde categorieën heeft de commissie in haar aanbevelingen voor microgolfwerkers in beschouwing genomen.

1.4. Opmerking

Het toenemende gebruik van elektromagnetische straling, als bedoeld in de adviesaanvraag, hebben er toe geleid dat een wetenschappelijk onderzoek inzake de fysische en biologische gevolgen van blootstelling aan microgolfstraling op gang is gekomen. De tot dusver bereikte resultaten van dit onderzoek laten nog verschillende onzekerheden bestaan ten aanzien van de gevaren, waaronder ook die van allerlei neveneffecten (zie Hoofdstuk VI).

Gegeven deze nog bestaande onzekerheden is de commissie slechts onder voorbehoud tot aanbevelingen gekomen, er van uitgaande dat in de toekomst deze mogelijk zouden moeten worden gewijzigd.

HOOFDSTUK II: De fysische en biologische aspecten van microgolfstraling

2.1. Fysische aspecten

De uitwerking van microgolfstraling is onder andere afhankelijk van de hoeveelheid energie die wordt geabsorbeerd, en deze is op zijn beurt sterk afhankelijk van de frequentie.

- a. Tussen 300 - 1.000 MHz (golflengte 1 - 0,3 m) wordt circa 40% van de opvallende energie geabsorbeerd.
- b. Tussen 1.000 - 3.000 MHz (golflengte 0,3 - 0,1 m) wordt, afhankelijk van de samenstelling van het getroffen weefsel en de aard van de kleding, 20 - 100% geabsorbeerd.
- c. Boven de 3.000 MHz (golflengte kleiner dan 0,1 m) wordt circa 40% van de stralingsenergie geabsorbeerd.

Absorptie in verschillende weefselsoorten is mede afhankelijk van de diëlectrische constante en de elektrische geleidbaarheid van het weefsel. Bij verschil in deze grootheden kunnen aan grensvlakken van weefsels reflecties optreden, waardoor de vermogensdichtheden verhoogd dan wel verlaagd kunnen worden.

De penetratiediepte is, behalve sterk frequentie-afhankelijk, ook afhankelijk van de weefselsamenstelling (zo is bijvoorbeeld de penetratie in vetweefsel een veelvoud van de penetratie in weefsel met een hoog watergehalte).

- a. Tussen 300-500 MHz (1 - 0,6 m) bestaat een penetratie van enkele centimeters met een diffuse energie-absorptie.
- b. Tussen 500-2.000 MHz (0,6 - 0,15 m) is de penetratiediepte sterk afhankelijk van de weefselsamenstelling, met name van de huiddikte en de dikte van de onderhuidse vetlaag.
- c. Bij 2.000 MHz (0,15 m) is de penetratie 1 cm. Bij toenemende frequentie gaat microgolfstraling zich steeds meer als infrarode straling gedragen, d.w.z. penetratie en absorptie nemen af. (Schwan, 1969).

2.2. Biologische aspecten

In het algemeen worden twee effecten van microgolfstraling beschreven, nl. de thermische en de niet-thermische effecten.

2.2.1. Tot de thermische effecten (welke afhangen van o.a. frequentie, intensiteit, reflectie, absorptie, duur van inwerking en pulsduur van de straling) behoort de temperatuurverhoging van het organisme of delen daarvan, welke sterk afhankelijk is van het warmtegeleidingsvermogen van het getroffen weefsel. Dit geleidingsvermogen is in vet matig, en in goed doorbloede lichaamsdelen hoog. Door het geringe warmtegeleidingsvermogen en/of de geringe doorbloeding is de warmteretentie in vet, blaas, testikels en ooglenzen hoog. Bij hitte-ontwikkeling in de huid treedt onmiddellijk een pijnsensatie op, dus een waarschuwingssignaal en tevens treedt een temperatuur-regulerend mechanisme in werking. In verschillende andere organen is dat niet het geval. Met name de ooglenzen is door afwezigheid van een effectieve temperatuur-regulatie een zeer kwetsbaar orgaan. Het optredend effect is cataractvorming.

