

Rapport

fra ekspertkommissionen vedrørende
spørgsmålet om den fare, der udgår fra stråling
fra tidligere radaranlæg i
”Bundeswehr” og ”Nationale Volksarmee” (Radarkommission)

Berlin, den 2. juli 2003

INDHOLD

RESUMÉ

1 ARBEJDSOPGAVEN	4
2 KOMMISSIONENS ARBEJDSMÅDE	5
3 RESULTATER	6
3.1 Ekspositioner	6
3.2 Sundhedsmæssige risici	9
3.3 Hittidig fremgangsmåde	9
4 ANBEFALINGER	11
4.1 Sygdomme	11
4.2 Eksposition	11
4.3 Procedure	12

(MEDLEMMER AF RADARKOMMISSIONEN) (ikke oversat)

UDFØRLIG RAPPORT

I INDLEDNING	13
2 UØNSKET RØNTGENSTRÅLING	14
2.1 Hvordan opstår uønsket røntgenstråling i radaranlæg	14
2.2 Forskrifter til beskyttelse mod uønsket røntgenstråling i "Bundeswehr" og "Nationale Volksarmee"	17
2.2.1 "Bundeswehr"	17
2.2.2 "Nationale Volksarmee"	23
2.3 Eksisterende målinger af uønsket røntgenstråling i radaranlæg	24
2.3.1 Kvaliteten af målingerne af ioniserende stråling i radaranlæg	24
2.3.2 Måleværdiernes repræsentativitet for stråleekspositionen med uønsket røntgenstråling	28
2.3.2.1 Enkeltvurdering af de vigtigste systemer	32
2.3.2.2 Omfanget af stikprøver	37
3 RADIOAKTIVE STOFFER OG SELVLYSENDE MALING	39
3.1 Forskrifter til beskyttelse mod radioaktive stoffer og selvlysende maling hos "Bundeswehr" og "Nationale Volksarmee" og udførelsen i praksis	39
3.1.1 "Bundeswehr"	39
3.1.2 "Nationale Volksarmee"	41
3.2 Eksposition som følge af radioaktive stoffer og selvlysende maling	42

4 HJORTIDIG FREMGANGSMÅDE VED BESTEMMELSEN AF ERSTATNINGSDOSER	45
5 HØJFREKVENSTRÅLING	55
5.1 Grænseværdier og målestørrelser	55
5.2 Retrospektiv beskrivelse af ekspositionsforholdene for personellet ved våbensystemer med radaranlæg	56
5.2.1 Grundlag	56
5.2.2 Analyse af de sikrede målerapporter og protokoller	57
5.2.2.1 Målerapporter vedr. antennernes strålefelt	57
5.2.2.2 Vedligeholdelses- og reparationsarbejdspladser	64
5.3 Vurdering af det foreliggende måledatamateriale	64
5.4 Konklusioner	65
6 RISIKOVURDERING	67
6.1 Redegørelse for det aktuelle stade for den videnskabelige forskning	67
6.1.1 Indledende bemærkninger	67
6.1.1.1 Principielt vedr. risikovurderingen	67
6.1.1.2 Vedr. strålebetinget dannelse af kræft	75
6.1.2 Ioniserende stråling	77
6.1.2.1 Strålebetinget leukæmi- og kræftsygdomme	77
6.1.2.2 Virkning af indtagne radionuklider (problematik mht. selvlysende maling)	83
6.1.3 Ikke-ioniserende stråling (HF)	85
6.1.3.1 Højfrekvente felter	87
6.1.3.1.1 Direkte feltvirkninger	87
6.1.3.1.2 Cellulære og molekylærbiologiske effekter samt dyreeksperimentielle undersøgelser af karcinogeniteten	92
6.1.3.2 Epidemiologiske studier	92
6.1.3.2.1 Problematikken vedr. elektromagnetiske felter som risikofaktorer i epidemiologiske studier	93
6.1.3.2.2 Specifikke epidemiologiske studier af. højfrekvente EMF, case-kontrol-studier af ondartede tumorer i centralnervesystemet, øjnene og testiklerne	103
6.1.3.3 Indirekte feltvirkninger	103
6.1.4 Synergistiske effekter	103
7 RISIKOVURDERING I FORBINDELSE MED ANSØGNINGER FRA TIDLIGERE ANSATTE I BUNDESWEHR/NATIONALE VOLKSARMEE	104
7.1 Datasituation	104
7.2 Kriterier for anerkendelsen af en sygdom	105
8 SAMLET VURDERING AF DET TYSKE FORSVARSMINISTERIUMS FREMANGSMÅDE OG SAMMENLIGNING MED ANDRE PROCEDURER	108
8.1 Social- og arbejdsskademedicinske aspekter	108
8.2 Fremgangsmåde i andre lande	110
8.2.1 OECD (ekskl. USA)	110
8.2.1.1 Generelt	110
8.2.1.2 Skader, der ydes kompensation for	110

Rapport fra den tyske Radarkommission

8.2.1.3	Kompensationens art	111
8.2.1.4	Kriterier for tilkendelse af kompensation	111
8.2.1.5	Konklusioner i OECDs studie fra år 2000	112
8.2.1.5.1	Supplerende bemærkninger på basis af en rundspørge i 2003: detaljer vedrørende situationen i Danmark	112
8.2.2	USA	112
8.3	Det tyske forsvarsministeriums hidtidige procedure og ændringsforslag	123
9 KONKLUSION OG ANBEFALINGER		125
9.1	Ekspositionen	125
9.1.1	Uønsket røntgenstråling	125
9.1.2	Radioaktive stoffer og radiumholdig selvlysende maling	126
9.1.3	Højfrekvensstråling	127
9.2	Sundhedsmæssige risici	128
9.3	Anbefalinger	129
9.3.1	Uønsket røntgenstråling	129
9.3.2	Radioaktive stoffer og ²²⁶ Ra-holdig selvlysende maling	131
9.3.3	Højfrekvensstråling	132
9.4	Vurdering af fremgangsmåden i anerkendelsessagerne og ændringsforslag	132
9.4.1	Hidtidig fremgangsmåde	132
9.4.2	Forslag til en regulering af sagerne	133
Litteraturfortegnelse:		134
Glossar		147
APPENDIKS		155
Bilag 1: Datadokumentation		155
Bilag 2: Yderligere videnskabelig dokumentation		160

RADARKOMMISSIONENS RAPPORT

- RESUME -

1. ARBEJDSOPGAVEN

På basis af muligheden for at der eksisterer en sundhedsrisiko som følge af tidligere arbejde med radarudstyr har syge, for det meste tidligere, soldater i "Bundeswehr" og "Nationale Volksarmee" samt civil ansatte indsendt ansøgninger om anerkendelse af en erhvervsbetinget sygdom.

Radarkommissionen blev nedsat af det tyske Forsvarsministerium på anmodning fra Forsvarsudvalget i den tyske Forbundsrag. Den skulle

- bidrage til afklaring af de tidligere arbejdspladsforhold under inddragelse af de allerede foreliggende mellemresultater.
- afgive ekspertudsagn, som kan lægges til grund i sagerne om tilskadekomst under arbejdet,
- i givet fald bearbejde yderligere og ny viden om de sundhedsmæssige følger af strålebelastning fra radaranlæg, samt
- fastlægge det videnskabelige vidensstadium med hensyn til muligheden for en sundhedsrisiko som følge af ioniserende stråling og højfrekvent stråling (radarstråling) og undersøge de medicinske aspekter af stråleskader.

2. KOMMISSIONENS ARBEJDSMÅDE

Den 26. september 2002 konstitueredes Radarkommissionen under ledelse af Wolfram König, præsident for "Bundesamt für Strahlenschutz" (Forbundskontoret for strålebeskyttelse). De 17 medlemmer af Radarkommissionen repræsenterer et bredt spektrum af videnskabelige discipliner og opfattelser. Kommissionen har ikke leveret selvstændig videnskabelig forskning, men har koncentreret sig om vurdering af det hidtidige forløb på grundlag af det foreliggende materiale, ud fra høringer samt egne målinger. Dette er sket ud fra synspunkterne om

- konformitet i risikovurderingen i overensstemmelse med videnskabens state og
- rigtighed respektive plausibilitet i fremgangsmåden i betragtning af den eksisterende usikkerhed i forbindelse med rekonstruktionen af de ekspositioner, der for nogles vedkommende ligger mange årtier tilbage.

For at opfylde sin arbejdsopgave har Radarkommissionen analyseret mange data, dokumenter og videnskabelige publikationer. Rapporten fra arbejdsteamet under ledelse af dr. Sommer „Die "Bundeswehr" und ihr Umgang mit Gefährdungen und Gefahrstoffen - Uranmunition, Radar, Asbest" ("Bundeswehr" og dets omgang med risici og farlige stoffer – uranammunition, radar, asbest) er også blevet inddraget. Radarkommissionen har gennemført en række høringer. Heri deltog medarbejdere fra det tyske forsvarsministerium, soldater og officerer i "Bundeswehr" og "Nationale Volksarmee, repræsentanter fra sundheds- og socialministeriet og repræsentanter fra "Berufsgenossenschaften" (Ulykkesforsikringsanstalter) samt TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt e.V. Kommissionen har også involveret repræsentanter fra "Bund zur Unterstützung Radargeschädigter e.V." (Sammenslutning til støtte for radarskadede personer) i undersøgelserne, i særdeleshed ved besøg på nogle af de lokaliteter, hvor de vigtigste stadigt eksisterende radaranlæg er opstillet.

3. RESULTATER

3.1 Ekspositioner

I forbindelse med drift, vedligeholdelse og reparation af radaranlæg kan der opstå eksposition for ioniserende stråling og højfrekvensstråling (HF-stråling). Endvidere kan der ved arbejdet med radioaktiv selvlysende maling blive indtaget radioaktive stoffer.

I forbindelse med den ioniserende stråling drejer det sig fortrinsvis om røntgenstråling fra såkaldte „Störstrahler“ det vil sige komponenter (elektronrør), der som uønsket bieffekt udsender røntgenstråler.

Den eksterne stråleeksposition som følge af radioaktiv selvlysende maling er lav. Indtagne radionuklider kan derimod føre til en ikke uvæsentlig dosis. Man skal derimod ikke tage sig af den svage radioaktivitet i mange elektronrør.

I forbindelse med HF-stråling er det frem for alt den nyttige stråling omkring antennerne, der er af betydning for strålebeskyttelsen.

Eksposition for røntgenstråling

Med hensyn til rekonstruktionen af ekspositionen med den uønskede røntgenstråling i ”Bundeswehr” anser Radarkommissionen det for fornuftigt, når det drejer sig om udstyret, at skelne mellem tre faser, som adskiller sig fra hinanden med hensyn til muligheden for retrospektivt at beregne stråleekspositionen og for at finde frem til, om strålebeskyttelsen er gennemført.

Fase 1 er karakteriseret ved, at der næppe findes målinger vedrørende dosishastigheden på stedet og ingen personrelaterede dosisværdier og at disse ikke kan rekonstrueres på tilforladelig vis. For fase 1 betragtes en pålidelig eller bare øvre vurdering af ekspositionen som følge af uønsket røntgenstråling ikke at være mulig med tilbagevirkende kraft, da data og informationsbasis er utilstrækkelig. Både en overførsel af resultaterne fra senere målinger (fra strålingsmåleinstanser i ”Bundeswehr”, der beskæftiger sig med måling af stråling) og af aktuelle måleværdier til tidligere ekspositionsperioder er i reglen ikke mulig, da en mangfoldighed af påvirkningsfaktorer ikke mere kan rekonstrueres. For ”Nationale Volksarmee”-udstyr strækker tidsrummet i fase 1 sig til ophøret af ”Nationale Volksarmee, da der efter ”Bundeswehrs” opfattelse ikke findes tilstrækkeligt repræsentative målinger af dosishastigheden og af den persondosimetriske overvågning, når det drejer sig om udstyr tilhørende ”Nationale Volksarmee.

I overgangsfase 2 blev der etableret strålebeskyttelsesforanstaltninger og der fandt målinger af dosishastigheden ved hyppigt anvendte våbensystemer sted. Der blev etableret to strålingsmåleinstanser, som skulle tage sig af måling af stråling, og der blev iværksat både tekniske og organisatoriske strålebeskyttelsesforanstaltninger. Denne fase kan for en række vigtige radaranlæg afgrænses til perioden mellem ca. 1975 og 1985.

Fase 3 er karakteriseret ved, at der findes en adækvat strålebeskyttelse, dvs. at der kan dokumenteres iværksættelse af tekniske og organisatoriske foranstaltninger til reduktion af stråleekspositionen og der har fundet kontroller ved hjælp af målinger sted. Man skal ikke regne med øget stråleeksposition i denne fase.

Eksposition for selvlysende maling

Beregning af strålebelastningen for radarpersonellet som følge af radioaktive stoffer kan koncentreres omkring brugen af radiumholdig selvlysende maling. Radiologisk relevante akkumulerede doser fra andre radioaktive stoffer skal ikke forventes.

Ekspositioner som følge af radiumholdig selvlysende maling var primært et problem i "Bundeswehr" Kommission har ikke oplysninger om, at der blev brugt radioaktiv selvlysende maling i nævneværdigt omfang på radaranlæg tilhørende "Nationale Volksarmee".

Brugen af radiumholdig selvlysende maling i "Bundeswehr" kan ifølge kommissionens undersøgelser af de faktiske forhold opdeles i to perioder:

Perioden indtil 1980

Denne periode er kendetegnet af en vidt udbredt brug af radiumholdig selvlysende maling. Afkradsning, afslibning og til dels genpåføring af denne selvlysende maling udført af radarteknikere uden adækvate foranstaltninger til strålebeskyttelse er forekommet. I de enkelte tilfælde kan et indtag af radiumholdig selvlysende maling under sådanne arbejder - i modsætning til ekstern eksposition og berøring af ikke afdækkede radiumholdige kontakter - føre til høje belastninger.

Perioden fra 1980

Senest fra 1980 fandt der ifølge kommissionens oplysninger arbejder med afkradsning sted i reglen under tilstrækkelige sikkerhedsforhold med hensyn til strålebeskyttelse. Også efter 1980 var der hos "Bundeswehr" stadig beholdninger af dele med radiumholdig selvlysende maling. Selvom deres antal var stort nok til, at der i 2000 blev udstedt en ny ordre om at frasortere dem, anser kommissionen risikoen for et radium-indtag i denne periode for at være ringe.

Eksposition for højfrekvensstråling

Med hensyn til muligheden for at nå eller overskride en effekttæthed, som ved kronisk eksposition kan føre til induktion af katarakt (uklarhed i øjets linse), kan man foretage en kategorisering ud fra tjenestetid, tjenestested og våbensystem.

I henhold hertil skal man med hensyn til tjenestetiden skelne mellem tiden før og efter ikrafttræden af beskyttelsesforskrifter. I "Bundeswehr" trådte den første beskyttelsesforskrift i kraft i 1958. Den tidligst kendte forskrift i "Nationale Volksarmee" stammer fra 1976.

Tjenestestederne kan opdeles i to kategorier: en for de lokaliteter, hvor risikoen for en overeksposition kan betragtes som høj, og en for de lokaliteter, hvor risikoen kan betragtes som lav.

Den første kategori omfatter arbejdspladser i ringe afstand fra CW-radarantennener eller kraftige antenner på søgeradaranlæg og arbejdspladser i lukkede rum, hvor muligheden for refleksion af strålingen til bygningsstrukturerne ikke kan udelukkes. Her skal især nævnes reparationshaller.

I den anden kategori indplaceres tjenestesteder ved radaranlæg, som befandt sig i stationære stillinger i afstande til radarsendere, hvor kritiske effekttætheder kan udelukkes, eller hvor en eksposition udelukkende var mulig som følge af søgeradaranlæg, hvor ekspositionsperioden var lille, når de kritiske effekttætheder blev nået.

Sluttelig er det muligt at kategorisere ud fra våbensystemer. En – i det enkelte tilfælde betragtelig - risiko for overekspositioner udgøres af våbensystemer, hvor der i mobile stillinger blev opstillet CW-radaranlæg i for ringe afstand til andre arbejdspladser.

3.2 Sundhedsmæssige risici

For at kunne vurdere sygdomsbillederne har kommissionen fået stillet anonymiserede data til rådighed fra „Bundeswehr“. Disse data har dog hverken muliggjort en nøjagtig beskrivelse af hyppigheden af de enkelte sygdomme eller et udsagn om statistiske ophobninger af enkelte sygdomme inden for den eksponerede gruppe. Registreringen af de syge personer var ufuldstændig, og omfanget og aldersfordelingen af den tilgrundliggende population er ikke kendt.

Det studie, som „Bundeswehr“ gennemførte som et mortalitetsstudie og i maj 2003 præsenterede som „Undersøgelser af registreringen af den sundhedsmæssige risiko for personel i „Bundeswehr“ inden for radarområdet i perioden 1956-1985“ er på grund af tungtvejende metodiske mangler uegnet til vurdering af en sundhedsmæssig risiko hos ansatte i „Bundeswehr“ som følge af eksposition for radarstråling. Studiet kan heller ikke levere data om hyppigheden af sygdomstilfælde i den berørte gruppe.

Udsagnene og anbefalingerne med hensyn til sundhedsrisikoen baserer kommissionen derfor udelukkende på statet for den videnskabelige forskning, sådan som det er dokumenteret i den internationale faglitteratur. Der vil blive redegjort for den biologiske, medicinske og epidemiologiske viden om virkningen af ioniserende stråling og HF-stråling med henvisning til den foreliggende problematik. Om den ioniserende stråling er det anerkendt, at den selv i ringe doser kan medføre kræftsygdomme. Man skal være opmærksom på, at mennesker også udsættes for naturlig ioniserende stråling i hverdagen. Kræft er tillige ikke nogen sjælden sygdom, og der findes en mangfoldighed af andre årsagsfaktorer til kræft. Ved HF-stråling er det efter videnskabens stadi i dag kun varmeeffekten, der er af betydning, som ved høje doser kan føre til uklarhed i øjets linse (katarakt).

Forskningsbehov

Inden for en periode, som ville være rimelig i forbindelse med de forestående erstatningssager, vil yderligere undersøgelser, efterforskning og forskning ikke give et nyt beslutningsgrundlag, som vil kunne være relevant for den generelle vurdering. Principielt eksisterer der dog et forskningsbehov, især med hensyn til undersøgelse af de sundhedsmæssige følger af HF-stråling samt med hensyn til nogle aspekter i relation til den ioniserende stråling.

3.3 Hidtidig fremgangsmåde

- a) Analysen af den hidtidige fremgangsmåde i forbindelse med beregningen af erstatningsdoserne (oversætterkommentar: de tyske myndigheder opererer med et begreb „Ersatzdosis“, som tages i anvendelse ved fejlbehæftet eller undladt måling af ekspositionen. Rette myndighed så fastlægge en „erstatningsdosis“ i stedet for den fejlbehæftede eller udeladte måling; de nærmere bestemmelser herfor er fastsat i den tyske strålebeskyttelsesforordning og i røntgenforordningen) har vist en række metodiske mangler samt afvigelser i fremgangsmåderne hos forskellige administrative enheder inden for militæret. Radarkommissionen finder endvidere, at de berørte personer er blevet inddraget i sagerne i utilstrækkeligt omfang. Dette gælder især i betragtning af problemerne med at rekonstruere arbejdspladsforholdene i de tidligere år.

- b) Den såkaldte "Kann-Versorgung" (tilkendelse af en social ydelse med arbejdsministeriets samtykke) kan føre til anerkendelse ved stråleekspositioner, som ligger i en størrelsesorden, der svarer til intervallet for livstidsdosen som følge af den naturlige stråleeksposition.
- c) I den nuværende fremgangsmåde udelukkes bestemte sygdomme over en kam (eksempelvis testikeltumorer) uden entydigt videnskabeligt grundlag.
- d) P.t. behandles de erstatningssøgende forskelligt afhængigt af (beskæftigelses-)status.

4. ANBEFALINGER

Kommissionen giver med hensyn til den videre fremgangsmåde følgende anbefalinger:

4.1 Sygdomme

1. Som kvalificerende sygdomme på grund af en eksposition for uønsket røntgenstråling betragtes principielt alle maligne tumorer – med undtagelse af kronisk lymfatisk leukæmi (KLL) – samt katarakter på grund af en eksposition for HF-stråling og/eller ioniserende stråling. Ved indtag af radiumholdig selvlysende maling er det primært knoglekræft (sarkomer fra knogler og omgivende bindevæv), der betragtes som specifik kvalificerende sygdom.
2. Det er en forudsætning, at der foreligger lægeligt attesterede diagnoser med patologisk-histologisk undersøgelsesresultater.
3. Forekomsten af en solid tumor skal ligge mindst 5 år efter begyndelsen af stråleekspositionen, ved leukæmi og knoglesarkomer skal der mindst være gået 2 år mellem stråleekspositionen og forekomsten.

4.2 Eksposition

Ekspositionen over for uønsket røntgenstråling vurderes i overensstemmelse med de afsnit 3.1. anførte tre faser. I faserne 1 og 2 er væsentlige stråleekspositioner mulige. I fase 1 bør sygdomme i henhold til afsnit 4.1 således anerkendes hos alle personer, der har arbejdet på radaranlægget SGR-103, som var i brug i søværnet fra 1961. For andre personer, som har arbejdet ved andre radaranlæg, vil der i den udførlige del af rapporten blive foreslået et yderligere kriteriekatalog. I fase 2 bør de foreliggende målinger inddrages som basis for en erstatningsdosisbestemmelse, såfremt der foreligger mange måleværdier. Ellers bør man gå frem som i fase 1. I fase 3 skal der ikke forventes nogle relevante stråleekspositioner. Dette skal, under hensyntagen til kommissionens forbedringsforslag, dokumenteres over for de erstatningssøgende ved at skildre de tekniske og organisatoriske strålebeskyttelsesforanstaltninger og givet fald ved at skønne dosen.

Med hensyn til punktet *selvlysende maling* anbefaler kommissionen, at man i det enkelte tilfælde ved hjælp af arbejdspladsanamnese kontrollerer, om den pågældende person før 1980 har haft noget at gøre med den radiumholdige selvlysende maling ved afkradsning, afslibning eller genpåføring. Såfremt anamnesen viser, at disse arbejdsaktiviteter blev gennemført i tidsrummet før 1980 uden relevante beskyttelsesforanstaltninger, anbefales det, at måle erstatningssøgende med knoglekræft men også med andre kvalificerede sygdomme i en helkropstæller og tage hensyn til dosen i sagen om anerkendelsen af den erhvervsbetingede skade (anerkendelsessagen).

Ekspositionsmulighederne over for *HF-stråling* skal inddeles i henhold til kategorierne tjenestetid, tjenestested og våbensystem. Katarakt betragtes som kvalificerende sygdom. Ved høj ekspositionssandsynlighed anbefales anerkendelse af den erhvervsbetingede skade.

4.3 Procedure

Kommissionen kan ikke se nogen faglig grund, som gør forskellige vurderinger i sagerne plausible på grundlag af de erstatningssøgendes tjenesteretlige stilling.

De erstatningssøgende bør ved forekomst af de tre i begyndelsen af afsnit 4.1 specificerede betingelser høres ved rekonstruktionen af arbejdspladsforholdene og før meddelelsen af den endelige officielle afgørelse.

Der bør indføres en effektiv kvalitetssikring i forbindelse med den fra fase 2 mulige beregning af erstatningsdosen . Kommissionen vil fremlægge metodiske forslag til dette punkt.

Yderligere videnskabelige undersøgelser inden for individuel ekspositionsrekonstruktion for fase 1 betragter kommissionen ikke som lovende. Af den grund fraråder kommissionen, at der foretages sådanne undersøgelser.

Ved forekomst af belastende erstatningsdosisværdier bør der foretages en vurdering af årsags-sandsynligheden (PC). Årsagssandsynligheden skal beregnes på grundlag af epidemiologiske risikodata. Det kan ud fra videnskabelige overvejelser ikke afgøres hvilken procedure, der skal anvendes ved anerkendelsen, for dette er sluttelig en politisk afgørelse.

Wolfram König
Formand

Berlin, den 02. juli 2003

1 INDLEDNING

Radaranlæg er i årtier blevet brugt civilt og militært til at lokalisere mål og hindringer. Ved hjælp af elektromagnetiske bølger kan disse mål og hindringer også registreres langt uden for den synsvidde. Ved drift af radaranlæg kan der opstå sundhedsmæssige skader, hvis sikkerhedsforskrifterne ikke overholdes. Potentielle sundhedsrisici for det personel, der arbejder med radaranlæg, udgår dels fra selve højfrekvensstrålingen, især ved ophold i området med nyttig stråling ved høje sendeeffekter i nærheden af sendeantenne, og dels fra de rørkomponenter, der ofte bruges i radaranlæg, som udsender røntgenstråling som uønsket bieffekt. Rækkevidden af denne stråling er forholdsmæssig ringe, således at der kun opstår risici for personalet i umiddelbar nærhed af senderne, f.eks. i forbindelse med justerings- og reparationsarbejder.

I lang tid var det normalt i "Bundeswehr" at bruge radioaktiv selvlysende maling på radaranlæg, f.eks. for at kunne aflæse instrumenter i mørke. Strålebelastninger kan i så tilfælde især være opstået i forbindelse med ubeskyttet omgang som følge af det utilsigtede indtag af partikler ved slugning eller ved indånding.

Med udgangspunkt i denne viden om den potentielle risiko har syge, for det meste tidligere soldater hos "Bundeswehr" og "Nationale Volksarmee" samt civil ansatte, som har arbejdet på radaranlæg, indgivet ansøgninger om anerkendelse af en erhvervsbetinget sygdom. Hvorvidt disse ansøgninger er begrundede, det vil sige hvilke ekspositioner hvilken person har været udsat for og om denne eksposition i givet fald har været tilstrækkelig til, at der retrospektivt er tale om en eksposition, der var udløser af en sygdom, kan principielt kun bestemmes individuelt for den enkelte person. Dette forudsætter, at der foreligger og at der kan fremlægges tilstrækkeligt med informationer om arbejdsbetingelserne.

Endvidere kan der afhængigt af de potentielle tidligere belastninger dannes persongrupper. Grundlaget for at danne disse persongrupper er, at der foreligger viden om ekspositioner over for uønsket røntgenstråling, radioaktive stoffer og højfrekvensstråling.

Efter at der havde været kritik af myndighedernes behandling af ansøgningerne, nedsatte det tyske forsvarsministerium i 2000 et arbejdssteam under ledelse af dr. Theo Sommer, som skulle undersøge, hvorledes "Bundeswehr" håndterede risici og farlige stoffer. De procedurer, som arbejdssteamet foreslog i delrapporten "Radar" blev efter de ansøgende personers mening ikke ført ud i livet i tilstrækkeligt omfang. Forsvarsudvalget i den tyske Forbundsdag bad derefter "Bundeswehr" om at nedsætte en ekspertkommission, der skulle tage sig af spørgsmålet om risikoen som følge af stråling i tidligere radaranlæg tilhørende "Bundeswehr" og "Nationale Volksarmee" (Radarkommission). Den skulle bidrage til en afklaring af de tidligere arbejdspladsforhold med inddragelse af de allerede foreliggende mellemresultater og afgive en ekspertudtalelse vedrørende belastningsværdierne, som skal lægges til grund i sagerne vedrørende erhvervsbetingede sygdomme, og i givet fald bearbejde yderligere og ny viden om de sundhedsmæssige følger af strålebelastningen fra radaranlæg, samt fastlægge det videnskabelige stade med hensyn til muligheden for en sundhedsrisiko som følge af ioniserende stråling og HF-stråling og undersøge de medicinske aspekter ved stråleskader.

Kommissionen koncentrerede sig om vurderingen af de respektive myndigheders fremgangsmåde i de hidtidige sager. I den forbindelse blev det især undersøgt, hvorledes der blev gået til værks med hensyn til synspunkterne om risikovurderingens konformitet og videnskabens stade og fremgangsmådens rigtighed respektive plausibilitet i betragtning af den eksisterende usikkerhed med hensyn til rekonstruktionen af de ekspositioner, som til dels ligger årtier tilbage: Kommissionen har til det formål analyseret et stort antal data, dokumenter og videnskabelige publikationer, samt afholdt en række høringer med repræsentanter "Bund zur Unterstützung Radargeschädigter e.V." (Sammenslutning til støtte for radarskadede personer).

Resultaterne af kommissionens arbejde vil blive fremlagt i det følgende:

2 UØNSKET RØNTGENSTRÅLING

2.1 HVORDAN OPSTÅR UØNSKET RØNTGENSTRÅLING I RADARANLÆG

For at kunne drive radaranlæg er det nødvendigt at have sendere med høje udgangseffekter, som igen opnås ved at have komponenter med høje spændinger. På grund af halvlederens meget begrænsede spændingsstyrke er der indtil i dag ofte stadig blevet brugt rør, som kører med spændinger på op til flere gange 10 kV, i enkelte tilfælde sågar op til 265 kV (klystron TV2030 i radaranlægget MPR [AG Radar 2002 a]), for at opnå den nødvendigt høje højfrekvent (HF) udgangseffekt.

I årtier har man både i pulsradaranlæg og i CW-radaranlæg i overvejende grad brugt magnetronrør og klystronrør som senderør. I disse senderørs triggeranordninger anvendes der brint-thyratroner (f.eks. 5949) som hurtige højeffektrør samt dioder (f.eks. 8020) som ensrettere eller til begrænsning (clipperdioder) af uønskede signaldele (oversving).

I modsætning til røntgenrørene på det medicinske og tekniske område opstår der røntgenstråling som et uønsket biprodukt fra radaranlæggenes senderør og "Schaltröhre" (engelsk: switching tubes). Rent formelt taler man her om uønsket stråling i henhold til røntgenforordningen fra 1973.

I disse senderør eller "switching tubes" accelereres de frie elektroner, som dannes af en termisk emission eller i sjældnere tilfælde af feltemission, af den påtrykte højspænding. Røntgenstrålingen er resultatet heraf, hvis elektroner med stor kinetisk energi rammer et gitter, en metal-anode eller andre rørkomponenter (tidsmæssigt omdannes den største del af elektronenergien dog til varme). Røntgenstrålingens maksimalenergi begrænses af elektronernes maksimale kinetiske energi og ligger med nogle få undtagelser på under 40 keV i radaranlæggenes komponenter med uønsket stråling og som anvendes i "Bundeswehr" samt i den "Nationale Volksarmee".

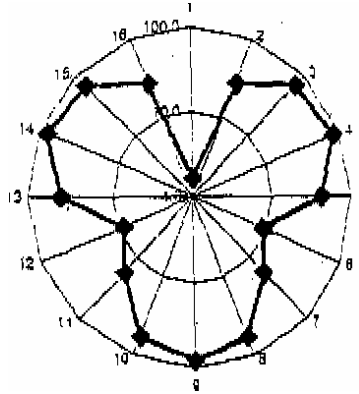
Røntgenstrålingens spektrale fordeling påvirkes af det materiale, som elektronerne rammer. Røntgenstrålingen er sammensat af karakteristisk røntgenstråling med blød stråling samt et kontinuerligt røntgenbremsestrålingsspektrum, som omfatter det samlede energiområde på mellem 0 og maksimalenergien for de dannede elektroner. Med hensyn til praktisk strålingsbeskyttelse ved radarinstallationer er røntgenbremsestrålingen dominerende i forhold til den karakteristiske røntgenstråling [Anger 1988]. Spektret og intensiteten af den stråling, der slipper ud af kabinettet, påvirkes derudover kraftigt af fotonernes vekselvirkning med kabinettets indkapsling. På den måde har de magnetroner, der har en massiv metal-væg (permanente magneter) som regel ringere dosishastigheder ved væggen end thyratronrør, som især i 50'erne til 70'erne havde en forholdsvis tynd indkapsling af glas. Klystronrørene er så godt som fuldstændigt afskærmede mod emission af røntgenstråling på grund af tilstrækkeligt tykke metal- og keramikolber, og delvist på grund af magnetiseringsspoler og vandkapper. Mulige utætheder kunne opstå ved elektrode-indkapslingerne af glas.

På baggrund heraf opstår der oftest kun et snævert begrænset strålebunt og radartechnikerne udsættes som regel kun for en delkropsbestråling. Nedenstående illustration 2-1 viser dette tydeligt. Det drejer sig om en optagelse af en uønsket stråling, foran senderen i et HAWK-PAR radaranlæg.

*Figur 2-1: Optagelse af uønsket stråling foran HAWK-PAR radaranlæggets sender.
(Oversætterkommentar: Billedet i den tyske udgave af rapporten er helt sort)*

Af ovennævnte årsager er den pågældende komponents dæmpning af strålingen et af de vigtigste parametre for en rumlig fordeling af strålefeltet, og derfor kan selv små ændringer ved rørene medføre store ændringer af strålingsintensiteten.

Figur 2-2 viser de konstruktive egenskabers påvirkning af udstrålingskarakteristikken for et thyatronrør af typen JAN 5949 A. Monte-Carlo-beregningerne viser dosishastighedsforholdene i xy-niveau omkring rørene på højde med anoden. Her ses de tre strålefelter tydeligt i metalafskærmningen omkring dette rørs anode [TÜV 2002]



Figur 2-2 : Dosishastigheden i xy-niveauet på højde med JAN 5949A rørets anode i logaritmisk afbildning (rel. enheder).

I modsætning hertil har thyatronrøret 5C22 (Figur 2-3) ingen vinkelafhængige åbninger omkring anoden, hvilket medfører en udstrålingskarakteristik, der er rotationssymmetrisk i forhold til rørets akse (jf. [TÜV 2002]).

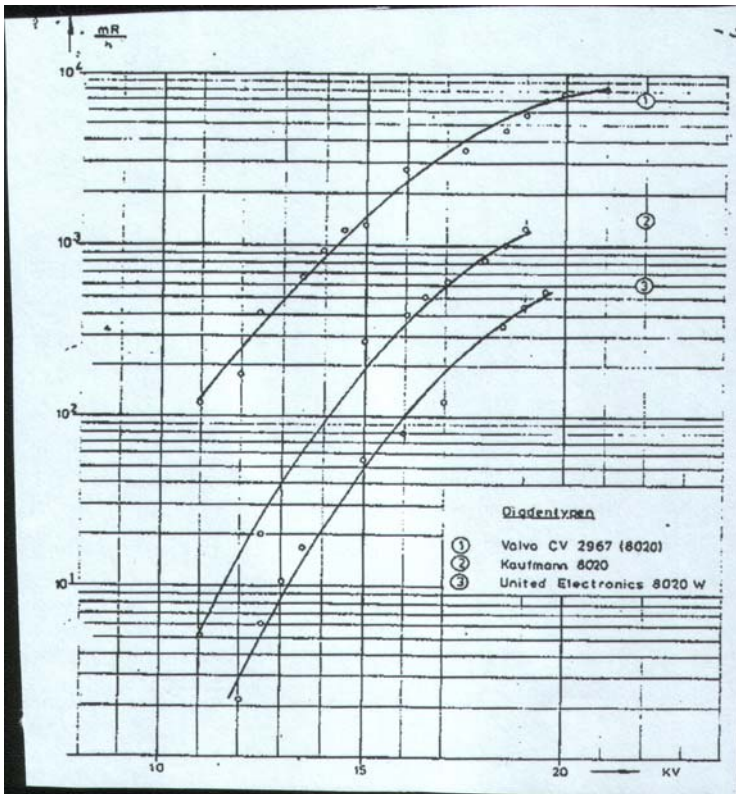
Figur 2-3: Thyatronrør 5C22
(Oversætterkommentar: Billedet i den tyske udgave af rapporten er helt sort)

Med illustrationerne 2-4 ses meget tydeligt, at der for dioden 8020 i den derværende udførelse (vinduet ved anoden) skal regnes med en anisotrop udstrålingskarakteristik. Radarkommissionen fik dog også forelagt dioder af denne type (8020 W, figur 2-5), som ikke har sådanne spalter.

Figur 2-4: Diode 8020 (udsnit)
(Oversætterkommentar: Billedet i den tyske udgave af rapporten er helt sort)

Figur 2-5: Diode 8020 W (udsnit)
(Oversætterkommentar: Billedet i den tyske udgave af rapporten er helt sort)

Derfor kan detaljerede forskelle i konstruktionen eller forskellige placeringer af komponenten med uønsket stråling i et radaranlæg medføre meget store forskelle med hensyn til ekspositionssituationen. For eksempel kan de to ovennævnte rørtyper alternativt anvendes i samme radarinstallation, hvilket ydermere vanskeliggør reproducerbarheden af tidligere radiologiske forhold (jf. figur 2-6).



Tekst i graf: Diodetyper
 1) Valvo CV 2967 (8020)
 2) Kaufmann 8020
 3) United Electronics 8020W

SGR 103

Dosishastighedens afhængighed af amplituden for den positive impuls på dioderne AB 2, AB 3, afstand 30 cm

Figur 2-6 : Dosishastighedens spændings- og typeafhængighed ved clipperdioder

Når røntgenstrålingen trænger igennem væggenes materiale dæmpes røntgenstrålingen, men den bliver også hårdere. Dette betyder at strålingens energispektrum som følge af en foretrukken absorption af lav-energetiske fotoner forskydes tættere mod strålingens fysiske fastsatte maksimalenergi .

Strålingens spektrale fordeling er et væsentligt parameter til bedømmelsen af mulige sundhedsskader, da den bestemmer fotonernes indtrængningsdybde i det menneskelige væv og dermed dosisdybden. I forbindelse med Radarkommissionens høring af sagkyndige den 24.01.2003 vedrørende målingen af den stråling, der kommer fra komponenter med uønsket stråling på radaranlæg, blev det fastslået at ladespændingen måtte forhøjes inden for bestemte grænser for at sikre radarsenderens konstante hastighed på grund af komponenternes stigende alder. Dette medførte situationer, ved hvilke røntgenstrålingens indtrængningsevne blev øget, og der opstod forhøjede dosishastigheder.

Principielt fastlægges strålingens intensitet (fotonenergien) for alle komponenter ved hjælp af antallet af elektroner, som kan fremkalde en emission af fotoner med en tilstrækkelig høj energi pr. tidsenhed ved vekselvirkning med et materie. På den måde er strømstyrken i en komponent i forbindelse med påtrykning af højspænding på mindst flere kV direkte proportionalt med strålingens intensitet. Med hensyn til "switching tubes" kan røntgenstrålingens emission principielt kun finde sted i forbindelse med "switching". Er et thyatronrør gennemforbundet, emitteres der ingen røntgenstråling, da spændingen, der er påtrykt i komponenten, på grund af den ringere indre modstand er for lav i den ledende tilstand. Mulige

Rapport fra den tyske Radarkommission

røntgenstrålingsemissioner fra det lukkede thyatronrør blev vurderet til at stamme fra de termiske effekter [Schneider et al. 1955]. Derfor kan kommissionen ikke udelukke, at der også kan forekomme emissioner af uønsket røntgenstråling fra thyatronrøret uden for de egentlige ”switching”.

Med hensyn til accelerationsspændingen er der ingen proportionalitet i forhold til dosishastigheden. For det første er strålingen fra en ufiltreret røntgenstrålingskilde proportional med accelerationsspændingens kvadrat. Derudover betyder dæmpningen af røntgenstrålingens stærke energiahængighed ved indtrængningen gennem et materiale, at energidosishastigheden kan stige eksponentielt med spændingen på ydersiden af komponenten, der udsender uønsket stråling [Anger 1988]. For de undersøgelser [TÜV 2003], som blev iværksat af Radarkommissionen, blev dybdedosishastigheden, som blev forøget med faktor 40, beregnet på baggrund af Monte-Carlo-beregninger af det allerede nævnte thyatronrør JAN 5949 A ved en forøgelse af højspændingen med 25% i forhold til mærkespændingen.

For søværnets radaranlæg (f.eks. SGR-103) blev clipperdioderne identificeret som kraftige kilder, der udsender uønsket stråling. Da disse dioder anvendes til at begrænse uønskede signaler, er det for disse af stor betydning, hvor godt den komplette ”switch” er afstemt, dvs. hvor megen energi der konkret omsættes til HF-stråling. De ikke nyttige dele af den frembragte energi er bestemmende for røntgenstrålingens mulige emission.