Bij proefdieren zijn experimenten gedaan om na te gaan welke stralingsniveaus in biologisch materiaal veranderingen teweegbrachten. Enkele van deze experimenten zullen kort worden samengevat (I.R.E., 1956):

- a. Een langdurige blootstelling aan 120 mW/cm^2 kan bij konijnen cataract veroorzaken.
- b. Een langdurige blootstelling (dat wil zeggen langer dan ca. 20 min.) van het gehele lichaam van honden aan 5 mW/cm^2 gaf een nog juist aanvaardbaar geachte temperatuurstijging in de testikels.
- c. Experimenten met ratten, konijnen en honden gaven aan dat bij deze dieren een lichaamstemperatuurverhoging van 1°C kon worden onderhouden in een elektromagnetisch veld met een vermogensdichtheid van 10 mW/cm^2 .

Ofschoon extrapolatie naar de mens niet zonder meer mogelijk is, kan toch geschat worden dat voor het onderhouden van een temperatuurstijging van 2°C bij de mens circa 100 mW/cm^2 nodig is.

Op grond van de resultaten van recente onderzoeken is in het "International Symposium on Biological Effects and Health Hazards of Microwave Radiation", gehouden in oktober 1973 te Warschau, bij de gevoerde discussies het volgende basisprincipe aangenomen (Michaelson, 1974):

- a. Bij vermogensdichtheden van meer dan 10 mW/cm^2 kan in sommige gevallen worden aangetoond dat deze door de optredende thermische effecten schadelijke gevolgen hebben.
- b. Bij vermogensdichtheden van minder dan 1 mW/cm^2 worden thermische effecten zeer onwaarschijnlijk geacht.
- c. Bij vermogensdichtheden tussen 1 en 10 mW/cm^2 treden kleine doch aantoonbare thermische effecten op.

2.2.2. De niet-thermische effecten kan men onderverdelen in effecten die optreden bij vermogensdichtheden die ook thermische effecten geven, en in effecten welke niet met meetbare temperatuurverhoging gepaard gaan.

Enkele bij "hoge" intensiteiten waargenomen, niet-thermische effecten zijn het z.g. parelsnoer-fenomeen (waarmee in vitro een geometrische ordening van ronde of langwerpige cellen wordt aangeduid t.g.v. dipolaire werking, zichtbaar in onverdunde lymfe en bloed, (Wildervanck e.a., 1959)) en de resonantieverschijnselen in eiwitmoleculen waardoor deze kunnen stuktrillen.

Niet-thermische effecten, beschreven bij "lage" intensiteiten, zijn o.a. biologische veranderingen in membraanpermeabiliteit, macromoleculaire veranderingen, gewijzigde elektrische eigenschappen in zenuwcellen, zenuwvezels en spiervezels (Sher e.a., 1970, en Schwan, 1972). Deze biologische veranderingen kunnen resulteren in inactivering van enzymen, beïnvloeding van celdelingscyclus,

chromosoom-afwijkingen (James e.a., 1969 en N.M.G.T. 24, 1971), veranderingen in de samenstelling van het bloed, vegetatieve-asthenische syndromen, afwijkingen van het elektro-encefalogram, angiodystonie als gevolg van storingen van de hersenstam, diencephale syndromen (deze laatste twee syndromen zouden optreden na langdurige blootstelling aan "lage" intensiteiten), geleidingsstoornissen in het perifere zenuwstelsel en andere effecten.

Het is nog onvoldoende duidelijk, welke rol deze verschijnselen kunnen spelen voor de mens. Publicaties vermelden oorsuizingen, hoofdpijn, moeheid, slapeloosheid, duizeligheid, angst, cardiovasculaire effecten en enkele andere, meestal subjectieve verschijnselen. Deze verschijnselen zijn nog onvoldoende onderzocht om met zekerheid te kunnen stellen dat zij, vooral op lange duur, volledig reversibel zijn. Dit alles mogelijk ten gevolge van genoemde niet-thermische effecten die elektro-fysiologische veranderingen kunnen veroorzaken in de bindingen en bewegingen van eiwitmoleculen of van invloed zouden kunnen zijn op elektronentransporten langs axonale membranen in het centrale en perifere zenuwstelsel (Cleary, 1973).

Opmerking: Een duidelijke en op heldere wijze gegeven behandeling van de biologische effecten van elektromagnetische golven op de levende omgeving is afkomstig van het "Institute of Industrial Hygiene and Occupational Diseases" te Praag (Marka e.a., "Electromagnetic Fields and the Life Environment", 1971).

HOOFDSTUK III: Een overzicht van normen buiten Nederland

3.1. Hieronder volgt een kort overzicht van de normen die buiten Nederland van toepassing zijn. De tijd van blootstelling is veelal slechts in beperkte mate gespecificeerd.

3.1.1. In verschillende West-Europese staten zijn de volgende normen van toepassing:

Voor continue totale lichaamsbestraling wordt 10 mW/cm^2 aanvaardbaar geacht; voor kortere tijden kan het toelaatbare niveau volgens de formule $T_P = \frac{6000}{W^2}$ berekend worden, waarbij een vermogensdichtheid van 100 mW/cm^2 nooit overschreden mag worden (T_P = toegestane exposietijd in minuten gedurende elk uur, W = vermogensdichtheid in mW/cm^2).

3.1.2. In de USA en Canada geldt voor continue totale lichaamsbestraling een maximale vermogensdichtheid van 10 mW/cm^2 per uur. Voor kortere tijden wordt een maximale energiedichtheid van 1 mWh/cm^2 gedurende 6 min. aanvaardbaar geacht. Dit houdt in dat gedurende kortere tijd hogere vermogensdichtheden worden toegestaan mits de gemiddelde energiedichtheid gedurende een periode van 6 minuten maximaal 1 mWh/cm^2 bedraagt.

3.1.3. In Rusland en Polen wordt slechts $0,01 \text{ mW/cm}^2$ aanvaardbaar geacht voor een continue totale lichaamsbestraling gedurende ten hoogste 8 uur per etmaal. Voor kortere tijden kan het toelaatbare niveau verhoogd worden tot een maximum van 1 mW/cm^2 in een periode van 15 min. per etmaal. Deze normen zijn beduidend lager dan die welke in de meeste Westerse landen worden gehanteerd. Zij zouden zijn gebaseerd op reversibele neurovegetatieve stoornissen (zie 2.2.B).

3.2. In het algemeen kan worden gesteld dat de normen in de West-Europese landen niet met elkaar vergelijkbaar zijn door verschillen in de wijze van berekening van het gemiddelde aanvaardbare stralingsniveau. Het begrip "gemiddeld"

is enerzijds afhankelijk van de wijze van benadering tot de uitgezonden stralingsvorm, continu dan wel pulserend, en anderzijds met de periode waarover men de ontvangen straling wil middelen.

Hoewel met de in de Westerse landen gehanteerde norm (een toegestane maximale vermogensdichtheid van 10 mW/cm^2 bij een continu verblijf in de straling) nadelige gevolgen voor de mens nooit met zekerheid zijn waargenomen, is de veiligheid van deze norm hiermede niet bewezen. In het licht van de huidige kennis is het echter niet reëel deze norm aan te tasten. Verschillende auteurs wijzen ten aanzien van deze norm op het feit dat met betrekking tot de thermische effecten de veiligheidsfactor slechts 2 à 3 is (Joly e.a., 1969). De niet-thermische effecten zijn bij de bepaling van het bovengenoemde aanvaardbare stralingsniveau niet in aanmerking genomen.

HOOFDSTUK IV: Normen voor de gebruikers

4.1. Algemeen

De commissie heeft bij het vaststellen van de normen aangenomen dat continue en gepulseerde microgolven bij een gelijke gemiddelde vermogensdichtheid gelijke biologische, met name thermische, effecten veroorzaken. Door het ontbreken van relevante gegevens zal geen rekening worden gehouden met de te vermoeden afwijkende effecten van gepulseerde golven. In 6.6. wijst de commissie nog in het bijzonder op een herziening van deze aanname.