Clipperdioderne anvendes til at omsætte effektpulsens overskydende energi, som opstår som inverst oversving, til varme. I den forbindelse dannes der spændinger på højde med effektpulsen (eller højere) - ved meget lave strømme. En model, der er blevet udviklet af Radarkommissionen, viser hvorledes den uønskede røntgenstråling opstår, idet denne emitteres under sendeimpulsen, dvs. i den fase, hvor dioden egentlig skulle spærre, da der er påtrykt negativ spænding. Under det (inverse) oversving er dioden gennemforbundet og der kan derfor kun være påtrykt ringe forholdsmeæssig lav spænding, som ikke er nok til at danne nævneværdig røntgenstråling. Ifølge denne model opstår røntgenstrålingen kun, hvis diodens anode har den temperatur, der er nødvendig for elektronernes emission (mindst let rødglødende). Denne opstår gennem den tabeffekt, der er forbundet med tilsvarende strømme ved større fejltilpasninger. Det er derfor forståeligt at der ved en god tilpasning ikke blev målt røntgenstråling fra clipperdioden. En anden plausibel årsag til, hvorfor der opstod sådanne høje dosishastigheder på clipperdioden på SGR-103, er, at dette udstyr (i modsætning til for eksempel SGR-105) er karakteriseret ved, at senderen har en dårlig tilpasning.

Tilsvarende sammenhænge mellem fejltilpasninger på radarinstallationerne og dosishastigheden blev behandlet af det tyske søværn i slutningen af 70'erne [BW 1977] samt i delrapporter fra AG Radar [AG Radar 2002 b].

Radaranlæggets pulslængde udgør et yderligere parameter, som har indflydelse på emissionen af den uønskede røntgenstråling [Maguire 2002]. Protokoller for målinger på søværnets radaranlæg [Eltro 1976] beviser, at dosishastigheden for den uønskede røntgenstråling lå betydeligt højere under drift med længere pulser end i tilfælde af drift med kortere pulser. Forøgelsen af den uønskede stråling ved thyatronrøret med en stigende pulslængde kan skyldes, at effektpulsens stigningsflanke bliver mindre stejl ved stigende pulslængde. Med en stigende pulslængde stiger også stigningsflankens længde (varighed) og dermed varigheden af den uønskede stråling.

2.2 FORSKRIFTER TIL BESKYTTELSE MOD UØNSKET RØNTGEN-STRÅLING I ”BUNDESWEHR” OG ”NATIONALE VOLKSARMEE”

2.2.1.1 ”Bundeswehr”

Indtil røntgenforordningen trådte i kraft den 1. marts 1973 var der i Forbundsrepublikken Tyskland ikke lovmæssigt reguleret omkring beskyttelsen mod røntgenstråling fra anlæg, som blev drevet med henblik på at producere denne stråling¹, som f.eks. radaranlæg. „Forordningen til beskyttelse mod skader som følge af

Rapport fra den tyske Radarkommission

røntgenstråler og radioaktive stoffer i ikke-medicinske virksomheder" (Røntgenforordning) fra 7. februar 1941 (RGBL I side 88) var ikke gældende for dette område. Man må konstatere, at det samme gjaldt for den Første strålebeskyttelsesforordning fra 24. juni 1960 (og efterfølgende udgaver), som kun regulerede omgangen med stråling fra radioaktive stoffer.

Alligevel blev der i "Bundeswehr" og på dets ordre allerede i slutningen af 50'erne gennemført undersøgelser af stråleekspositionen hos personellet ved radaranlæg som følge af røntgenstråling, bl.a. "Bayerische Landesinstitut für Arbeitsschutz" (1958) (Arbejdsmiljøinstitutet i Bayern) og "Fernmeldetechnisches Zentralamt" (Telekommunikationshovedkontor) i Darmstadt. Med den centrale tjenesteforskrift (ZDv 44/20) blev der i 1958 udstedt en forskrift til beskyttelse af personellet ved radaranlæg, som bl.a. henviser til, at ved større udstyr med en impulseffekt på 5 MW og mere ved senderørene kan der også opstå røntgenstråler, og foreskriver beskyttelsesforanstaltninger ved arbejde på åbnede sendere (blyafskærmninger) [BMVg 1958].

Endvidere har "Deutsche Gesellschaft für Ortung og Navigation e.V." (Tysk selskab for pejling og navigation) i 1962 med hjælp fra det tyske forsvarsministerium udfærdiget et cirkulære, som bl.a. også omhandler beskyttelsen mod røntgenstråling ved rør i radaranlæg². I dette cirkulære behandles der konkrete beskyttelsesforanstaltninger, som beregning af dosishastigheden på arbejdsstedet, oprettelse af kontrollerede områder, udnævnelse af strålebeskyttelsesansvarlige og belæring af personellet. Som vurderingsgrundlag – i mangel af en specifik retsforskrift – blev det anbefalet at bruge Euratom-grundstandarden fra 2. februar 1959 (Ableg 1959, side 221) og den første strålebeskyttelsesforordning fra 24.06.1960 og lægge dem til grund ved senere vurderinger, sådan som det fremgår af en rapport om strålebeskyttelsesmålinger på radaranlæg på skolefregatten „Scheer" fra 1963.

Konkrete henvisninger til, at der på grundlag af disse tidlige forskrifter og anbefalinger samt af de gennemførte undersøgelser virkeligt blev indført beskyttelsesforanstaltninger, har Radarkommissionen ikke fundet frem til i forbindelse med studiet af en række strålebeskyttelsesrapporter og med de gennemførte høringer. De – spredte – undersøgelser, der blev indledt i slutningen af 50'erne blev afsluttet i 1964. Dette fremgår af en skrivelse fra det tyske forsvarsministerium (T III 7) til „Bundesamt für Wehrtechnik og Beschaffung" (Forbundskontoret for forsvarsteknik og anskaffelse) fra 04.03.1964, hvori der instrueres om at indstille de pågældende undersøgelser, da det som resultat af disse er slået fast, at der ikke er nogen risiko for personellet.

Radarkommissionen har inden for rammerne af høringerne modtaget modstridende oplysninger om, hvorvidt radarpersonellet er blevet informeret om risiciene i form af relevant belæring, sådan som det allerede er blevet konstateret i rapporten fra arbejdsteamet under ledelse af dr. Sommer. Det tyske forsvarsministerium henviste i forbindelse med høringerne i det væsentligste til de oven for anførte dokumenter og til, at radar-soldaterne inden for rammerne af uddannelsen og ved regelmæssig belæring er blevet informeret om risiciene ved radaranlæg, og herunder også om uønsket røntgenstråling. Dette blev dog under høringerne, til dels meget ihærdigt, modsagt af en række berørte personer, som for det meste havde arbejdet på radaranlæg i de meget tidlige år. Her kan der have været forskelle afhængigt af våbensystem og især af tidspunktet. Kommissionen er ikke bekendt med indholdet og kvaliteten af sådanne belæring, hvis de har fundet sted. Dokumentation herfor tilintetgøres ifølge en medarbejder i det tyske forsvarsministerium (i overensstemmelse med reglerne i røntgenforordningen)- normalt efter 5 år. Som resultat af en diskussion i forbindelse med en af høringerne (NASARR) fik kommissionen fra det tyske forsvarsministerium ganske vist forelagt materiale, som dokumenterer, at strålebeskyttelsesbelæringerne blev gennemført i en enhed fra 1970. Indholdet af belæringerne begrænsede sig dog til „Oplysninger med henblik på det praktiske arbejde i forbindelse med omgangen med radioaktive stoffer" (Med henvisning til første strålebeskyttelsesforordning, se kap. 3).

1 Til det formål indførtes begrebet „Röntgenstrahler" (komponent, der udsender uønskede røntgenstråler) sammen med røntgenforordningen i 1973

2. oplag 1966

Alt i alt har kommissionen fået det indtryk, at den opmærksomhed, som man i "Bundeswehr" indtil slutningen af 1975 har givet problemet røntgenstråling, ikke har været meget stor. For at illustrere dette skal bemærkes, at en undervisningsfilm om sikkerhedsbestemmelserne ved våbensystemet HAWK, der formodentlig er produceret i slutningen af 60'erne eller i starten af 70'erne³, ganske vist indeholder oplysninger om beskyttelse mod konventionelle risici som højspænding, brand og HF-stråling, men intet om risikoen fra røntgenstråling⁴. Advarselsskilte mod farlig stråling, som f.eks. var anbragt på emballagen til bestemte rør til NASARR, var, som det ved den pågældende høring samstemmende blev sagt af repræsentanter fra "Bundeswehr" og de berørte personer, møntet på de radioaktive stoffer (Cs-137), der var inde i rørene og ikke på røntgenstrålingen.

Lovmæssig regulering for komponenter med uønsket stråling i røntgenforordningen af 1973

I røntgenforordningen (RöV) af 1. marts 1973 (BGBl. I side 173) reguleres der for første gang i Forbundsrepublikken Tyskland om strålebeskyttelse for komponenter, der udsender uønsket stråling. Forordningen anvendes på drift af komponenter med uønsket stråling i forbindelse med vedligeholdelse og istandsættelse. Med anordningen i ministerialtidende fra forsvarsministeriet (VMBI) 1973 side 373 blev røntgenforordningen også bindende for "Bundeswehr". Nedenfor gengives nogle reguleringer fra røntgenforordningen i udtog:

• Beskaffenhedskrav

Komponenter med uønsket stråling må kun bruges uden tilladelse, hvis komponenten, der udsender uønsket stråling, er typegodkendt eller spændingen til acceleration af elektronerne ikke overstiger 20 Kilovolt (kV) samtidig med at dosishastigheden på stedet ved en afstand på 0,05 m fra overfladen ikke overstiger 0,5 mR/h (5 µSv/h). Desuden skal der på komponenten, der udsender uønsket stråling, gøres opmærksom på, at der produceres røntgenstråler og at spændingen til acceleration af elektronerne ikke må overskride de maksimalværdier, som producenten eller importøren har angivet.

I henhold til overgangsbestemmelserne i røntgenforordningen må komponenter, der udsender uønsket stråling, med en spænding på op til 20 kV dog køre videre uden tilladelse, også selvom forudsætningerne for beskaffenheden ikke var opfyldt. Komponenter, der udsender uønsket stråling, med en spænding på mere end 20 kV måtte ligeledes køre videre, hvis disse anlæg var indberettet til den kompetente myndighed 6 måneder efter røntgenforordningens ikrafttræden.

• Forudsætninger for godkendelsen

Den som har komponenter (ejere), der udsender uønsket stråling, hvor de ovennævnte krav til beskaffenheden ikke er opfyldt, har brug for en godkendelse. Foranstaltninger fastlægges inden for rammerne af godkendelsesproceduren af de kompetente myndigheder, f.eks. indretning af kontrollerede områder, opsætning af afskærmninger, begrænsning af opholdstiden eller gennemførelse af persondosimetri. Kontrollerede områder skal indrettes, afgrænses og mærkes, hvis personer får en højere ækvivalensdosis end 1,5 rem (15 mSv) i løbet af et kalenderår. Ved ophold i kontrollerede områder skal alle personer have tilstrækkelig beskyttelsesbeklædning mod røntgenstråling på, medmindre en permanent ordning sikrer tilstrækkelig beskyttelse.

3 Stillet til rådighed af „Bund zur Unterstützung Radargeschädigter e.V.“ (Sammenslutning til støtte for radarskadede personer), nøjagtig produktionsperiode ukendt

4 Ej heller oplysninger om mulige risici som følge af radioaktiv selvlysende maling

- **Forskrifter til begrænsning af stråleekspositionen**

Hos en erhvervsmæssigt stråleeksponeret person må den højst tilladelige dosis, som forårsages af en komponent, der udsender uønsket stråling, og som kræver godkendelse, ikke overstige 5 rem (50 mSv) på et kalenderår og den højst tilladte dosis på hænder, underarme, fødder og ankler må ikke overstige 60 rem (600 mSv) på et kalenderår. For andre personer, som på grund af deres arbejde lejlighedsvis opholder sig i kontrollerede områder, uden at have noget med godkendelsespligtige komponenter at gøre, der udsender uønsket stråling, må den ækvivalentdosis, der optages over et år højst andrage 1,5 rem (15 mSv).

- **Måling af persondosen**

I henhold til røntgenforordningen skal persondosen måles på personer, som opholder sig i det kontrollerede område. Målinger af persondosen skal foretages på bagdelen; såfremt der bæres beskyttelsesbeklædning skal målingen foretages under denne. Er nogle dele af kroppen særligt udsat for strålingen, skal målingerne også foretages på disse steder. Ejeren af de godkendelsespligtige komponenter, der udsender uønsket stråling, skal opbevare resultaterne af disse målinger i 30 år og på forlangende give de berørte personer meddelelse derom. Hvis der ikke gennemføres målinger med officielle dosimetre eller målingerne er fejlbehæftede, skal den kompetente myndighed fastsætte en erstatningsdosis. (oversætterkommentar: de tyske myndigheder opererer med et begreb "Ersatzdosis, som tages i anvendelse ved fejlbehæftet eller undladt måling af ekspositionen. Rette myndighed så fastlægge en „erstatningsdosis“ i stedet for den fejlbehæftede eller udeladte måling; de nærmere bestemmelser herfor er fastsat i den tyske strålebeskyttelsesforordning og i røntgenforordningen) I begrundede tilfælde kan erstatningsdosen fastsættes ud fra et skøn.

I henhold til Radarkommissionens oplysninger har røntgenforordningens ikrafttræden i "Bundeswehr" ikke umiddelbart ført til konsekvenser med hensyn til strålebeskyttelsen mod komponenter, der udsender uønsket stråling, eller ført til en stigende bevidsthed omkring problemet. I et forvaltnings- og meddelelsesblad (VMBl) fra 1973 har "Bundeswehr" ganske vist erklæret, at røntgenforordningen også gælder for "Bundeswehr", og har offentliggjort dens ordlyd og adviseret en gennemførselsbestemmelse. Den første gennemførselsbestemmelse til røntgenforordningen for "Bundeswehr" kom først i et forvaltnings- og meddelelsesblad i 1977.

Som ovenfor beskrevet var det på grundlag af overgangsbestemmelserne kun sådanne radaranlæg, der var underlagt røntgenforordningens bestemmelser, som udviste driftsspændinger større end 20 kV eller som var sat i drift efter 1. september 1973. Dermed faldt en del af radaranlæggene i første omgang uden for indgreb som følge af røntgenforordningen.

Dog giver de papirer, som Radarkommissionen har fået forelagt, ingen oplysninger om, at der i det mindste for anlæg med driftsspændinger på mere end 20 kV var taget de nødvendige foranstaltninger, sådan som det havde været nødvendigt for en betragtelig del af de radarsystemer, der på daværende tidspunkt var i drift i "Bundeswehr". De pågældende anlæg skulle have været anmeldt til kompetente myndighed senest den 28. februar 1974, som så ville have foranlediget de pågældende foranstaltninger, så som indledning af en godkendelsesprocedure, gennemførelse af strålebeskyttelsesmålinger, fastlæggelse af kontrollerede områder og af persondosimetrisk overvågning.

Bundeswehr manglede på dette tidspunkt også forudsætninger for at gennemføre de nødvendige målinger. I et notat om en undersøgelse af nødstilfælde i forbindelse med episoderne på marinearsenalet i Wilhelmshaven den 18. maj 1976 står der:

„Den meget nødvendige måletekniske undersøgelse af alle anlæg med farlig stråling kan p.t. ikke gennemføres i nødvendigt omfang, da "Bundeswehr" mangler både de personelle og de materielle forudsætninger herfor”.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Det var først episoderne i marinearsenalet i Wilhelmshaven, der dannede udgangspunkt for, at man begyndte at analysere og tage stilling til risiciene som følge af uønsket røntgenstråling på radaranlæg i det tyske forsvar. I anledning af to dødsfald og mistanken om, at sygdommene (leukæmi, mavekræft) kunne stå i årsagssammenhæng med en eksposition for uønsket røntgenstråling i radaranlæg, blev der gennemført målinger på søværnets radaranlæg (SGR-103), som til dels viste ekstremt høje værdier for dosishastigheden på stedet.

Som reaktion på disse alarmerende undersøgelser blev der – afhængigt af radaranlægget – trinvist foreslået og gennemført konkrete beskyttelsesforanstaltninger, som f.eks. oprettelse af kontrollerede områder, afskærmningsforanstaltninger, fastlæggelse af strålebeskyttelsesovervågning, belæring af radarpersonellet. Parallelt hermed blev der med oprettelsen af de to strålingsmåleinstanser (nord og syd) skabt de tekniske og personalemæssige forudsætninger for gennemførelse af de nødvendige undersøgelser i "Bundeswehr".

Alt i alt varede processen flere år. Udover de omfattende foranstaltninger hos søværnet, som i det væsentligste blev gennemført i årene 1976 - 1978, skal der som eksempel gøres opmærksom på en ordre om at bære blyforklæder ved arbejde på den tændte sender i et PAR-radaranlæg i våbensystemet HAWK fra 30.11.1981 samt på indførelsen af bly-beskyttelsekapper til komponenterne med uønsket stråling ved arbejde på NASARR (uden for flyet) fra nogenlunde samme tidspunkt.

Ved høringerne blev det tydeligt, at de berørte radarteknikere for det meste først blev bevidste om betydningen af strålebeskyttelsen ved komponenter med uønsket stråling i forbindelse med indførelse af sådanne konkrete beskyttelsesforanstaltninger og i forbindelse med, at medarbejdere fra strålingsmåleinstanserne begyndte at gennemføre målinger på deres arbejdspladser.

Røntgenforordningen fra 1987

Røntgenforordningen fra 1973 blev i 1987 (BGBl. I s. 114) og i 2002 (BGBl. I s. 1869) afløst af nye røntgenforordninger, i hvilken forbindelse kravene til komponenter, der udsender uønsket stråling, ikke blev ændret væsentligt. Ganske vist blev værdien 0,5 mR/h (5 µSv/h) i 0,05 m fra overfladen udskiftet med værdien på 1 µSv/h i 0,1 m afstand fra overfladen. Desuden er overgangsordningen i henhold til røntgenforordningen fra 1973 bortfaldet, således at alle komponenter, der udsender uønsket stråling, nu skal opfylde kravet til beskaffenheden eller være underlagt godkendelsespligt. Disse krav er anført i tjenesteforskriften ZDv44/510 „Strålebeskyttelse - røntgen, laser, elektromagnetiske felter" fra maj 1989, i hvilken forbindelse der nu også er fastlagt konkrete foranstaltninger i denne tjenesteforskrift til, hvordan disse krav gennemføres i forbindelse med driften af radaranlæg.

Radarkommissionen kunne inden for de tidsmæssige rammer, den havde til rådighed, ikke danne sig et omfattende billede af realiseringen af forskrifterne i henhold til den nye lovgivning i 1987. Men alene takket være den tekniske udvikling som f.eks. rør med keramikkappe eller udskiftning af disse med halvlederkomponenter er der indtrådt tydelige forbedringer. I forbindelse med besigtigelserne blev der til dels også set på mere moderne udstyr, hvor de eksisterende komponenter, der udsender uønsket stråling, konstruktivt var godt afskærmede. Både nyt såvel som ældre udstyr (HAWK) var forsynet med advarselsskilt mod ioniserende stråling.

Alt i alt bekræftede deltagerne i høringerne over for kommissionen, at strålebeskyttelsen på radaranlæg er blevet tydeligt forbedret siden 70'erne og 80'erne og at der i mellemtiden er en tilsvarende bevidsthed om problemet blandt de radarteknikere, der arbejder på anlæggene.

Persondosimetrisk overvågning af radarteknikere

Det er af særlig betydning for Radarkommissionens problemstilling, om og på hvilken måde man retrospektivt kan finde frem til de berørte personers stråleeksposition. Standardmetoden til beregning af

Rapport fra den tyske Radarkommission

kropsdosen inden for strålebeskyttelse, som i henhold til røntgenforordningen har været krævet på bestemte arbejdspladser siden 1973, er den persondosimetrisk overvågning. Radarkommissionen har derfor været særlig opmærksom på spørgsmålet, om og i hvilket omfang persondosimetrisk overvågning er gennemført på personel ved radaranlæg.

En sådan forespørgsel blev rettet til forsvarsministeriet, og den blev besvaret på den måde, at der i de 3 forsvarsregioner findes konkrete oplysninger om persondosimetrisk overvågning af radarpersonellet, nemlig i det væsentligste i forsvarsregion Nord.

I høringerne er der dog yderligere blevet henvist til, at der på forskellige tidspunkter og med forskellig varighed blev gennemført persondosimetrisk målinger i forbindelse med radaranlæg, dels også allerede i slutningen af 60'erne, således eksempelvis på NASARR. Derimod var ingen af deltagerne i høringerne vedrørende HAWK bekendt med tilsvarende målinger på dette våbensystem.

Der har åbenbart i forbindelse med episoderne i marinearsenalet i midten af 70'erne fundet en intensiv diskussion sted omkring spørgsmålet om persondosimetrien, i særdeleshed med spørgsmålet om de forskellige dosimetertypers egnethed.

Af de fremlagte papirer [BWB 1976] fremgår det, at der med det samme skulle finde persondosimetri sted med officielle filmdosimetre og egnede stavdosimetre. Dette er gennemført siden den 01.10.1976. Endvidere blev egnetheden af termoluminescens-dosimetre (TLD) diskuteret. Høringen den 12. marts 2003 i Hengelo i forbindelse med en besigtigelse af søgeradaren SGR 103 viste, at senderrummet, hvor SGR 103 og 105 befandt sig, fra 1976 ind til gennemførelsen af de tekniske strålebeskyttelsesforanstaltninger, som blev afsluttet i 1981 med afskærmning og indførelse af halvlederdiode, var kontrolleret område.

I forbindelse med analysen af 42 persondosimetre indtil marts 1978 blev der ikke konstateret doser over dokumentationsgrænsen på 40 mrem (400 μ Sv). Efter at ændringen af anlæggene ombord på skibene var afsluttet, blev den persondosimetrisk overvågning af denne personkreds (film- og stavdosimeter) indstillet med skrivelse fra søværnets støttekommando af 24.05.1978. Udspørgningen under høringen vedrørende SGR-103 gav, at filmdosimetrien blev gennemført helt frem til 1981 i det mindste i arsenalet i Wilhelms-haven. Denne oplysning blev bekræftet med en fjernskrivermeddelelse fra 25.01.79, som indeholder en henvisning til den officielle strålingsmåleinstans for filmdosimetre i Hamborg, som tillader den slutning, at filmdosimetrien blev videreført inden for nogle områder af det tyske forsvar.

Nogenlunde samtidigt blev der i 1977 fremsat det forslag, at fingerringsdosimetrien med TLD skulle bruges som supplement til filmdosimetrien [MUKdo 1977]. Med skrivelse af 11.05.1978 rapporterede det militærvidenskabelige institut til „Bundesamt für Wehrtechnik“ (Forbundskontoret for forsvarsteknik), at der er blevet udleveret TLD-fingerringsdosimetre til 12 personer og at resultatet af et af disse dosimetre viste en dosis på 50 mR (500 μ Sv) for februar 1978 [WWD 1978]. I bilagene er der ikke rapporteret om en videreførelse af denne type dosimetri, alle udspørgninger inden for rammerne af de gennemførte besigtigelser bekræfter, at fingerringsdosimetrien praktisk talt ikke blev brugt.

I forbindelse med de negative resultater med filmdosimetrien skal der dog gøres opmærksom på, at på grund af de snævert begrænsede strålebundter er radarteknikerne i reglen kun udsat for delkropsekspositioner med begrænsede strålebundter (jf. afsnit 2.1). Målingen af persondosen med officielle dosimetre i dette geografisk uhomogene strålefelt er behæftet med store fejl. I den forbindelse er problemet at fastlægge det repræsentative sted på kroppen for persondosimetret. Der blev rapporteret herom allerede i 1955 i [Schneider 1955]. Dengang blev det konstateret, at personalet i et testlaboratorium i New Jersey på grund af forkert positionering af filmdosimetrene i brystområdet for det meste ikke fik registreret en persondosis, selvom personalet beviseligt havde været udsat for uønsket røntgenstråling.

Dette bekræftes sluttelig også af de gennemførte persondosimetrisk undersøgelser i ”Bundeswehr”. Selv ved kendskab til strålefeltet burde det være umuligt at placere dosimetret på den faktiske repræsentative

plads. Derfor er en fortolkning af de persondoser, der er beregnet i inhomogene strålefelter, altid problematisk.

Af papirene fremgår det, at det "Wehrwissenschaftliche Dienststelle für ABC-Schutz" (Forsvarsvidenskabeligt institut for ABC-beskyttelse) i "Bundeswehr" i 1976 helligede sig spørgsmålet, om der skal indrettes kontrollerede områder i nærheden af radaranlæg. De kom generelt til det resultat, at fastlæggelsen af et overvågningsområde i reglen er tilstrækkelig, men anbefalede dog en beregning af person- eller kropsdoser.

Også udspørgningen af de berørte personer inden for rammerne af de høringer, som kommissionen har gennemført, har bekræftet det indtryk, at kontrollerede områder efter 1976 i givet fald blev indrettet midlertidigt, indtil der blev gennemført tekniske strålebeskyttelsesforanstaltninger. De ovenfor beskrevne persondosimetriske foranstaltninger blev ikke anvendt konsekvent og fagligt tilstrækkeligt kompetent, ej heller for muligt risikopersonel. De er ikke i noget tilfælde konciperet og dokumenteret sådan, at der blot tilnærmelsesvist kan baseres en kropsdosisberegning derpå. Det kan på grund af de beskrevne principielle problemer med en repræsentativ persondosimetri generelt set ikke være nogen stor mangel, men i henseende til delkropsdosimetrien af hænderne ville en mere systematisk undersøgelse af mulighederne for fingerringdosimetri som overvågningsmetode have været passende.

2.2.2 "Nationale Volksarmee"

Strålebeskyttelsen ved driften af anlæg, hvor der som bieffekt opstår ioniserende stråling, har i DDR været reguleret siden 1964. Grundlaget for disse reguleringer var anbefalinger fra International Committee on Radiation Protection (ICRP), i hvilken forbindelse der blev taget hensyn til aftalerne omkring Euratomgrundstandarden af 2. februar 1959 (Ableg 1959, side 221).

For strålebeskyttelsen i forbindelse med driften af radaranlæg er følgende forordninger og bestemmelser af betydning: Forordningen om beskyttelse mod den skadelige påvirkning fra ioniserende stråling af 10. juni 1964 - strålebeskyttelsesforordningen - (GBI II Nr. 76, side 655), som blev revideret i 1969 (GBI II Nr. 99, side 627) og endnu engang fornyet i 1984 og offentliggjort som Forordning om sikring af atomsikkerhed og strålebeskyttelse af 11. oktober 1984 (GBI I nr. 30, side 325), og bestemmelsen om typegodkendelse af stråleanlæg, lukkede strålekilder og midler til sikring af strålebeskyttelse og nuklear sikkerhed fra 19. oktober 1988 (GBI I nr. 24, side 265). Disse strålebeskyttelsesforskrifter var umiddelbart gældende for "Nationale Volksarmee, og "Nationale Volksarmee" var selv ansvarlig for at realisere dem.

I strålebeskyttelsesforskrifterne fra DDR fandtes begrebet "Störstrahler" (komponent, der udsender uønsket stråling) ikke, i stedet brugtes betegnelsen „Anordninger, hvori der opstår ioniserende stråling som sideeffekt". De krav til radaranlæg, der er indeholdt i strålebeskyttelsesforskrifterne i DDR, adskiller sig kun uvæsentligt fra de, der på samme tid var foreskrevet i strålebeskyttelseslovgivningen i Forbundsrepublikken Tyskland.

Radarkommission har kun få oplysninger om realiseringen af strålebeskyttelsesforskrifterne og om strålebeskyttelsesforholdene i forbindelse med driften af radaranlæg.

Forsvarsministeriet har under påberåbelse af forsvarsregionsforvaltning Øst rapporteret til Radarkommissionen, at radarpersonellet ved "Nationale Volksarmee" hverken har båret filmdosimetre eller fingerringdosimetre og at der ikke foreligger noget materiale om persondosimetri. Dette blev principielt bekræftet under en høring. Soldaterne var kun udstyret med dosimetre, som med hensyn til dosimetrien kun var dimensioneret brug i tilfælde af atomkrig, og som ikke var egnet til beregning af ekspositionen med uønsket røntgenstråling. En af repræsentanterne for "Bundeswehr" (en tidligere officer i "Nationale Volksarmee") var bekendt med, at radarsoldater i hans tidligere enhed på individuelt initiativ i en kort periode havde båret filmdosimetre, uden at der dog blev påvist nogen stråleeksposition. I betragtning af de allerede ovenfor diskuteret problemer med denne overvågningsteknik er dette resultat dog ikke overraskende.

Informationer om risici som følge af uønsket røntgenstråling fandtes i det mindste for højere kvalificerede radarteknikere (f.eks. inden for rammerne af officersuddannelsen). Inden for rammerne af en høring redegjorde de to tidligere soldater i "Nationale Volksarmee" troværdigt, at de som rekrutter ikke havde fået belæring herom.

2.3 EKSISTERENDE MÅLINGER AF UØNSKET RØNTGENSTRÅLING I RADARANLÆG

Efter oprettelsen af de to strålingsmåleinstanser (Nord og Syd) i "Bundeswehr" i slutningen af 70'erne blev der i de følgende år på det tidspunkt vigtigste radarsystemer inden for værnene i det vesttyske forsvar gennemført målinger af dosishastighederne for de identificerede komponenter, der udsender uønsket røntgenstråling. Disse målinger sammenfattes for de enkelte radaranlæg af „Arbeitsgruppe Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar" (Arbeitsgruppe til afklaring af radar-arbejdspladsforholdene AG RADAR) i "Bundeswehr". Da radaranlæggene med få undtagelser er blevet skrottet, udgør disse gamle målinger det væsentligste grundlag for en rekonstruktion af ekspositionsbetingelserne for radarteknikerne på deres arbejdspladser. De kan dog bruges til det formål, hvis (a) måleværdierne ikke er misvisende som følge af systematiske fejl – f.eks. som følge af manglende anvendelse af egnede måleapparater -, og (b) driftsbetingelserne for de komponenter, der udsender uønsket stråling, og dermed de målte dosishastigheder på stedet også har været repræsentative for arbejdsbetingelserne i tiden før påbegyndelsen af målingerne.

Begge problemstillinger er blevet undersøgt af Radar kommissionen, og resultaterne er sammenfattet nedenfor.

2.3.1 Kvaliteten af målingerne af ioniserende stråling ved radaranlæg

Beskrivelse af de anvendte måleapparater

I tabel 2-1 er der for et udvalg af målerapporter [BMVg 2002 a] angivet de anvendte dosimetre og det antal målinger, der er gennemført med disse dosimetre. 212 af disse i alt 308 målinger er gennemført med stedsdosimetret TOL/E fra firmaet Berthold. I mange tilfælde med HF-versionen, som med undtagelse af metalafskærmningen af detektoren mod støj som følge højfrekvent (HF) stråling (f.eks. radar-stråling) er identisk med standardversionen [Berthold 1977]. Standardversion af dosimetret TOL/E er typegodkendt af „Physikalisch-Technische Bundesanstalt" (Statsanstalt for fysik og teknik) (PTB) [PTB 1977]. Dosimetret bruger et ionisationskammer som detektor. Kammeret har et lukket målevolumen og drives afhængigt af måleområdet med eller uden gasforstærkning. Den aktive del af sonden er ca. 12cm lang og har en diameter på ca. 3 cm. Dosimetret har et tilladt energiområde fra 8keV til 1300keV og et dosishastighedsområde fra 10 μ R/h (i Hx-versionen 0,1 μ Sv/h) til 3000R/h (i Hx-versionen 30Sv/h). I HF-version begynder energiområdet ifølge producentens angivelser [Berthold 1977] først ved en gennemsnitlig energi på ca. 9 keV, den øvre grænse for energiområdet og alle andre data er ens.

Tabel 2-1: Liste over dosimetre, som er brugt ved et udvalg af målerapporter [BMVg 2002a] samt de antal målinger, der er gennemført med disse dosimetre.

Dosimeter	Antal målinger	Detektortype
TOL/E	20	Ionisationskammer
TOL/E-HF	190	Ionisationskammer
TOL/E-LB	2	Ionisationskammer
Tællerør	12	Tællerør
FH 40 T / FHZ 72	7	Geiger-Müller-tællerør
Andre	13	-
Ikke oplyst	64	-
Ialt	308	

Ved yderligere 19 målinger blev der anvendt tællerørsdosimetre, delvist uden angivelse af type, delvist benævnt som type FH 40 T / FHZ 72 – et dosimeter fra det tidligere firma FAG Kugelfischer, som nu hedder ESM Eberline Instruments Strahlen- und Umweltmesstechnik GmbH [FAG 1986]. Dette apparat er ligeledes typegodkendt af „Physikalisch-Technische Bundesanstalt“ (Statsanstalt for fysik og teknik) (PTB) [PTB 1985]. Det har et Geiger-Müller-tællerør som detektor, der som måleprincip ændrer strålingen til korte impulser og tæller dem.

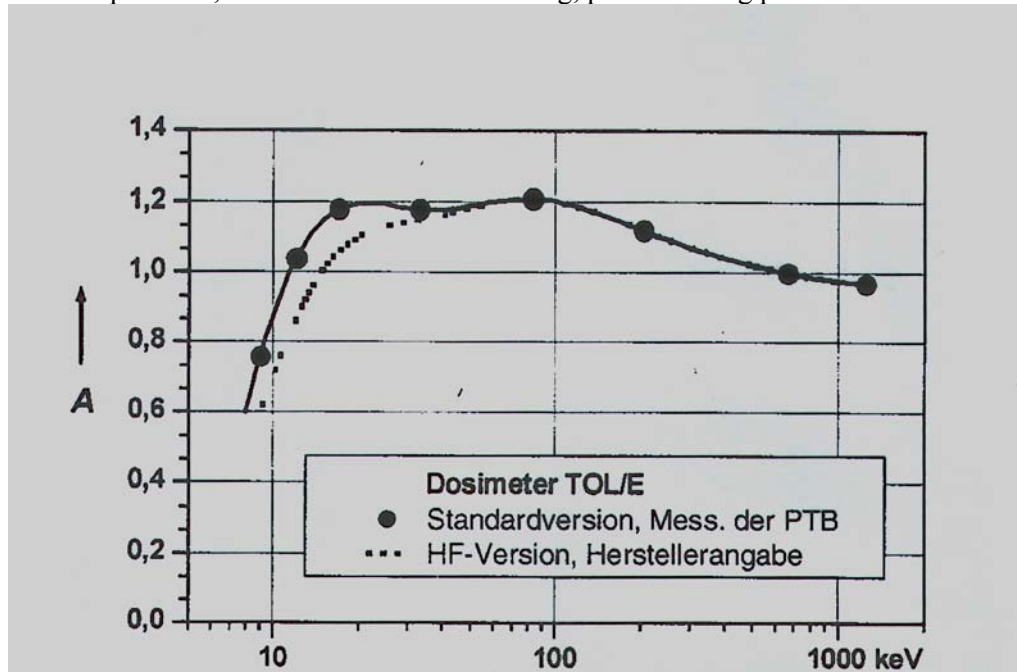
Af de resterende 77 målinger er 13 gennemført med forskellige andre dosimetre. For 64 findes der ingen oplysning om dosimetertypen.

TOL/E stedsdosimetret er dermed blevet brugt i 87 % af alle de målinger, der gennemført med angivne dosimetre. I det følgende vil det blive diskuteret, om det sammen med FH 40 egner sig til målinger ved radaranlæg.

Dosimetrenes egnethed med hensyn til fotonenergi

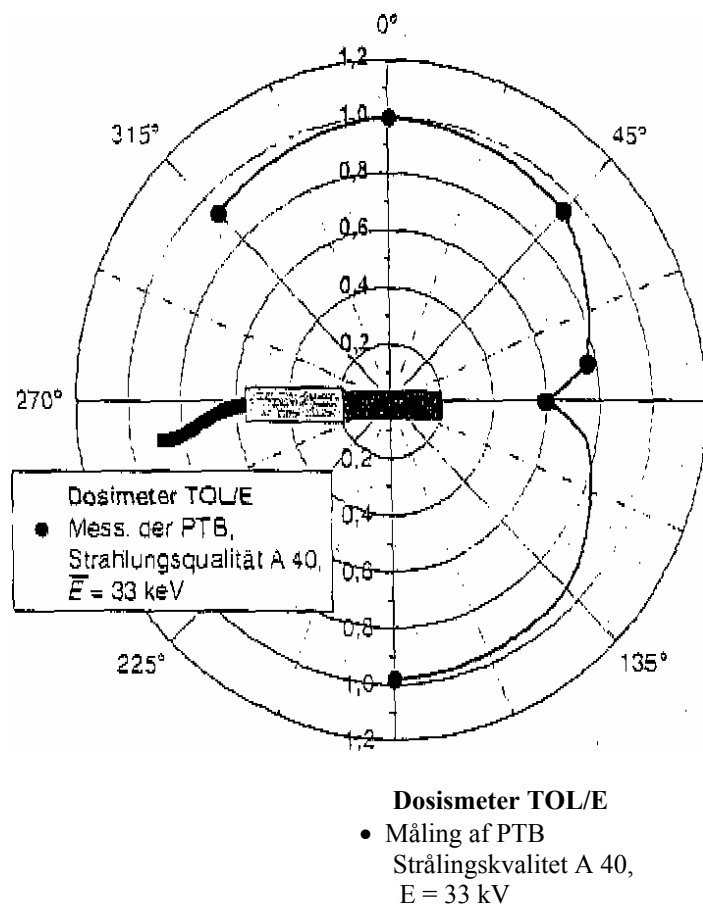
Figur 2-7 viser energiahængigheden af den relative reaktionsevne for standard- og HF-versionen af TOL/E ved stråleindfald i den foretrukne retning, dvs. stråleindfald radialt på den cylinderformede sonde, i figur 2-8 symboliseret som den mørke firkant. For standardversionen er der et tilladt energiområde fra 8 keV til 1300 keV, for HF-versionen er der ifølge producentens angivelser [Berthold 1977] et energiområde på fra 9 keV til 1300 keV. Figur 2-8 viser den relative reaktionsevnes vinkelafhængighed på standardversionen af TOL/E ved strålingskvalitet A 40 ifølge DIN 6818-1 [DIN 1992], svarende til en gennemsnitlig energi på 33 keV. For HF-versionen forventes samme vinkelafhængighed.

Af de i figur 2-7 og 2-8 viste energi- og vinkelafhængigheder følger, at dosimetret TOL/E både i standardversionen og i HF-versionen med hensyn til fotonenergien er egnet til måling af ioniserende stråling ved komponenter, der udsender uønsket stråling, på radaranlæg på fra ca. 10 kV driftsspænding.



- Dosimeter TOL/E
- Standardversion, måling af PTB
- ... HF-version, producentangivelse

Figur 2-7: *Energiafhængigheder af den relative reaktionsevne (relateret til $A = 1$ ved 662 keV) for TOL/E ved stråleindfald i foretrukken retning. Teststrålingskvaliteter iht. DIN 6818-1 [DIN 1992].*



Figur 2-8: *Vinkelafhængigheden af den relative reaktionsevne (relateret til $A = 1$ ved 0°) på standardversionen af TOL/E ved strålingskvaliteten A 40. Gennemsnitlig energi 33 keV. Teststrålingskvaliteter i h.t. [DIN 1992].*

For FH 40-dosimetret er der, afhængigt af udgave FI til F4, angivet en nedre grænse for energiområdet på fra 40 keV til 45 keV. Det kan derfor kun i meget begrænset omfang dokumentere den røntgenstråling, der forekommer ved radaranlægs komponenter, der udsender uønsket stråling, og er derfor uegnet med hensyn til fotonenergien.

Dosimetrenes egnethed til pulset stråling

De fleste radaranlæg kører i pulsdrift; radarimpulserne har en repetitionsfrekvens på ca. 1 kHz og en varighed på ca. 1 μs . Deraf følger, at den ioniserende strålings impuls afhængigt af oprindelse er ca. 1 μs (ved klystroner eller inverterende clipperdioder) eller mindre end 100 ns (ved thyatroner) lange, jf. kapitel 2.1. Strålingens skaleringsforhold ligger mellem 1.000: 1 og over 10.000: 1. Disse meget korte impulser for røntgenstrålingen stiller store krav til dosimetret.