Voor het vaststellen van de normen is de commissie uitgegaan van de schadelijke werking van microgolven door het thermisch effect. De niet-thermische effecten, waarvan deels de biologische betekenis onbekend is en die deels reversibele afwijkingen betreffen die slechts op statistische gronden aantoonbaar zijn, worden door de commissie niet in aanmerking genomen. De commissie wijst evenwel op een toenemend besef voor het bestaan van deze effecten

die kunnen optreden bij vermogensdichtheden die onder de aanbevolen normen liggen, en beveelt in 6.6. aan, rekening houdende met nieuwe wetenschappelijke gegevens inzake de invloed van niet-thermische effecten op de mens, om deze aanname in de toekomst opnieuw te overwegen.

4.2. Personen die zich bezighouden met ontwikkeling, installatie, reparatie en onderhoud van microgolf-energiebronnen (microgolfwerkers).

Gelet op het belang van de gezondheid van de betrokken werknemers, meent de commissie het volgende te moeten adviseren:

4.2.1 Deskundigheid

Onder het begrip deskundigheid wordt verstaan kennis, enerzijds van de mogelijke risico's die aan het gebruik van microgolfstraling zijn verbonden, en anderzijds van de toepassing van contrôle- en beschermingsmiddelen. De commissie onderscheidt een tweetal niveaus van deskundigheid:

Niveau A: De microgolfwerkers van niveau A dienen volledig op de hoogte te zijn van de mogelijke gevaren en dienen een grondige kennis te hebben inzake het gebruik van contrôle- en beschermingsmiddelen. Naast de benodigde theoretische kennis dienen zij praktische vaardigheid te hebben opgedaan. Voor de beoordeling van de risico's die aan bepaalde werkomstandigheden zijn verbonden, is het bovendien naar het oordeel van de commissie een vereiste dat deze deskundige min of meer zelfstandig en zo nodig duidelijk geïnstrueerd waarnemingen respectievelijk metingen kan verrichten van de situaties, welke zich in bepaalde omstandigheden bij gebruik van microgolf-energiebronnen kunnen voordoen.

- Niveau B -

Niveau B: De deskundigen van niveau B dienen een redelijke kennis te hebben van de mogelijke gevaren die aan het bedienen van microgolf-energiebronnen zijn verbonden. Onder directe leiding en toezicht van een deskundige van niveau A dienen zij in staat te worden geacht te werken met microgolfstraling.

Een nauwkeurige omschrijving van de benodigde theoretische en praktische kennis welke begrepen wordt onder bovenstaande definities, valt buiten bestek van de formulering van normen voor microgolfstraling. De commissie acht het echter wenselijk, dat daaraan op korte termijn de nodige aandacht wordt besteed, teneinde een wettelijke regeling aangaande deskundigheid voor microgolfstraling, mogelijk te maken.

4.2.2. Normen

Er bestaan vele onzekerheden door de sterk uiteenlopende normen in verschillende landen en de recente gegevens over ongevallen waarbij o.a. lenstroebelings en elektro-encephalogram-afwijkingen zijn beschreven en door het feit dat de geabsorbeerde dosis meestal lager is dan de in het vrije veld gemeten dosis. Dit alles in aanmerking nemende, meent de commissie het maximaal aanvaardbare stralingsniveau voor microgolfwerkers als volgt te moeten stellen.

- a. Bij continue bestraling van het lichaam of delen daarvan 10 mW/cm^2 , gemiddeld over 1 seconde gedurende ten hoogste 5 uur per etmaal. Lagere vermogensdichtheden zijn voor langere tijden toegestaan, mits zij een maximale energiedichtheid x^1) van 50 mWh/cm^2 per etmaal (= 180 joules/cm^2) niet overschrijden.