TOL/E (-HF) måler den ladning, der produceres i målevolumenet (afhængigt af måleområde også forøget som følge af gasforstærkning); den er proportional med dosen. Kun ved meget høje dosishastigheder kan der opstå lokale ladningsrekombinationer og en overbelastning af detektoren, hvilket kan føre til en kraftig

reduktion i indikationen. Dette kan ved ekstremt korte impulser i forbindelse med et for målingen følsomt måleområde og „passende“ repetitions-hastigheder føre til, at indikatoren går tilbage til nul. Denne overbelastning kan opdages og undgås, hvis der i forbindelse med målingen først startes i et højt dosishastigheds-måleområde og måleområdet så gradvis mindskes. I godkendelsen af dosimetret angiver PTB, at dosimetret mindst er egnet til et skanderingsforhold på 3.000: 1. Endvidere viser målingerne fra TÜV [TÜV 2002], hvor målinger på radaranlæg med TOL/E-HF blev sammenlignet med målinger med termoluminescens-dosimetre (TL-dosimetre), at der ved rigtig betjening ikke optræder nogen signifikant forskel i måleværdierne. I den forbindelse blev der også gennemført målinger på thyatronerne, altså ved højeste skanderingsforhold, der forekommer ved radaranlæg. Fra termoluminescens-dosimetrene er det kendt, at de viser lineært op til ekstremt høje dosishastigheder.

Tællerørsdosimetre som FH 40 kommer til kort ved de korte impulser på 1 μ s eller kortere, da selve tællerørsimpulsen typisk er 1 μ s lang og der i løbet af impulsen ikke kan tælles nogen yderligere impuls. Der tælles derfor altid kun 0 eller 1 impuls under radarimpulsen og den viste maksimale dosishastighed bestemmes af radarimpulsernes repetitions-hastighed.

Heraf følger, at TOL/E både i standardversionen og i HF-versionen ved korrekt betjening er egnet til måling af pulset stråling. Alle typer af FH 40 er dog ikke egnet til måling af pulset stråling.

Derfor er det i det følgende kun TOL/E, der bliver diskuteret.

Egnetheden af TOL/E-HF med hensyn til HF-immunitet

HF-versionen af TOL/E adskiller sig fra standardversionen ved, at den har en tynd metalkappe, som skubbes over detektoren. Denne kappe skal som et Faraday-bur afskærme HF-felterne. ”Bundeswehr” har allerede efter 1975 gennemført undersøgelser om påvirkningen af HF-stråling på kernestrålingsmåleapparater [WTW 1975], som der er rapporteret om i en skrivelse fra Strålingsmåleinstans Nord den 08.01.1981 [BW 1981] og som er blevet bekræftet af Radarkommissionens egne undersøgelser. Såfremt de i skrivelsen indeholdte oplysninger vedrørende kending af HF-støj og afhjælpningen heraf blev anvendt, bør de målinger, som er blevet gennemført af det tyske forsvars strålingsmåleinstanser med HF-versionen af TOL/E, efter kommissionens opfattelse ikke være væsentligt misvisende som følge af HF-støj. Kommissionen har gennemført egne målinger den 06./07. marts 2003 i Mechnich og den 23.04.2003 i HF-laboratoriet på „Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin“ (Statsanstalt for arbejdsmiljø og arbejdsmedicin) i Berlin, som bekræfter disse oplysninger.

Egnetheden af TOL/E-HF til inhomogene strålefelter

Strålefelterne ved komponenter med uønsket stråling på røntgenanlæg er ekstremt inhomogene, jf. også kapitel 2.1. Dimensionerne af strålefelterne med de højeste dosishastigheder er ofte kun på få centimeter. Af en målerapport fra „Berufsgenossenschaft Feinmechanik und Elektrotechnik“ (Ulykkesforsikringsanstalt for finmekanik og elektroteknik) fremgår det for eksempel af målinger på et thyatronrør JAN 5949A på et HAWK radaranlæg, *at emissionerne fra thyatronerne udstråles geometrisk skarpt begrænset i et rumvolumen med lille vinkel* [BGFE 2001]. TÜV NORD fandt i forbindelse med undersøgelser i Mechnich af et thyatronrør JAN 5949A, dog på et radaranlæg AN MPQ 50 (X0-2) frem til *et divergent strålefelt med en tværsnitsflade på ca. 5 cm x 5 cm, relateret til afstanden på 9 cm fra thyatronens glascylinder* [TÜV 2002]. I en afstand af 30 cm fra overfladen viser der sig at være et strålefelt på ca. 17 cm x 17 cm. Sonden på TOL/E er ca. 12 cm lang og har en diameter på ca. 3 cm. Feltet i 30cm afstand ville sonden kunne oplyse fuldt ud. På grund af den i sammenligning med diameteren store længde kan sondens orientering (vandret/lodret) dog have en stor indflydelse ved målingerne. Ved små afstande til de komponenter, der udsender uønsket stråling, er det af disse årsager ikke sikkert, at sonden altid oplyses fuldstændigt af strålefelterne med de højeste dosishastigheder, således at dosishastighedens maksimalværdier i sådanne tilfælde selv ved optimal positionering af sonden ikke er blevet bestemt med TOL/E. Her kan der i det

Rapport fra den tyske Radarkommission

mindst i de tilfælde, hvor der gennemføres flere målinger i forskellige afstande på en komponent, der udsender uønsket stråling, via testen af afstandskvadratloven finde en test og i givet fald en korrektion sted.

TOL/E er ved rigtig betjening egnet til at måle de højeste værdier for dosishastigheden i inhomogene strålefelter på komponenter, der udsender uønsket røntgenstråling. Betjeningspersonellets omhyggelighed ved søgning efter området med de højeste dosishastigheder får dog en meget stor betydning.

De nødvendige erfaringer skal først samles hos i det mindste nogle medarbejdere i strålingsmåleinstanserne ved begyndelsen af deres arbejde, sådan som det blev klart i forbindelse med høring af eksperter vedrørende måling af uønsket røntgenstråling ved radaranlæg den 24. januar 2003.

Konklusion

Efter Radarkommissionens mening er strålebeskyttelsesdosimetret TOL/E i HF-versionen egnet til at måle den ioniserende stråling, der udgår fra komponenter, der udsender uønsket stråling, i radaranlæg med mere end 10 kV driftsspænding, såfremt målepersonellet har tilstrækkelig erfaring til at opdage overbelastning og HF-fejl og bruger den nødvendige omhu til at finde området med de højeste dosishastigheder.

Ved driftsspænding på under 10 kV er det ikke muligt at få udsagn om dosen.

Måleprotokollerne [BMVg 2002 a] opfylder ikke vore dages krav. Dette gælder især for angivelserne vedrørende højspænding, som ikke kunne måles og som blev hentet fra forskellige kilder. Disse kilder var f.eks. angivelser i datablade for rørene, oplysninger på advarselsskilte eller oplysninger fra radarteknikere.

På det tidspunkt, hvor "Bundeswehr" gennemførte målingerne, fandtes der efter kommissionens opfattelse ikke noget bedre strålebeskyttelsesdosimeter på markedet.

2.3.2 Måleværdiernes repræsentativitet for stråleekspositionen med uønsket røntgenstråling

Generel oversigt

For rekonstruktionen af den stråleeksposition, som de ansatte hos "Bundeswehr" og "Nationale Volksarmee" var udsat for fra komponenter, der udsender uønsket stråling, er det i det væsentligste kun måleværdierne for dosishastigheden på stedet, der kan anvendes. Disse foreligger afhængigt af typen af radaranlæg og de deri indeholdte komponenter med uønsket stråling i meget forskelligt antal. Af en tabeloversigt fra "AG Aufklärung der Arbeitsplatsverhältnisse Radar" (AG RADAR) for radaranlæggene i "Bundeswehr" og "Nationale Volksarmee" fra 4.11.2002 [AG Radar 2002 a], fremgår det, at der for de 121 radartyper hos "Bundeswehr" med 256 forskellige komponenter med uønsket stråling i alt kun foreligger ca. 2.400 måleværdier af dosishastigheden på stedet, og at der for de 79 radartyper i "Nationale Volksarmee" med ca. 200 forskellige komponenter med uønsket stråling i alt kun foreligger ca. 170 måleværdier for dosishastigheden på stedet. Målingerne stammer fra et tidsrum, der spænder fra slutningen af 50'erne til udfærdigelsen af oversigten.

En oversigt over de foreliggende måleværdier for komponenter, der udsender uønsket stråling, på radaranlæggene hos "Bundeswehr" findes i følgende tabel 2-2.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Tabel 2-2: *Oversigt over de foreliggende måleværdier for komponenter med uønsket stråling ved radaranlæg i "Bundeswehr" [AG Radar 2002 a]*

	Antal måleværdier pr. komponent, der udsender uønsket stråling							I alt
	0	1	2	3	4	5-10	>10	
Antal identificerede komponenter med uønsket stråling	51	54	33	14	12	38	54	256
Antal komponenter med uønsket stråling for hvilke den maks. måleværdi er angivet som "0" eller "Dlo"		32	10	7	4	9	11	73
Antal komponenter med uønsket stråling for hvilke den maks. måleværdi er angivet med "< værdi"		14	12	1	1	5	2	35
Antal komponenter med uønsket stråling for hvilke den maks. måleværdi er angivet med en entydig værdi		8	11	6	7	24	41	97
Min. måleværdi for komponenter med uønsket stråling i gruppen, $\mu\text{Sv/h}$		<1	<1	<0,3	<30	<2		
Maks. måleværdi for komponenter med uønsket stråling i gruppen, $\mu\text{Sv/h}$		150	300	1.440	15.000	8.000	150.000	

Ensartede rørkomponenter betragtes her som forskellige komponenter med uønsket stråling, hvis de er brugt i andre udstyrskonfigurationer. Denne fremgangsmåde anbefales, fordi der er brugt ens komponenter i forskelligt udstyr med egne driftsparametre, og på grund af geometriske variationer (monteringssted, afskærmende materialer osv.) kan der fremkaldes meget forskellige dosishastigheder på stedet. Således blev thyatron 5C22 ifølge [AG Radar 2002 a] anvendt i 12 forskellige radaranlæg, i hvilken forbindelse spændingsangivelserne spænder fra 8 til 25 kV. De citerede maksimalværdier for dosishastigheden på stedet spænder fra 1 $\mu\text{Sv/h}$ ved brug af disse rør i radaranlæg af typen SGR-114 til 12.000 $\mu\text{Sv/h}$ i radaranlæg af typen SGR-103.

For ca. 50% af komponenterne med uønsket stråling hos "Bundeswehr" foreligger der max. 2 dosishastigheds-måleværdier, for 54 komponenter med uønsket stråling foreligger der flere end 10 dosishastigheds-måleværdier. Med 402 målinger er klystron TV 2030 i MPR radaren, af hvilke der i tidsrummet op til 2002 i alt var 6 stykker i brug, det mest undersøgte. Dette skyldes nok den høje maksimalspænding på 265 kV. Maksimalværdien for alle målinger blev med 150 mSv/h fundet ved ensretterrøret 8020 på SGR 103 radaren (maksimum af i alt 12 måleværdier).

Kun for 10 af komponenterne med uønsket stråling hos "Nationale Volksarmee" foreligger der mere end 2 måleværdier. Det højeste antal målinger blev med 15 gennemført for både thyatron TGI 2 (16 kV) og magnetron MI 29 (30 kV) i radaranlægget P 37. Den fundne maksimalværdi for alle målinger lå på 32 mSv/h ved GMI 7-rørene i radaranlægget P 40.

Det langt overvejende antal målinger hos "Nationale Volksarmee" og "Bundeswehr" er gennemført efter 1976. Fra 1978 blev disse foretaget af Strålingsmåleinstanser Nord og Syd hos "Bundeswehr". Parallelt

Rapport fra den tyske Radarkommission

dertil blev der efter 1976 gradvist realiseret tekniske strålebeskyttelsesforanstaltninger, således at måleværdierne i følgetiden i mindre og mindre grad afspejlede den tidligere situation.

Før 1976 fandtes der kun enkeltstående måleværdier, f.eks., for flysikrings-radaranlægget AN/CPN 4, som allerede blev taget ud af drift i 1967. Dette radaranlæg er mellem 1957 og 1966 blevet undersøgt af 4 strålingsmåleinstanser. Disse målinger havde delvist udelukkende orienterende karakter, konkrete værdier kan kun afledes af målinger fra „Fernmeldetechnisches Zentralamt“ (Fjernmeldeteknisk hovedkontor) i Darmstadt fra 1958 (max. 10 mSv/h i 8 cm afstand foran det åbnede anlæg og 0,6 mSv/h foran anlægget, som er lukket med en perforeret plade) og fra „Bayerisches Landesinstitut für Arbeitsschutz“ (Delstatsmiljøinstituttet i Bayern) fra 1957 (max. 0,07 mSv/h, 50 cm foran magnetronen). Dog kan man med rette stille spørgsmålstegn ved pålideligheden af disse målinger [TUV 2002].

Kommissionen har fået forelagt nogle måleprotokoller fra årene 1972-1975. Således blev der i 1972 af testinstans 53 i Munster på MPQ 43 (HIPAR) i våbensystemet „Improved Nike“ med 10 cm afstand fra klystronen målt 0,15 mSv/h med måleapparatet TOL/E(HF). Klystronen kørte med højspænding på 230 kV.

Fra det forsvarsvidenskabelige institut for ABC-beskyttelse hos ”Bundeswehr” foreligger der en måleprotokol fra 1975 med resultaterne fra marinearsenalet i Wilhelmshaven. Ved et magnetronrør (type 5657, 30kV) blev der målt 0,25 mSv/h i 10 cm afstand, ved et thyatronrør (type PL 522, 12 kV) blev der målt 5 mSv/h i 8 cm afstand. Der er ikke anført oplysninger vedrørende måleapparatet.

I henhold til [AG Radar 2002 c], delrapport NASARR, findes der en protokol fra testinstans 23 fra 7.5.1974, hvori der rapporteres om en måleværdi på 0,3 mSv/h i 5 cm afstand; der foreligger ikke oplysninger om måleapparatet.

I overgangsåret 1976 steg antallet af måleprotokoller hos det ovenfor nævnte forsvarsvidenskabelige institut for ABC-beskyttelse og hos et målefirma (Eltro) eksplosivt, som ”Bundeswehr” havde indgået aftale med. Fra den 21./22.1.1976 foreligger der en protokol fra marinearsenalet i Kiel. I denne protokol angives der måleværdier på op til 30 mSv/h ved SGR 103 i 10 cm afstand fra ensretterdioden CV 2967/ 8020. Selv i 30 cm afstand blev der stadig fundet værdier på 3,8 mSv/h. Ved den nævnte ensretterdiode CV 2967 blev der i SGR 105 i 10 cm afstand målt 0,85 mSv/h gemessen.

I en måleprotokol fra 20.4.76 angives der ved diode CV 2967/8020 i SGR 103 en måleværdi på 150 mSv/h.

De videre målinger efter juli 1976, f.eks. på destroyeren Hamburg, hjælpeskibet Saar, fregatterne Emden, Lübeck og Köln samt søværnets skole i Bremerhaven viser allerede en ændret tendens. De højeste værdier blev ganske vist altid fundet ved SGR 103 og SGR 105, dog ligger de i alle tilfælde under 0,1 mSv/h, i lighed med andre værdier, som også er blevet bestemt uden for søværnet, f.eks. på testinstansen 61 Manching.

De fleste protokoller indeholder dog ikke noget om de virkelige driftsdata for komponenterne, der udsender uønsket stråling. Det anvendte måleapparat nævnes ikke altid.

Efter 1977 blev der i de foreliggende måleprotokoller fra de to ovenfor nævnte strålingsmåleinstanser og strålingsmåleinstans Nord og Syd inden for søværnets område næsten ikke mere fundet værdier over 0,01 mSv/h. Der opstår det indtryk, at ”Bundeswehr” fra dette tidspunkt af har fået bedre styr på strålebeskyttelsesproblemerne, selvom det sker med en mærkbar tidsmæssig forskydelse uden for søværnets område.

Således blev der ved våbensystemerne HAWK, NIKE og Starfighter (NASARR) også efter 1980 fundet forhøjede måleværdier, f.eks. værdier på 0,04 eller 0,06 og 0,08 mSv/h, målt på det åbne PAR (JAN 5949A) i 5 cm afstand fra overfladen, i hvilken forbindelse i det mindste de to sidste værdier blev målt uden thyatron-afskærmning.

Generel vurdering

De papirer, kommissionen har fået forelagt, viser med hensyn til antal og kvalitet af de gennemførte og dokumenterede målinger både hos "Bundeswehr" og "Nationale Volksarmee" et meget forskelligt, og i vidt omfang utilfredsstillende billede.

Før 1976, og dermed immervæk 3 år efter at røntgenforordningen med de klare forskrifter om overvågning af komponenter med uønsket stråling var trådt i kraft, fandtes der med ganske få undtagelser praktisk taget ingen tilstrækkeligt dokumenterede målinger. Dette tidsrum skal derfor ses som en fase, i hvilken en dosisrekonstruktion på grundlag af måledata er praktisk umulig.

Derefter begynder i det mindste hos "Bundeswehr" en anden fase, hvor antallet af målinger stiger tydeligt og i hvilken de første strålebeskyttelsesforanstaltninger gennemføres, for, som det hedder i nogle meddelelser, at undgå permanent oprettelse af kontrollerede områder. I princippet forekommer en dosisvurdering for denne fase mulig, såfremt der foreligger et tilstrækkeligt antal måleværdier, som vedrører den tilstand, sådan som den var før, de tekniske strålebeskyttelsesforanstaltninger blev fundet. Denne anden fase er netop karakteriseret ved, at begge systemer, kvalificerede (f.eks. ved afskærmning, halvledermateriale) og gamle, findes ved siden af hinanden. I høringerne blev det tydeligt, at denne tilstand i enkelttilfælde havde været ved ind i 80'erne. Hos søværnet var denne proces efter kommissionens indtryk afsluttet relativt hurtigt. Allerede i slutningen af 1976 foreligger der næppe forhøjede måleværdier.

Efter iværksættelsen af strålebeskyttelsesforanstaltningerne viser alle måleværdier et ufarligt billede, således at der for "Bundeswehrs" vedkommende kan gås ud fra en tredje fase, hvor en skade som følge af uønsket røntgenstråling principielt kan udelukkes. Efter kommissionens vurdering foreligger der et for ringe antal måleværdier for "Nationale Volksarmee" til at få en dom på strålebeskyttelsesbetingelserne. Dette svarer dermed i vidt omfang til første fase i "Bundeswehr".

Analysen af oversigterne [AG Radar 2002 a] viser endvidere, at måleværdierne for dosishastigheden på stedet ved samme komponent, der udsender uønsket stråling, varierede med flere størrelsesordener. De største spændvidder blev fundet ved anlægget SGR-103 (komponent med uønsket stråling GL 8020, CV 2967) hos søværnet med værdier mellem 0,2 $\mu\text{Sv/h}$ og 150 mSv/h og ved anlægget P-15 i "Nationale Volksarmee" med $< 0,1 \mu\text{Sv/h}$ til 8 mSv/h . Kommissionen går på grund af sin efterforskning af sagsforholdet ud fra, at det i den forbindelse drejer sig om reelle måleværdier, hvis variationsbredde er forårsaget af de respektive dimensioneringstekniske, driftstekniske og måletekniske betingelser på måletidspunktet.

Brugen af de foreliggende måleværdiers maksimum i forbindelse med den dosimetriske vurdering af den respektive udstyrs- eller komponenttype med uønsket stråling (AG RADAR's fremgangsmåde i delrapporterne) burde ved tilstrækkeligt datagrundlag føre til en (til dels væsentlig) overvurdering af den faktiske eksposition af personalet. Foreligger der derimod kun få måleværdier, kan en undervurdering ikke udelukkes. For en del af anlæggene foreligger der slet ikke nogen måleværdier. I disse tilfælde er det endnu sværere at foretage en efterfølgende vurdering af relevansen af disse komponenter, der udsender uønsket stråling. Selv hvis man antager, at komponenter med uønsket stråling, som har en maksimalspænding på under 10 kV, i første omgang kan blive ladet ude af betragtning, så er der i "Bundeswehr" næsten 90 typer komponenter med uønsket stråling med 2 eller færre måleværdier. Den højeste målte dosishastighed ved disse anlæg lå immervæk på 0,1 mSv/h , en værdi, som ved ialt 2 måleværdier hverken kan betragtes som repræsentativ eller som konservativ.

Det synes nødvendigt, at underkaste intervallerne for de målte dosishastigheder en analyse med hensyn til de påvirkningsstørrelser, der er bestemmende for dem.

Rapport fra den tyske Radarkommission

I første omgang må man stille det spørgsmål, om de beregnede dosishastighedsværdier på stedet er rigtige og repræsentative eller om man skal regne med nogle kunstigt skabte værdier, fremkaldt som følge af måleapparater, der var uegnede til formålet, af forstyrrende påvirkninger, af ikke repræsentative driftsforhold eller af forkert anbringelse i et ekstremt inhomogent strålefelt. Endvidere skal det spørgsmål diskuteres, hvor meget måleresultaterne er afhængige af producentspecifikke eller udviklingsteknisk betingede ændringer.

Spørgsmålet om måleapparaternes egnethed i et meget lavenergetisk røntgenfelt under hensyntagen til kraftig HF-stråling behandles i kapitel 2.3.1. Man kan gå ud fra, at der med TOL/E (HF) i reglen blev anvendt et egnet målesystem, hvor forstyrrende påvirkninger fra HF-stråling i vidt omfang kan udelukkes og hvor usikkerheden synes at være acceptabel. De største undervurderinger kan opstå ved ekstreme gradienter for dosishastigheden ved små afstande, således at apparaternes målekamre kun delvist belyses.

Der resterer endnu et spørgsmål, som næppe kan afklares i dag, nemlig under hvilke driftsforhold måleværdierne er blevet indhentet. Det er kendt, at måleresultaterne afhænger væsentligt af den faktiske højspænding, glødestrømmen og røreffekten. I måleprotokollerne er det for det meste kun den nominelle maksimalspænding, der er angivet, hvis der overhovedet er angivet noget og dette ikke altid rigtigt. I de høringer, som kommissionen har gennemført, var det tydeligt, at disse parametre kunne variere væsentligt og at eksempelvis den nominelle maksimalspænding kan overskrides eller underskrides væsentlig afhængigt af rørtilstanden under målingerne.

Tilsvarende gælder for rørtypen og rørenes ældningstilstand. Der findes enten ingen eller kun ufuldstændige oplysninger vedrørende disse vigtige parametre. Ganske vist burde rørtypen generelt set være beskrevet med typemærkenummeret, dog er det kendt, at producenterne inden for rammerne af leveringskravene havde rimelige spillerum, f.eks. ved valget af anode- og gittermaterialet eller ved sammensætningen og tykkelsen af vægmaterialet. Også ældningsbetingede ændringer af røregenskaberne er med hensyn til deres påvirkning af den uønskede stråling så uklar, at det ikke synes muligt for kommissionen at vurdere følgerne.

De informationer, som kommissionen har udbedt sig og som ville sætte kommissionen i stand til at afklare dette spørgsmål, kunne "Bundeswehr" ikke levere. Kommissionen fik så rekvireret Monet-Carloberegninger fra TÜV Nord, og disse beregninger tydeliggør disse parametres væsentlige indflydelse på dosishastigheden på stedet ved eksemplet med thyatronrørene JAN 5949 [TÜV 2003].

Endvidere synes det at være sikkert, at det ekstremt inhomogene strålefelts påvirkning er årsag til de observerede store intervaller i måleværdierne. Blandt andet erfaringerne fra Bundeswehr-måleinstanser Nord og Syd, undersøgelserne fra TÜV Nord [TÜV 2002] og „Berufsgenossenschaft der Feinmechanik og Elektrotechnik“ (Ulykkesforsikringsanstalt for finmekanik og elektroteknik) [BGFE 2001] og Radarkommissionens egne undersøgelser med TLD-gitteranordninger dokumenterer, at høje strålefelter ofte kun optræder i centimeterbrede bundter. Ved PAR i HAWK-våbensystemet er alene disse forskelle store nok til at forklare de ekstreme måleværdisvingninger.

2.3.2.1 Enkeltvurdering af de vigtigste systemer

I det følgende vil der blive foretaget en analyse af dosishastigheds-måleværdierne under hensyntagen til de i dag bestemmelige målebetingelser for radaranlæggene HAWK, NIKE samt radarsystemet SGR 103, som blev brugt som søgeradar af søværnet, og P 15, som blev brugt af "Nationale Volksarmee, med henblik på deres relevans og repræsentativitet for den dosimetriske vurdering.

HAWK

Våbensystemet HAWK blev ændret flere gang i løbet af de år, anlægget blev anvendt i "Bundeswehr". Der foreligger i henhold til det tyske forsvarsministerium ingen måleværdier for varianter af det oprindelige anlæg, BASIC-HAWK, som blev indført i 1963. Indførelsen af det første modifikationsprogram I-HAWK

mellem 1975 og 1978 medførte i henhold til HAWK-delrapporten fra arbejdsgruppen "Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse" (AG RADAR) ingen grundlæggende ændringer på radaranlæggene. På baggrund af ovenfor anførte eventuelle mindre ændringer mener kommissionen ikke, at måleværdierne, der kommer fra I-HAWK, og som der findes et større antal af efter 1980, kan anvendes for BASIC-HAWK-anlægget. Det nyeste anlæg, PAP-HAWK-anlægget, er blevet anvendt i "Bundeswehr" fra 1981.

Systemet var udstyret med en PAR-pulsradar samt komponenterne HPIR, CWAR, ROR med betegnelsen AN/MPQ 34 til 60 alt efter type og version. Dette udstyr blev anvendt i eskadrillerne. Her blev de første fejl også afhjulpet og komponenter blev udskiftet. Hjelpeorganisationen DSU⁵ stod for større arbejder på anlæggene.

Derudover havde HAWK også en ASR-P søgeradar, som ikke anvendtes i alle eskadriller, men derimod i bataljonskommandostationer.

I henhold til HAWK-delrapporten fra AG RADAR blev der målt forhøjede dosishastigheder i forhold til undergrunden på radaranlæggene PAR (AN/MPQ-50) samt HPIR (AN/MPQ-46).

Figur 2-9 viser en teknikers arbejdsplads ved radaranlægget HAWK-PAR [AG Radar 2001].



Figur 2-9 : Teknikerens arbejdsplads ved PAR-senderen

De vigtigste komponenter med uønsket stråling i radaranlægget AN/MPQ-50 er thyatronrøret JAN 5949A, clipperdioden JAN 6303 samt charging- og shunt dioden JAN 6303.

For thyatronrøret JAN 5949A foreligger der 46 måleværdier, som alle ligger mellem 1 og 600 $\mu\text{Sv/h}$ og som blev målt i en afstand af 5 cm fra apparatets overflade på senderens åbne kabinet. Den maksimale værdi på 600 $\mu\text{Sv/h}$ blev angivet i en Nato bulletin i 1978, kommissionen har dog ikke fået forelagt en måleprotokol med mere præcise oplysninger om bl.a. højspændingen. Værdien er ikke blevet målt med et apparat fra "Bundeswehr". De fleste værdier stammer fra årene 1981 til 1995, hvor afskærmningerne (som åbenbart allerede eksisterede) delvist var fjernet fra rørene. Der kan generelt tages udgangspunkt i den hypotese, at disse afskærmninger samt ligeledes andre af de

⁵ Ifølge en oplysning fra det tyske forsvarsministerium blev disse arbejder delvist udført af private firmaer. Der er ingen oplysninger herom i HAWK-delrapporten fra AG Radar.

ovenover anførte drifts- og systemparametre ikke længere kan rekonstrueres.

Målingerne på thyatronrøret, som blev målt før der blev indført yderligere afskærmningsforanstaltninger og før anvendelsen af et rør, der var suppleret med en keramikkappe, blev af kommissionen underkastet en mere detaljeret statistisk analyse. Det drejer sig om maksimalværdier, som blev målt i en fastlagt afstand til apparatets overflade.

Først blev dosishastighedens hyppighedsfordeling analyseret ved hjælp af Kolmogorov-Smirnov testen [Lilliefors 1967]. En normalfordeling kan med stor sandsynlighed ($p < 0.1 \%$) udelukkes, mens antagelsen om, at måleværdierne danner en stikprøve for en logaritmisk normalfordelt helhed, accepteres. Ved hjælp af metoden, der er udformet af [Crow 1988], blev der fastlagt følgende statistiske parametre for fordelingen.

75 $\mu\text{Sv/h}$ for gennemsnitsværdien,

23 $\mu\text{Sv/h}$ for gennemsnitsværdiens standardusikkerhed,

367 $\mu\text{Sv/h}$ for 90% - percentil (med et 90%-konfidensområde).

I 2001 udførte TÜV Nord [TÜV 2002] samt "Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik" (Ulykkesforsikringsanstalt for finmekanik og elektroteknik) [BGFE 2001] en undersøgelse på et demonteret, ikke afskærmet thyatronrør, ved hvilket dosishastighedsværdierne med samme afstand som ovenover blev målt til at være under 100 $\mu\text{Sv/h}$. Disse resultater passer godt sammen med det ovenover anførte værdiområde.

På grund af det relativt høje antal måleværdier uden ekstra afskærmning synes det til trods for de manglende informationer om drifts- og systemparametre at være berettiget og tilstrækkeligt konservativt at tilføje maksimalværdien for tiden før 1981 til fase 2. Herefter var alle rørene sandsynligvis udstyret med en ekstra afskærmning, således at man fra denne periode af kan gå ud fra meget lavere værdier.

For clipperdioden JAN 6303 foreligger der 33 værdier under lignende betingelser fra årene 1980 – 1981 (åben luge, 5 cm afstand, ca. 40 kV, 100 mA). Intervallet ligger mellem 0,5 $\mu\text{Sv/h}$ og 80 $\mu\text{Sv/h}$. Der foreligger yderligere 5 værdier fra årene 1988 – 1992, herunder en maksimalværdi på 800 $\mu\text{Sv/h}$, dog målt direkte på sonden og kan derfor ikke sammenlignes med de øvrige værdier.

Der foreligger 30 måleværdier for charging- og shuntdioden JAN 6303 fra årene 1980 – 1981 med samme vilkår (ca. 10 kV, 100 mA, 5 cm afstand, åben luge), hvorved intervallet ligger mellem 0,4 $\mu\text{Sv/h}$ og 52 $\mu\text{Sv/h}$, dvs. igen ca. 2 størrelsesordner

3 måleværdier fra 1992 er endda højere end de ældre måleværdier, men blev målt med mindre afstand, hvilket forklarer de højere værdier (40, 90 og 10 $\mu\text{Sv/h}$).

I begge tilfælde (clipperdiode og charging- og shuntdiode) har kommissionen ingen beskrivelser af drifts- og systemparametrene. Især er det meget uklart, om der mellem 1976 og 1980 blev foretaget tekniske ændringer til forbedring af strålebeskyttelsen, som kan have medført en reduktion af senere målte dosishastigheder på arbejdsstedet. På grund af de relativt høje antal måleværdier anses det også for rimeligt, at maksimalværdierne lægges til grund for dosisvurderingen for fase 2. Før denne tid giver måleværdierne lige som for thyatronrøret JAN 5949A intet entydigt udsagn. Især kan man ikke gå ud fra, at de målte maksimalværdiers tilstedeværelse er en konservativ antagelse for den faktiske opståede dosishastighed på arbejdsstedet.

Den største komponent, der udsender uønsket stråling, i systemet AN/MPQ-46 er klystronen VA 851D (Power Amplifier) med en maksimal højspænding på 12 kV. Der foreligger ingen måleresultater fra før 1980. Der eksisterer 76 senere måleværdier på mellem 0,2 $\mu\text{Sv/h}$ og 80 $\mu\text{Sv/h}$. Værdien på 80 $\mu\text{Sv/h}$ blev i

Rapport fra den tyske Radarkommission

henhold til [AG Radar 2001] målt 5 cm fra den berørbare overflade på komponenten med uønsket stråling. Ved 77% af måleværdierne lå dosishastigheden på under 10 $\mu\text{Sv/h}$.

På grund af det store antal måleværdier efter 1980 synes de samme antagelser som for dioden JAN 6303 at være berettigede med hensyn til den ekstra målte dosis.

NIKE

Våbensystemet NIKE blev indført i 1959 som et jord-til-luft-missilssystem i "Bundeswehr" [AG Radar 2002 d]. Fra 1964 fandtes der en forbedret version af våbensystemet, Improved NIKE. Indtil det blev taget ud af drift i 1989 var følgende ildlederradaranlæg i drift:

LOPAR (1959-1989) med magnetron 5795 og thyatron JAN 5948A

MTR, TTR (1959-1989) med magnetron VMX 1077A og thyatron ML 654

TRR (1964-1989) med magnetron VMU 1039 eller 7208

HIPAR (1972-1989) med klystron ZM 6803, thyatron GL 7890, ensretterør GLF7779.

Der blev fra 1980 systematisk målt røntgenstråling i NIKE våbensystemet fra komponenter, der udsender uønsket stråling. Fra denne periode foreligger der en større mængde måleværdier, mens der for perioden før kun findes nogle få værdier fra HIPAR (1972 og 1977).

Nævneværdige ekspositioner opstår i henhold til NIKE-delrapporten fra RADAR AG kun ved thyatron- og klystron-rørene på HIPAR.

For thyatronrøret GL 7890 med 28 kV maksimalspænding ligger kun 5 af de 19 værdier over detektionsgrænsen ved et åbent apparat på 5 cm afstand. Intervallet ligger mellem mindre end 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ og 70 $\mu\text{Sv/h}$.

For klystron ZM 6803 foreligger der ud over de ovennævnte værdier fra 1972 30 andre målerapporter, som stammer fra årene 1977 til 1986. Højspændingen er altid angivet med 200 kV undtagen 2 steder. Der blev udført målinger under forskellige betingelser på forskellige steder. Således foreligger der 27 værdier med et interval mellem 0,6 $\mu\text{Sv/h}$ og 60 $\mu\text{Sv/h}$ ved 5 cm afstand til overfladen (lukket luge). Der blev målt en værdi på 1000 $\mu\text{Sv/h}$ direkte foran den åbnede luge til en kabeltilførings afskærmning.

På grund af de forskellige driftsbetingelser kan måleværdierne ikke sammenlignes. Hvorvidt de måleværdier, der er målt under de forskellige betingelser, gengiver en tilstrækkelig statistisk delmængde til at kunne fastlægge erstatningsdosen i fase 2, er derfor tvivlsomt og kræver en mere nøjagtig analyse af de enkelte måleprotokoller. For situationen før 1976, især før 1964 (indførelsen af Improved NIKE), findes der af de førnævnte årsager (ukendte ændringer af drifts- og systemparametrene) ingen ordentlige forklaringer på måleværdierne.

SGR 103

Ifølge [AG Radar 2002 b] blev radarerne i SGR-serien anvendt på destroyere, fregatter og hjælpeskibe fra 1961. Søværnets arsenal i Kiel samt tilhørende eksterne arsenaler var og er de centrale serviceafdelinger for vedligeholdelse, reparationer og tekniske ændringer af søværnets radaranlæg.

De forskellige SGR-typers tekniske opbygning ligner hinanden, men der er dog forskelle i placeringen af komponenter med uønsket stråling i modulerne. Dette gælder især for thyatronrøret. I en SGR 103 er der et

Rapport fra den tyske Radarkommission

fælles stativ til sender og modulator, i en SGR 105 er det kun modulatorens, der er placeret i stativet.

I slutningen af 1975 blev der i marinearsenalet i Wilhelmshaven målt høje dosishastighedsværdier for røntgenstrålingen.

I henhold til [AG Radar 2002 b] blev thyatronrøret PL 522 samt clipperdioden 8020 (C V 2967) i SGR 103 identificeret som en vigtig komponent, der udsender uønsket stråling. Ifølge [AG Radar 2002 a] drejer det sig om thyatronrørene CV 2520 og 5C22. Rørene stammer fra forskellige producenter, men har samme funktion.

Pulslængden har stor indflydelse på dosishastigheden på arbejdsstedet. Forskellen mellem modi puls-lang og puls-kort er ved ellers konstante parametre op til faktor 200 for thyatronrøret og op til 600 for clipperdioden.

For thyatronrøret PL 522 (16 kV maks. HV) foreligger der 8 måleværdier for modus puls-lang i måleprotokoller fra årene 1975 og 1976. Intervallet ligger mellem 0,5 $\mu\text{Sv/h}$ og 76 mSv/h, målt delvist med 5 cm afstand og med forskellige spændinger.

I [AG Radar 2002 b] angives der en maksimalværdi på 44 mSv/h på 10 cm afstand fra det åbne senderskab, gennemsnitsværdien ligger på 3,4 mSv/h. Ifølge [AG Radar 2002 a] er der for CV 2520, 5C22 et interval mellem 2,5 $\mu\text{Sv/h}$ og 12 mSv/h.

For clipperdioden 8020 foreligger der for modus puls-lang 7 måleværdier i protokollerne fra 1975-1976, af hvilke ingen er identiske med hensyn til parametrene spænding og afstand. Den største værdi er på 150 000 $\mu\text{Sv/h}$, det er den største værdi, som er registreret på et radaranlæg i "Bundeswehr" (i delrapporten blev der fra en afstand på 25 cm omregnet til hhv. 10 og 40 cm i henhold til afstandsloven, hvorfor værdierne her er 940.000 og 59.000 $\mu\text{Sv/h}$). De store svingninger i mærkespændingen på 5,2 til 25 kV er bemærkelsesværdige og kræver en forklaring.

For modus "puls-kort" opstod der kun dosishastigheder på mellem 0,3 $\mu\text{Sv/h}$ og 5 $\mu\text{Sv/h}$, dog kan disse værdier ikke sammenlignes på grund af de forskellige spændinger.

Når de anførte spørgsmål er besvarede, er angivelserne af maksimaldoserne på SGR 103 mulige for den i dette tilfælde sikkert korte fase 2. Det skal i hvert enkelt tilfælde kontrolleres, om det så giver mening eller medfører urealistiske overvurderinger på grund af de konservative antagelser. For tiden efter 1976, senest efter 1980, kan man generelt gå ud fra, at der er blevet installeret effektive beskyttelsesforanstaltninger, som permanent har begrænset dosishastigheden på arbejdsstedet til under 10 $\mu\text{Sv/h}$.

P 15

Radaranlægget P 15 blev anvendt i "Nationale Volksarmee" bl.a. på FlaRak fra 1959-1990. Der var i alt ca. 150 anlæg i drift. Med hensyn til anlæggets komponenter, der udsender uønsket stråling, drejer det sig om to "switching tubes" (GMI-90, HV 27 kV), et magnetronrør (MI-119, HV 30 kV), fire ensretterrør (W1-0,1/30; HV 14 kV) og to billedrør. De relevante komponenter med uønsket stråling var "switching tubes" og ensretterrørene.

Der foreligger højst én måleværdi for alle komponenterne. Det drejer sig om en måling fra Strålingsmåleinstans Nord i "Bundeswehr" fra marts 2002. Der blev målt en værdi på 400 $\mu\text{Sv/h}$ på ensretterrørene på det åbne skab i 10 cm afstand.

På den pågældende "switching tube" blev der målt en værdi på 8 mSv/h med en åben luge, målt i 5 cm afstand. Der blev ikke konstateret forhøjede værdier ved magnetronrøret.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Selv om denne måling og protokolleringsmåden er pålidelig og oplysende i forhold til andre måleprotokoller, opfylder en enkelt måling slet ikke de krav, som stilles til et repræsentativt antal måleværdier til registrering af forskellige system- og driftsparametre, især for tiden før 1980. På dette grundlag er det ikke muligt at foretage en tilstrækkelig pålidelig dosisvurdering.

2.3.2.2 Omfang af stikprøver

I det følgende formuleres et statistisk minimumskrav for antallet af måleværdier, som kommissionen anser for nødvendigt for at kunne danne et repræsentativ og tilstrækkeligt konservativt skøn over dosishastigheden.

”Bundeswehr” lægger maksimalværdierne for de målte dosishastigheder til grund for ekspositionsundersøgelsen. På grund af det store interval i de observerede måleværdier skal denne fremgangsmåde ved små stikprøvestørrelser ikke være konservativ med hensyn til strålebeskyttelsen, da de eksisterende ekstreme værdier muligvis slet ikke registreres.

På grundlag af generelle statistiske overvejelser kan en mindre stikprøvestørrelse anvendes, som - hvis den overholdes - efter kommissionens mening kan få en tilstrækkelig konservativitet. Det er i den forbindelse en forudsætning at de anvendte måleværdier tilhører en samlet helhed. De skal være baseret på sammenlignelige betingelser (intensitetsmaksimum, samme afstand til en komponent med uønsket stråling eller til apparatets overflade), for udelukkende at kunne registrere dosishastighedens variabilitet på grund af de forskellige driftsbetingelser (bl.a. afhængigt af forskellige rørtyper, driftsspændinger).