- b. -

* Onder energiedichtheid wordt verstaan de hoeveelheid energie per oppervlakte-eenheid, uitgedrukt in mWh/cm^2 of joules/cm^2 .

- b. Voor kortdurende bestraling is een hogere vermogensdichtheid toegestaan, met een maximum van 50 mW/cm^2 . De toegestane tijd dient te worden berekend volgens de formule $T_p = \frac{6000}{W^2}$ minuten per uur.

4.2.3. Medische begeleiding

Er zijn vele onzekerheden inzake de gevolgen die kunnen optreden bij personen die aan microgolfstraling blootstaan, met name wordt hier en daar beschreven dat staarvorming frequenter voorkomt bij de geëxponeerde groep dan bij de contrôlegroep; andere ontkennen dit weer (Cleary, 1965 en 1966). De commissie beveelt met betrekking tot de medische begeleiding van microgolfwerkers aan om aan hen die regelmatig aan intensiteiten boven de 10 mW/cm^2 kunnen worden blootgesteld, een meer dan normale medische zorg te besteden.

Met betrekking tot de verdere bedrijfsgeneeskundige begeleiding wordt gedacht aan een aanstellingskeuring en een keuring bij de beëindiging van de werkzaamheden, en tevens aan een gericht uitvoerig onderzoek bij klachten die mogelijk verband kunnen houden met microgolfstraling. Allereerst zou een arbeidsanalyse en anamnese over spontane klachten dienen plaats te vinden, gevolgd door een gerichte anamnese. Indien hieruit positieve resultaten volgen dan kan een uitgebreid, gericht onderzoek plaatsvinden. Bij deze keuringen moet worden gelet op:

- ooglens, onderzoek met foto's vastgelegd (de uitkomsten van het hierbedoelde onderzoek met de spleetlamp zouden in één centrum dienen te worden geregistreerd)
- bloedbeeld
- overwogen kan worden elektro-encephalogram en neurologisch onderzoek.

Bovenvermelde keuringen dienen centraal, bijv. bij het Directoraat Generaal van de Arbeid te worden gemeld,

om een wetenschappelijk-epidemiologisch onderzoek naar de gevolgen van blootstelling aan microgolfstraling te kunnen vergemakkelijken. Hetzelfde geldt voor ongevallen met microgolfstraling.

4.2.4. Beschermdende maatregelen

In het gebied rondom de apparatuur, waarin de hierboven onder 4.2.2. a. en b. genoemde vermogensdichtheid en energiedichtheid kunnen worden overschreden, dienen microgolfwerkers aan de golflengte aangepaste beschermende kleding te dragen. Met het oog op storende factoren, zoals reflecties in het terrein, dient door metingen te worden geverifieerd of de berekende veiligheidszone juist is.

4.3. Gebruikers van microgolf-energiebronnen en incidentele blootstelling

Naast de microgolfwerkers is er een categorie personen die deze apparatuur bedient, doch van wie de onder 4.2.1. genoemde deskundigheid niet hoeft te worden verlangd (bijv. de stuurman met de scheepsradar of de kok met de microgolfoven). Deze apparatuur kan naar functie in twee groepen worden verdeeld:

1. Microgolf-energiebronnen in een gesloten ruimte (bijv. microgolfoven).

Ten aanzien van deze apparatuur moet de fabrikant dussdanige maatregelen hebben getroffen in de door hem gebouwde toestellen, dat van de gebruikers geen deskundigheid inzake bescherming tegen straling hoeft te worden verlangd.

2. Microgolf-energiebronnen in de vrije ruimte (bijv. scheepsradars en medische apparatuur). Door de aard van deze apparatuur is de fabrikant, naast de fabricage van een zo'n veilig mogelijk toestel, verplicht om uitdrukkelijke voorschriften toe te voegen voor installatie en gebruik van de door hem geleverde toestellen,

opdat van de gebruiker geen deskundigheid inzake bescherming tegen straling behoeft te worden verlangd. Het gebruik van medische microgolfapparatuur dient onder toezicht te geschieden van een deskundige, die voor de veiligheid zorg draagt.