Under disse betingelser kan der fastlægges en minimal stikprøvestørrelse, således at stikprøven indeholder mindst en værdi med en bestemt sandsynlighed w , som når eller overskrider en bestemt percentil (f.eks. 90-percentil) af fordelingen, uanset typen. Dette er muligt på basis af binomialstatistikken. Afhængigt af stikprøvestørrelsen n fås på dette grundlag følgende værdier for w :

n	5	10	20	22	25	30
w	0,41	0,65	0,88	0,90	0,93	0,96

For derfor med en sandsynlighed på 90% i en eksisterende målehelhed at få mindst en værdi, som er større end eller lig med den grundlæggende fordelings 90-percentil, kræves der en stikprøvestørrelse på $n=22$.

Foreligger der mindst et antal på $n > 20$ måleværdier, der som nævnt ovenover, blev målt under sammenlignelige betingelser og derfor stammer fra en samlet helhed (målte maksimalværdier ved anlæggende under de anførte betingelser), er anvendelsen af dosishastighedens maksimalværdi fra denne stikprøve efter kommissionens mening berettiget på basis af den konservativitet, som det tyske forsvarsministerium har tilstræbt.

Konklusioner vedrørende måleværdiernes repræsentativitet

De foreliggende måleværdier er kun betinget anvendelige til en statistisk analyse til fastlæggelse af de erstatningsdoser, da de lader mange spørgsmål om antal og kvalitet være ubesvarede. Derudover kan mange af parametrene for dimensionering og drift af rørene ikke rekonstrueres i dag, selv om de påvirker måleværdierne meget.

Disse problemer gælder både for ”Bundeswehr” og især for ”Nationale Volksarmee”.

Specielt det meget interessante tidsrum før 1976 (fase 1) kan dermed næppe belyses nærmere, da det ikke anses for muligt at få en ordentlig øvre dosisvurdering ved hjælp af måleværdierne. Kun dette er muligt i

Rapport fra den tyske Radarkommission

tiden herefter - hvis overhovedet - for enkelte systemer og bestemte tidsrum (fase 2).

”Bundeswehr” har med forskellig intensitet efter 1976 indført strålebeskyttelsesforanstaltninger mod uønsket røntgenstråling. Først fra det tidspunkt, da disse foranstaltninger blev helt gennemført (fase 3), var der efter kommissionens mening ikke længere en forhøjet strålingsrisiko for radarpersonellet i ”Bundeswehr”. Dette tidspunkt kan variere for de forskellige radaranlæg og kan derfor ikke fastlægges nøjagtigt inden for rammerne af denne undersøgelse. De dokumenter som kommissionen har fået forelagt samt de afholdte høringer har givet det indtryk, at dette tidspunkt lå væsentligt tidligere for søværnet, end for de øvrige værn. Kommissionen anslår derfor starten af fase 3 for søværnet til før 1980, men for våbensystemerne HAWK og NIKE blev der stadig fundet forhøjede værdier efter 1980, hvorfor kommissionen ikke vil anslå dette tidspunkt til før 1985 for disse anlæg.

3 RADIOAKTIVE STOFFER OG SELVLYSENDE MALING

3.1 FORSKRIFTER TIL BESKYTTELSE MOD RADIOAKTIVE STOFFER OG SELVLYSENDE MALING I "BUNDESWEHR" OG "NATIONALE VOLKS-ARMEE"

3.1.1 "Bundeswehr"

Radiumholdig selvlysende maling har efter forsvarsministeriets udsagn „siden etableringen af Bundeswehr indgået i materialebeholdningen, især fra materiale overtaget fra amerikanske styrker" [BMVg 2002 b]. Der henvises – med rette – til at, anvendelsen af radiumholdig selvlysende maling på daværende tidspunkt var vidt udbredt (indikatorer i luftfartøjer, køretøjer på hjul og bæltekøretøjer, ure, kompasser, skalaer og tekster på kabinetter og justeringsanordninger, selvlysende felter i visiranordninger). Dette gælder i øvrigt ikke kun inden for militæret men også inden for det civile område.

Før ikrafttræden af den Første strålebeskyttelsesforordning (StrlSchV) af 24. juni 1960 var røntgen- og strålebeskyttelsesforordningen fra 1941 (RGBI. 1 side 88) gældende for omgangen med radioaktive stoffer. Udover de grænseværdier, der var fastlagt i denne forordning, indeholdt den ingen informationer om håndteringen af radioaktiv selvlysende maling.

Med den Første strålebeskyttelsesforordning blev der skabt konkret lovregulering for omgangen med radioaktiv selvlysende maling:

Godkendelsesforudsætninger: En godkendelsesfri omgang med udstyr, som indeholder skalaer eller indikatorer med hæftende radioaktiv selvlysende maling, er tilladt, hvis disse er afdækket på en berøringssikker måde og dosishastigheden på 0,1 mrem/h (1 μ Sv/h) i 10 cm afstand ikke overskrides.

Kommission har flere gange fået berettet, at afkradsning og til dels ny påføring af tekst blev praktiseret i det mindste i de tidligere år.

En godkendelse til at omgås med radioaktiv selvlysende maling på udstyr og armaturer blev tildelt i 1963. I et forvaltnings- og informationsblad (VMBl) fra 1963 blev det befaleet, at istandsættelse af radioaktiv selvlysende maling kun måtte udføres af leverandør- eller servicefirmaer.

I 1966 blev omstillingen fra radium og prometium til tritium for radioaktiv selvlysende maling anordnet i et forvaltnings- og informationsblad. Den i første omgang tidsbegrænsede godkendelse blev efterfølgende tidsbegrænset til den 31.12.1966.

Da det var nødvendigt med en længere periode til at omstille til selvlysende tritiummaling, blev der i et yderligere forvaltnings- og informationsblad (VMBl 1967) udstedt overgangsbestemmelser i forbindelse med udskiftningen af den selvlysende maling. Man begrundede dette med, at man ikke ville nedsætte "Bundeswehrs" indsatsberedskab. Ifølge dette blad skulle den radiumholdige selvlysende maling kontrolleres for sin lyskraft og først udskiftes, hvis radiummets lyskraft ikke var tilstrækkelig. Dog var det principielt forbudt at krads radium- eller prometium-holdig selvlysende maling af og udskifte denne med tritium-holdig selvlysende maling „da radium og dets henfaldsprodukter (datterprodukter) og prometium kun kan fjernes delvist på denne måde"⁶. Videre hedder det: "Undtagelsesvis er skiver, visere og andre reserve-

6 Der er dog ikke særligt forståeligt for Radarkommissionen, hvorfor der i 1967 skulle udstedes en ordre, som åbenbart var rettet mod personalet i "Bundeswehr" men vedrørte arbejde, som denne personkreds siden 1963 ikke mere måtte udføre (VMBl fra 1963)

Rapport fra den tyske Radarkommission

dele, hvor dosishastigheden ved kontaktmåling andrager mindre end 1 mRem/h ikke underlagt dette forbud på grund af leveringsproblemer".

Siden 1976, med den nye strålebeskyttelsesforordning, er godkendelsesfri omgang med radiumholdig selvlysende maling blevet forbudt, dog måtte udstyr, som allerede var brugt forinden, fortsat bruges.

Med udstedelsen af bestemmelserne om gennemførelse af strålebeskyttelsesforordningen i "Bundeswehr" (VMBl 1980 side 404 punkt 9) blev alle hidtil gældende overgangsbestemmelser ophævet. Fra dette tidspunkt var der et omfattende forbud mod at anvende radiumholdig selvlysende maling i Bundeswehr:

"Alle genstande, hvorpå der er anbragt radioaktiv selvlysende maling med andet end tritium (H-3) eller berøringssikkert afdækket prometium, skal sorteres fra og bortskaffes som radioaktivt affald"

Den centrale tjenesteforskrift ZDv 44/500, der trådte i kraft i 1989 i forbindelse med strålebeskyttelsesforordningen, indeholder de strålebeskyttelsesbestemmelser, der skal overholdes inden for forsvarsministeriets område i forbindelse med omgang med radioaktive stoffer, henviser endnu en gang udtrykkeligt i punkt 210 til forbuddet mod omgang med radium 226. I henhold hertil skal genstande med radioaktiv selvlysende maling, som indeholder Ra-226, sorteres fra og bortskaffes som radioaktivt affald.

Efter forsvarsministeriets opfattelse havde „problemet med radiumholdig selvlysende maling været omfattende reguleret og løst siden 1980 i Bundeswehr" [BMVg 2002 b].

I virkeligheden har "Bundeswehr" i henhold til de oven for anførte ordrer, godkendelser osv. allerede efter fremkomsten af den første strålebeskyttelsesforordning taget sig af problemet med radioaktiv selvlysende maling. Kommissionen har fået det indtryk, at bevidstheden om de risici, der muligvis var forbundet hermed, tog til i begyndelsen af 80'erne, også selvom det kun var betinget muligt at kontrollere, hvor konsekvent de pågældende forskrifter i virkeligheden blev gennemført. Kommissionen fik for eksempel i forbindelse med en høring af en tidligere radartechniker at vide, at han på et tidspunkt i starten af 80'erne kradrede radioaktiv selvlysende maling af iført personlig beskyttelsesudrustning. En tidligere HAWK-medarbejder berettede, at han i starten af 80'erne havde overmalet radioaktiv selvlysende maling med lak, for at afdække den berøringssikkert⁷. I den forbindelse var det dog uklart for kommissionen, og i øvrigt også i andre tilfælde, om det drejede sig om radiumholdig maling eller f.eks. om maling med prometium.

For tidsrummet før 1980 kommer Radarkommissionen frem til følgende billede:

Især i startårene for "Bundeswehr" er radioaktiv selvlysende maling med Ra-226 til stede ikke blot på meget udstyr, men det blev også kradset af og delvis udskiftet. Indvendingen fra en repræsentant for forsvarsministeriet om, at der ikke fandtes forsyningsnumre for disse malinger, og at de meget vel ikke havde været til stede, står i modstrid med en erklæring fra den person, der var ansvarlig for strålebeskyttelsen i "Centrallager radioaktiv" i luftvåbnets materieldepot 81, som Radarkommissionen har besøgt, ifølge hvem denne maling var til rådighed i hvert fald i forbindelse med amerikansk udstyr som fast bestanddel af leveringen. Ved et besøg på et NIKE-våbensystem blev dette demonstreret ud fra et eksempel med en urviser, som åbenlyst var blevet malet uprofessionelt med radioaktiv selvlysende maling og som var blevet leveret samme dag, som kommissionen kom på besøg (!). Denne demonstration gjorde indtryk på Radarkommissionen.

Udskiftningen af den radiumholdige selvlysende maling, som var blevet påbegyndt i midten af 60'erne i henhold til frasorteringsordren, trak ud i årevis – afhængigt af radaranlægget – med brug af de ovennævnte overgangsregler, og blev åbenbart trods modsat rettede ordrer i det mindste delvist klaret med den allerede nævnte afkradsning - uden beskyttelsesudstyr. Dette blev bekræftet over for kommissionen med hensyn til

7 Et tiltag med tilsyneladende begrænset nytteværdi, da lakken åbenbart igen faldt af efter noget tid.

NIKE for årene 1976 - 1977 ved høring af en tidligere NIKE-soldat, der var aktiv soldat (og som ikke har søgt om erstatning som følge af tilskadekomst under tjenesten).

Noget lignende blev berettet om marinearsenalet i Wilhelmshaven. Strålebeskyttelsesaspekter spillede i den forbindelse åbenbart en underordnet rolle. Det blev berettet over for Radarkommissionen, at man først fra 1976 (som følge af de kendte begivenheder med uønsket røntgenstråling) selv på medarbejder-niveau var blevet tilstrækkeligt sensible med hensyn til mulige risici som følge af sådanne arbejdsaktiviteter. Disse udsagn stemmer godt overens med de allerede nævnte dokumenter om strålebeskyttelsesbelæringer i forbindelse med arbejde på et af luftvåbnets værksteder. Belæringer dokumenteret i det første år (1970) er åbenbart kun relateret til radioaktive stoffer, som var indsat i rør (til for-ionisation). I 1972 findes for første gang henvisninger til omgangen med selvlysende maling og først i 1974 henvises der til forbuddet mod afkradsning af selvlysende maling.

Derimod kom der ikke nogen informationer ud høringen vedrørende NASARR, om at de dér arbejdende radarmekanikere havde udført sammenlignelige arbejder. Den dér eksisterende radioaktive selvlysende maling var fast bestanddel af instrumenterne og anbragt bag glas⁸.

I tilsyneladende betydeligt større omfang end med radarmekanikere blev sådanne arbejder dog åbenbart udført af ikke-militært personel. På 18 personer fra denne personkreds blev der i 1977 i kerneforsknings-anlægget i Jülich gennemført indtagelsesmålinger ved hjælp af helkropstællere [KEA 1977]. I den forbindelse blev der kun i et tilfælde dokumenteret radium-aktivitet, og ganske vist i området for målegrænsen på ca. 1 nCi (37 Bq). Dog blev der i henhold til de papirer, som kommissionen havde fået rådighed til, ikke gennemført vurderinger af de mulige radium-indtag ud fra målingerne.

Resume

Alt i alt har Radarkommissionen i forbindelse med undersøgelserne af omgangen med radioaktiv selvlysende maling i "Bundeswehr" og beskyttelsesforanstaltninger fået et differentieret billede.

I startårene blev der i større omfang brugt radioaktiv selvlysende maling, væsentligst Ra-226. Øjensynligt var det også over længere perioder normalt at fjerne selvlysende maling i forbindelse med istandsættelse og ny påføring.

Frasorteringen af denne maling, der allerede blev besluttet i 60'erne, blev i 1967 udsat med en overgangsbestemmelse, som først trådte ud af kraft i 1980. Hvordan udskiftningen af den radiumholdige selvlysende maling i detaljer foregik i denne periode, kan man ikke mere danne sig en forestilling om. Der findes klare oplysninger om, at afkradsningen af selvlysende maling – selvom det tilsyneladende havde været forbudt siden 1967 – blev praktiseret i det mindste på en del af radaranlæggene indtil midten af 70'erne.

Siden begyndelsen af 80'erne blev problemet håndteret mere konsekvent. Dette har efter kommissionens overbevisning ført til, at sandsynligheden for en eksposition som følge af radiumholdig selvlysende maling fra da af har været betydeligt ringere end i årtierne forinden, også selvom der stadig eksisterer nogle restbeholdninger. Dette udsagn gælder i endnu større grad for risikoen for indtag af radium.

3.1.2 Nationale Volksarmee

Den forordning, der er af betydning for strålebeskyttelsen i forbindelse med omgangen med radioaktiv selvlysende maling er Forordningen om beskyttelse mod den skadelige virkning fra ioniserende stråling af 10. juni 1964 - strålebeskyttelsesforordningen - (GBI II nr. 76, side 655), som blev revideret i 1969 (GBI II

⁸ Ved andre markeringer på skalaerne, som var meget omdiskuteret i forbindelse med høringen vedrørende NASARR, drejer det sig højst sandsynlig ikke om radioaktiv selvlysende maling.

nr. 99, side 627) og ændret i 1984 og offentliggjort som Forordning om sikring atomsikkerheden og strålebeskyttelsen af 11. oktober 1984 (GBI I Nr. 30, side 325). Denne strålebeskyttelsesforskrift var umiddelbart gældende for "Nationale Volksarmee, og "Nationale Volksarmee" var selv ansvarlig for at realisere forskriften i sit kompetenceområde.

Med hensyn til anvendelsen af radioaktiv selvlysende maling blev der under høringen rapporteret om, at skalaerne i de radaranlæg hos "Nationale Volksarmee, som deltagerne var bekendt med, ikke var påført radioaktiv selvlysende maling, men derimod var belyst med små lamper. Dette blev bekræftet over for kommissionen ved besigtigelsen. AG Radar havde heller ingen oplysninger om brugen af radioaktiv selvlysende maling på radaranlæg tilhørende "Nationale Volksarmee.

3.2 EKSPPOSITION SOM FØLGE AF RADIOAKTIVE STOFFER OG SELV- LYSENDE MALING

I radaranlæg tilhørende "Bundeswehr" blev der anvendt forskellige typer selvlysende maling for at kunne aflæse skalaer, regulatorer og visere i fuldstændig mørke.

Der blev desuden anvendt radioaktive stoffer til for-ionisation af elektronrør og spændingsafledere: Til det formål blev der anvendt radionuklider H 3, Co 60, Kr 85, Cs 137 og Ra-226. I den forbindelse var aktiviteterne i henhold til de papirer, som Radarkommissionen fik stillet til rådighed, så lave at dosishastigheden i en afstand af 5 cm fra røret sjældent nåede eller overskred 5 $\mu\text{Sv/h}$. En indre stråleeksposition som følge af indtag ville især ved afmontering og bortskaffelse af defekte elektronrør have været mulig, men på grund af de anvendte aktiviteter og deres kemiske form (gas, metal, keramik) var ekspositionen generelt set ikke dosisrelevant.

På trods af de alt i alt ret vage oplysninger går kommissionen på grundlag af egen efterforskning i forbindelse med høringerne og besigtigelserne ud fra, at signifikante akkumulerede doser fra radioaktive stoffer ved radaranlæg på grund af deres absolut overvejende anvendelse og alfastrålekildernes høje radiotoksitet kun kan være forårsaget af den selvlysende maling, som indeholdt radionuklidet Ra-226. Dette nuklid med en halveringstid på 1.600 år blev anvendt over mange årtier efter indførelsen af radaranlæg i "Bundeswehr" som bestanddel i den selvlysende maling, i hvilken forbindelse den udsendte alfastråling blev udnyttet for at fremkalde permanente lyseffekter.

Den ydre bestråling af Bundeswehr-personellet fra radiumholdig selvlysende maling lå i henhold til [AG Radar 2002 c] i en afstand af 30 cm foran sikkerhedsafbrydere med en aktivitet på ca. 10 kBq under ca. 3 $\mu\text{Sv/h}$ og ved en kompasrose under ca. 7,5 $\mu\text{Sv/h}$. Egne målinger med flere TL-dosimetre i et Starfighter-cockpit i Kaufbeuren, hvis armaturer i henhold til oplysninger fra "Bundeswehr" stadig var udstyret med gamle Ra-226-skiver, gav ikke højere måleværdier. Kommissionen mener, at de angivne dosishastigheds-værdier på arbejdsstedet er plausible som overgrænser for beregningen af den eksterne stråleeksposition.

En indre bestråling som følge af indtag af partikler fra ikke berøringssikkert afdækket radioaktiv selvlysende maling kan efter AG RADAR's vurdering af arbejdspladsforholdene opstå i enkelttilfælde. Problemet med indtagelse af sådanne partikler vurderes af AG RADAR som værende lav på grund af aftørringstests, som har vist en nedbrydning på 10 Bq og med henvisning til, at et sådan indtag ville føre til en akkumuleret effektiv dosis på mindre end 3 μSv , er problemet ikke blevet nærmere undersøgt [AG Radar 2002 e].

Også indånding vurderes kun med henblik på Rn 222- henfaldsprodukter og betragtes ikke som relevant.

På grundlag af høringerne og besigtigelserne af systemerne HAWK, NIKE, NASARR, CPN 4 og SGR har kommissionen fået et samlet billede, der er helt anderledes: Det var ikke muligt at indtage Ra-226 ved at berøre markeringer eller påskrifter i enhederne. Problemet opstod og var overvejende til stede i værksteder, hvor der er opstået væsentlige risici for indtag som følge af afkradsning af gammel selvlysende maling,

Rapport fra den tyske Radarkommission

afslibning eller til dels også ved opmaling af afblegede markeringer. Endvidere har kommissionen fået rapporteret, at sådant arbejde også i stillingerne var nødt til at blive udført af radarteknikere. Kommissionen har i flere høringer på plausibel vis fået rapporteret, at især fjernelsen af radiumholdig selvlysende maling fandt sted uden tilstrækkelig beskyttelse (personlig beskyttelsesudrustning). Behandlingen af det radioaktive affald svarede ikke altid til den nødvendige standard.