Voor deze microgolf-energiebronnen worden aparte normen aanbevolen (zie Hoofdstuk V). Ten aanzien van de ondeskundige gebruiker van deze apparatuur in het algemeen en ten aanzien van personen, die zich toevallig in de omgeving van microgolf-energiebronnen zouden kunnen bevinden (incidentele blootstelling), meent de commissie de volgende normen te moeten aanbevelen:

- a. Bij een continue bestraling van het lichaam of delen daarvan 1 mW/cm^2 , gemiddeld over 1 seconde, per etmaal. Dit komt overeen met een maximale energiedichtheid van 24 mWh/cm^2 per etmaal.
- b. Voor kortdurende bestralingen is een hogere vermogensdichtheid toegestaan, met een maximum van 50 mW/cm^2 . De toegestane tijd dient te worden berekend volgens de formule $T_p = \frac{60}{W}$ minuten per uur.

4.4. Medische toepassing van microgolfapparatuur, radar-diathermie

Tot het arsenaal van de Fysiotherapie behoren o.a. verschillende vormen van diathermie ("doorwarming"), waarbij de energie van hoogfrequente elektromagnetische golven omgezet wordt in warmte door absorptie in het levende weefsel.

Naast ultrakortegolf-therapie en decimetergolf-therapie (golflengte resp. 11,06 m en 69 cm) is thans een der meest gebruikelijke vormen de microgolf-therapie, ook wel radar-diathermie genoemd, waarbij men gebruik maakt van frequenties in de orde van 2450 MHz. (= ca. 12,4 cm).

De door de fysiotherapeut geapliceerde dosis is aan een aantal criteria gebonden. De dosering wordt o.a. bepaald door lokalisatie en aard van de aandoening en is vastgelegd

in doseringstabellen, gebaseerd op langdurige klinisch-therapeutische ervaring. Daarnaast spelen een rol de individuele en constitutionele aspecten ter beoordeling van de medicus en/of de fysiotherapeut. De dosis wordt gewoonlijk eerst laag tot middelmatig ingesteld en, afhankelijk van de reacties van de patiënt in de uren en etmalen volgend op de bestraling, zal men zonodig bij volgende behandelingen de dosis individueel aanpassen.

Oschoon de gevolgen van de diathermiebehandeling voor de patiënt volgens de commissie vallen buiten het bestek van dit advies, wil de commissie er toch de aandacht op vestigen, dat bepaalde behandelingswijzen gevaren voor de patiënt kunnen inhouden, en dat de risico's van de patiënt niet steeds voldoende worden gerealiseerd.

Op grond van fantoom-metingen (Schwan, 1965) en dierproeven (Scott, 1957), is gebleken dat een aantal variabele grootheden bij de absorptie van microgolfstraling in weefsel een rol spelen, zoals vorm en grootte van de uit-tree-opening bij electrode resp. straler, golflengte (Pätzhold, 1953), reflectieverschijnselen aan weefselgrensvlakken zoals vet-spier-bot (Schwan, 1956). Daardoor is de relatie tussen de aan de patiënt toegediende doses en de werkelijke door de patiënt geabsorbeerde doses slechts bij benadering te berekenen resp. te schatten.

Bij de decimetergolf-diathermie (69 cm) dient in het bijzonder te worden gewaakt tegen overdosering, omdat een duidelijk waarneembaar lokaal warmtegevoel bij de patiënt nagenoeg geheel ontbreekt. De temperatuurverdeling bij de diverse golflengten in fantoom en levend weefsel is goed beschreven (o.a. door Schwan, 1965).

Bij de nieuwste vormen van diathermische therapie kan gebruik worden gemaakt van hoogfrequente elektromagnetische energie die in kortdurende pulsen van 65 microsec. (resp. 400) geapliceerd wordt, waarbij of wel het aantal pulsen per seconde, of wel de pulsduur, of wel beide variabel zijn.