Derfor synes kommissionen ikke, at en vurdering af den tilførte dosis i henhold til RADAR AG's metode, som efter egne oplysninger udelukkende ser på berøringen af ikke afdækningssikkert anbragte afbrydere, er tilstrækkelig, når det drejer sig om de berørte personer, der ifølge egne oplysninger har kradset eller slebet Ra-226 af.

Hvis man kendte hyppigheden af den mulige omgang med åben Ra-226-aktivitet, den til hver en tid gennemførte arbejdsaktivitet og brøkdelen for den aktivitet, der kan indtages, kunne man foretage en dosisvurdering i det enkelte tilfælde. Men dette er efter kommissionens opfattelse ikke muligt, da de pågældende informationer mangler.

Kommission har derfor undersøgt muligheden for at rekonstruere det reelle indtag og den deraf resulterende dosis ved hjælp af måleteknisk bestemmelse af det Ra-226-depot, der den dag i dag stadig findes i kroppen. Til det formål var det nødvendigt først af afklare spørgsmålet, om det var hensigtsmæssigt at gennemføre målingen med de opnåelige dokumentationsgrænser ved hjælp udskillelsesanalyse eller helkropsmåling på nuværende tidspunkt og dermed muligvis årtier efter indtaget.

Indtaget radium oplagres ved indånding i første omgang i lungerne. Den gamle selvlysende maling indeholdt radiumsulfat på kunstharpiksbasis. Den udgjorde dermed en svært opløselig forbindelse. Derfor kan man gå ud fra, at inhaleret radium i første omgang danner et depot i lungerne. På grund af sine kemiske egenskaber oplagres radium både ved indånding og ved indtagelse primært på knogleoverfladen og bindes i lang tid. Disse aktivitetsdepoter nedbringes over årene ved udskilning af Ra-226 i urinen. For at få dosimetrisk brugbare data kan metoderne med urin-analyse tages i anvendelse.

Den potentielle dosisrelevans for disse arbejdsaktiviteter vil blive vist efterfølgende med et regneeksempel:

Antager man en tilførsel på ca. 50 kBq Ra-226 på et tidspunkt for ca. 10, 20 eller 30 år siden, så resulterer dette både i tilfælde af en indånding (inhalation) og i tilfælde af "spisning" (ingestion) i det i tabel 3-1 angivne helkropsindhold respektive udskillelsesrater op til den dag i dag⁹. Dette er gennemsnitsværdier, der skal tilpasses til de individuelle forhold i det konkrete tilfælde.

Tab. 3-1: Aktivitet for Ra-226 i helkroppen hos en voksen og Ra-226 aktivitet i urinen 10, 20 og 30 år efter indtaget af 50 kBq Ra-226 (ud fra data [Potter 2002], dosisberegning ifølge Bundesanzeiger „Dosiskoeffizienten til beregning af stråleekspositionen" bind 2, 2001)

	10a	20a	30a
Helkropsindhold, Bq	100	60	42
Urin, mBq/d	0,49	0,18	0,1
Akkumuleret dosis spisning; Sv (organ: Knogleoverflade)	0,31 Sv	0,44	0,52
Akkumuleret dosis indånding; Sv (organ: Lunge)	0,85 Sv		

9 Med dette taleksempel antages ikke, at indtaget virkeligt er sket med denne dosis

Rapport fra den tyske Radarkommission

Man erkender, at helkropsindholdet ganske vist ligger signifikant over det naturlige baggrunds niveau på 0,3 - 4 Bq [Eisenbud 1987], men at dokumentationsgrænsen for en måling af urinudskillelsen på ca. 1 mBq/d underskrides for alle indtagstidspunkter, der er antaget i beregningerne. Dermed bliver det tydeligt, at metoden med udskillelsesanalysen ikke egner sig til retrospektiv beregning af radium-indtaget, som kan føre til en stråleeksposition på højde med den delkropsdosis, der er relevant, hvis man efter den nuværende praksis skulle have anerkendt en erhvervsbetinget sygdom.

Situationen ved helkropsmålinger vises tydeligt i tabel 3-2.

Tabel 3-2. Dokumentationsgrænse for Ra-226 ved helkropsmålinger ved den direkte måling af Ra-226 samt den indirekte bestemmelse ud fra henfaldsprodukterne Pb-214 og/eller Bi-214

Nuklid	Energi (keV)	Dokumentationsgrænse (kBq) ved en måletid på		
		10 min	30 min	60 min
Ra-226	186,1	1,13	0,93	0,87
Pb-214	351,9	0,095	0,078	0,073
Bi-214	609,3	0,061	0,050	0,047

Kropsdepoter på 0,1 kBq efter 10 a i henhold til tabel 3-1 kan dokumenteres med henfaldsprodukterne Pb-214 eller Bi-214; man skal dog være opmærksom på, at disse radon-henfaldsprodukter (nedbrydningsprodukter) aktivitet kun er 30% af Ra-226. Ved lange måletider på ca. 60 minutter lykkedes det at dokumentere aktiviteten op til 47 Bq (Bi-214) efter 30 a.

En yderligere forbedring af dokumentationsgrænsen ville være mulig med en kranium-delkropsmåling.

4 **HIDTIDIG FREMGANGSMÅDE VED BESTEMMELSE AF ERSTATNINGSDOSER**

Kommissionen har i alt fået forelagt 17 fastsættelser af en erstatningsdosis fra forsvarsministeriet. Disse bestemmelser er gennemført af forskellige forsvarsregionsforvaltninger. Dataene i disse officielle afgørelser lå mellem 04.12.2001 og 23.11.2002. Det drejer sig i den forbindelse om erstatningssøgende, som var beskæftiget ved systemerne HAWK (13 personer), NASARR (2 personer) og AN/CPN-4 (2 personer, hvoraf en yderligere gjorde tjeneste ved TACAN AN/GRN9A). I nogle af de tilfælde, som er blevet forelagt for kommissionen, var afgørelserne dog allerede truffet før gennemførslen af den i det følgende analyserede erstatningsdosis-beregning og er derfor baseret på tidligere dosisestimer.

Det væsentligste grundlag for alle fremlagte erstatningsdosis-bestemmelser udgøres af delrapporterne fra „AG Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar“ (AG RADAR), i hvilke de informationer, der er til rådighed i ”Bundeswehr” for det respektive behandlede våbensystem med hensyn til tjeneste, komponenter med uønsket stråling, dosishastigheder på stedet, radioaktive stoffer samt karakterisering af arbejdet og arbejdstiderne er sammenfattet. Disse rapporter blev derfor inddraget i kommissionens analyser.

For de våbensystemer, der i vidt omfang blev anvendt i ”Nationale Volksarmee” og i værnene i ”Bundeswehr”, og som indeholdt potentielle komponenter, der udsender uønsket stråling, har kommissionen diskuteret spørgsmålet om arbejdsprofiler, arbejdstider og ekspositionsbetingelser udførligt med eksperterne i forbindelse med høringerne, der var udpeget af forsvarsministeriet (bl.a. medlemmer af AG RADAR) og ”Bund zur Unterstützung Radargeschädigter”.

Med hensyn til forsvarsregionsforvaltningernes fremgangsmåde må kommissionen på grundlag af disse papirer og høringer konstatere:

(a) *Dosimetrisk målstørrelse*

I de administrative afgørelser, som forelægges kommissionen, beregnes den effektive dosis i reglen som dosimetrisk størrelse. Kun i fire af de 17 erstatningsdosis-beregninger bestemmes organdoser eksplicit. Men også for tre af disse tilfælde vil den respektive beregnede effektive dosis blive lagt til grund for vurderingen af spørgsmålet, om de sundhedsskader, der gøres gældende, kan være forårsaget af stråleekspositionen. Kun i et tilfælde er den officielle afgørelse baseret på vævets organdosis, som en tumor havde manifesteret sig i.

Kommissionen konstaterer, at den effektive dosis ikke bør bruges til bestemmelse af årsagssandsynligheden for en kræftsygdom som følge af ioniserende stråling. Den effektive dosis er i det væsentligste et planlægningsinstrument. For at vurdere årsagssandsynligheden for en specifik tumor er det derimod organdosen i det berørte væv, der er den relevante størrelse. Den bør udgøre grundlaget for de social- og arbejdsskademedicinske ekspertvurderinger (oversætterkommentar: de tyske myndigheder opererer med et begreb ”Versorgungsmedizin”, som bruges når en person, skal tilkendes en social ydelse. Begrebet findes ikke på dansk, men svarer nærmest til ”social- og arbejdsskademedicin) og dermed grundlaget for de officielle afgørelser (jf. kap. 6).

Med hensyn til spørgsmålet om den aktuelle praksis fik kommissionen følgende meddelelse (BMVg PSZ SdB Radar, e-mail af 26. 11. 2002): „Med cirkulære fra den tyske arbejdsministerium af 13. maj 2002 blev der fastlagt holdepunkter for den sagkyndige vurdering inden for den sociale erstatningsret. Her er det for første gang med generel bindende virkning beskrevet, at for vurderingen af den konkrete sygdom i en kropsdel skal dennes organdosis inddrages. Efter at dette cirkulære fra slutningen af september er blevet kendt hos tilsynsmyndighederne, gennemføres den standardmæssige beregning af organdoserne på grundlag af det her udviklede regneark, for at de lægelige eksperter kan få stillet de nødvendige data i henhold til cirkulæret fra det tyske arbejdsministerium til rådighed.”

Kommission kan ikke bekræfte det udsagn, der blev afgivet over for kommissionen, da det kun er fire af de syv erstatningsdoser, der blev udfærdiget fra slutningen af oktober til november 2002, der udelukkende henviser til den effektive dosis.

(b) *Antagelser med hensyn til maksimalenergien for komponenterne, der udsender uønsket stråling*

Et af de afgørende parametre for vurderingen af mulige sundhedsskader udgøres af den uønskede strålings energifordeling, da denne er bestemmende for indtrængningsdybden i vævet og dermed for de potentielt eksponerede organer. I de fremlagte erstatningsdosis-beregninger sættes røntgenstrålingens energi udelukkende til at være den nominelle spænding for den respektive komponent, der udsender uønsket stråling (mere præcist: dens anodespænding). Da dette fysisk svarer til maksimalenergien for den udsendte ioniserende stråling¹⁰, fører denne antagelse i reglen til en systematisk overvurdering af den beregnede dosis.

De høringer, som kommissionen har gennemført, viste på den anden side, at de derværende højspændinger under længere driftsfaser kunne over- eller underskride mærkespændingerne betydeligt. Som grund herfor blev der - på en for kommissionen overbevisende måde - beskrevet, at nye rør i første omgang blev brugt ved reduceret spænding i forhold til mærkespændingen, men at der dog blev kompenseret for rørenes ældningseffekter og driftsmæssige krav (så som vejrligsbetinget forhøjelse af sendeeffekten, bedre afstemning af senderen) rutinemæssigt ved hjælp af en forhøjelse af anodespændingen (og dermed af den uønskede stråling). De perioder, hvor en spændingsforhøjelse var nødvendig for at udligne ældningseffekter, blev over for kommissionen sat til ca. 50 % af levetiden for de respektive rør. For variationsbredden blev der specificeret et interval på ca. 70 % til 130 % af mærkespændingen.

Også højspændingsværdierne, som er registreret i protokollerne for de målinger, der fra slutningen af 70'erne er gennemført på komponenter med uønsket stråling giver ingen valide informationer. Kommissionen har ved høringerne overbevist sig om, at der på de radaranlæg, der var almindelige i "Bundeswehr", ikke var eller er monteret indikatorer, hvorfra den driftsmæssige højspænding på enkelte komponenter med uønsket stråling kunne aflæses. De udspurgte daværende medlemmer af strålingsmåleinstanser i "Bundeswehr" kunne kun spekulere på, hvor de højspændingsdata, der var angivet i protokollerne, stammede fra. En eksakt registrering af den driftsmæssige højspænding på de enkelte komponenter med uønsket stråling blev ikke tillagt nogen betydning.

Da den driftsmæssige anodespænding påvirker røntgenstrålingens maksimalenergi lineært, dens gennemsnitlige energi underlineært og dens intensitet tydeligt overlineært [Lehman 1970] er det ikke muligt at sige noget om antagelsen om, at en energi fra røntgenstrålingen på størrelse med anodespændingen for de producerende rør fører til en overvurdering af den beregnede erstatningsdosis. Kommissionen ser på den anden side ingen muligheder overhovedet for retrospektivt af finde frem til data for de driftsmæssige højspændinger på de enkelte komponenter, der udsender uønsket stråling.

(c) *Brug af maksimale måleværdier for dosishastigheden på arbejdsstedet*

Såfremt der findes relevante data, vil den respektive maksimalværdi for dosishastigheden på arbejdsstedet, der er målt for hver komponent, der udsender uønsket stråling, blive lagt til grund for de fremlagte identificeringer af erstatningsdosen. Denne metode har kommissionens principielle samtykke, da - som udførligt diskuteret i kap. 2.3.2 - variabiliteten af

10 Til sammenligning: den gennemsnitlige energi for den udsendte stråling, som filtreres ved hjælp af rør, ligger typisk på ca. 50 -75% af denne maksimalenergi.

Rapport fra den tyske Radarkommission

dosishastigheden, der er dokumenteret for mange komponenter, der udsender uønsket stråling, afspejler forskellige mulige driftstilstande, også selvom det ikke kan udelukkes, at manglende kvalitetsstyring af de historiske målinger har leveret et ikke kvantificerbart bidrag til denne variabilitet (jf. kap. 2.3.1).

Da personalet ikke er blevet overvåget dosimetrisk, er forsvarsregionsforvaltningernes fremgangsmåde med at ansætte de maksimale dosishastigheder under den samlede arbejdstid ved de respektive komponenter, der udsender uønsket stråling, ud fra kommissionens synspunkt ligeledes uden alternativ.

Som forklaret i kapitel 2.3.2 kan denne fremgangsmåde ikke bruges (a) på komponenter, der udsender uønsket stråling, som der ikke eller kun i så ringe tal findes måleværdier for, at variabiliteten af de driftsmæssigt mulige dosishastigheder på arbejdsstedet ikke registreres, (b) for tjenestetider, som ligger før påbegyndelsen af systematiske målinger af de for de enkelte erstatningssøgende relevante komponenter, der udsender uønsket stråling.

Der skal afsluttende henvises til et aspekt ved identificeringerne af dosishastighederne i de fremlagte officielle afgørelser: For PAR ved HAWK lægger flere forsvarsregionsforvaltninger udover maksimalværdien 90% af de i delrapporten fra "AG Aufklärung der Arbeitsplatz-verhältnisse Radar" dokumenterede måleværdier til grund for dosisberegningen. Den resulterende dosis vurderedes som

„sandsynlig værdi“,

„dosis i 90 % af tilfældene“,

„sandsynlighed, at den absorberede totaldosis er mindre, andrager 90%

eller

„Med høj sandsynlighed er den ved PAR absorberede totaldosis mindre...“.

Kommissionen betragter generelt dosisberegningerne med andre dosishastigheder end de respektive målte maksimalværdier for at være undværlige. Kommissionen anbefaler indtrængende, i det mindste at renoncere på de ovenfor citerede statistisk problematiske fortolkninger af resultaterne og henviser som begrundelse til de pågældende udredninger i nærværende rapport (kap. 2.3.2).

(d) *Involvering af de erstatningssøgende*

For at fastslå de tidligere belastningsbetingelser er det generelt udøvet praksis både at inddrage arbejdsgiverens dokumentation og de berørte personers individuelle oplysninger. Derved relativiseres på den ene side manglende undersøgelsesresultater og på den anden side subjektive vurderinger.

De officielle afgørelser, som kommissionen har undersøgt, viser i et enkelt tilfælde, at ansøgerens oplysninger er blevet inddraget; i de resterende 16 tilfælde lægges udelukkende sagens akter til grund. For det meste findes den stereotype passus:

„Som følge af den forud fastsatte sagsbehandlingstid var det ikke muligt at foretage en udspørgning af de berørte personer. Der kan derfor ikke gås ind på specielle forhold. Ved beregningen af erstatningsdosen vil der derfor blive gået frem ved hjælp af delrapporten fra arbejdsgruppen (...) strikt i henhold til sagens akter.“

Kommissionen forstår dette i den retning, at i disse tilfælde har forsvarsregionsforvaltningen ikke forsøgt at indhente informationer fra de pågældende erstatningssøgende. Det velkomne mål med en hurtig sagsbehandling virker ikke overbevisende som undskyldning, da der ved organisering af arbejdet - analog til praksis i USA – er mulighed for at få en erstatningssøgende til at deltage, hvis

Rapport fra den tyske Radarkommission

der sættes snævre tidsrammer for en tilbagemelding, og udfærdigelsen af den officielle afgørelse går hurtigt.

Som dokumenteret andetsteds i nærværende rapport har kommissionen i de høringer, den har gennemført, overbevist sig om, at arbejdsbetingelser og -tider, beskyttelsesforanstaltninger og belæringer kunne variere væsentligt, således at der ikke kan renonceres på en medtagelse af de individuelle arbejdsbetingelser. Dette illustreres på eksemplarisk vis af fastlæggelsen af arbejdstiden i den eneste officielle afgørelse, der er fremlagt, hvor arbejdstiden alene er baseret på den erstatningssøgendes oplysninger: afhængigt af den komponent, der udsender uønsket stråling, ligger denne op til faktor 5 højere end de normalt ansatte tal i rapporten fra AG RADAR.

Der er over for kommissionen blevet berettet om, at radarteknikere i "Bundeswehr" i mangel af egnede normerede stilling i begrænsede perioder formelt kunne overføres til andre stillinger, således at muligheden for en eksposition i disse arbejdsperioder på forkert vis blev udelukket i henhold til sagens akter. Også selvom dette skulle være sket sjældent, kan den berørte personkreds kun identificeres ved en høring af hver enkelt erstatningssøgende.

(e) Kvalitetssikring

Kommissionen fandt ved sammenligning af de fremlagte officielle afgørelser en mangfoldighed af forskellige fremgangsmåder, antagelser og parameterfastlæggelser. De fremgangsmåder, der er relevante for beregningen af erstatningsdosen er sammenfattet i tabel 4-1. . Inden disse kommenteres i detaljer, skal der gøres tydeligt opmærksom på den utilstrækkelige kvalitetssikring af erstatningsdosisberegningerne, som derved manifesteres – dette udgør ud fra kommissionens synspunkt et væsentligt minus ved de officielle afgørelser, der er blevet forelagt for kommissionen.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Tabel 4-1 Forskelle i antagelserne og i fremgangsmåden i forbindelse med beregningen af erstatningsdosen for de 17 analyserede officielle afgørelser

Person nr.	Våbensystem	Ekspositions-varighed pr. komponent med uønsket stråling [h/a]	Antagelse for dosis-beregningen		Eksposition for ²²⁶ Ra [mSv/a]	
			HK ^{f)}	DK ^{f)}	eksternt	spisning
1	Basic - HAWK - HPIR	450 / 50 ^{a)}	X		1,5	1,0
2	HAWK -PAR	500	X		1,5	1,0
	- HPIR	500 / 50 ^{a)}	X		1,5	1,0
3	I -HAWK -PAR	500	X		1,5	1,0
4	AN/CPN - 4	^{b)}		X	4,8	0
5	HAWK - PAR	576			1,5	1,0
	-HPIR	576 / 48 ^{a)}	X			
6	AN/CPN - 4	400		X	6,5	0
	TACAN AN/GRN9A	400		X	0	
7	HAWK-PAR	500	X		1,5	1,0
8	HAWK -PAR	480			1,5	1,0
9	I -HAWK -PAR	500	X		1,5	1,0
10	I-HAWK-PAR	500			1,5	1,0
11	NASARR	50/150/100 ^{c)}		X	1,2	0
12	HAWK -PAR	500	X		1,5	1,0
	-HPIR	500/50 ^{a)}	X		1,5	1,0
13	HAWK -PAR	500	X		1,5	1,0
	-HPIR	500/50 ^{a)}	X		1,5	1,0
14	HAWK- PAR	480 ^{d)}	X		1,5	1,0
	-HPIR	0 ^{e)}	-		-	-
15	HAWK - PAR	500	X		1,5	1,0
16	I -HAWK -PAR	500	X		1,5	1,0
17	NASARR	250/750/100 ^{c)}		X	2,44	0

^{a)} i 30 cm/5 cm afstand

^{b)} ikke oplyst

^{c)} pr. komponent med uønsket stråling og arbejde

^{d)} beregnet ud fra oplysningerne om dosisberegningen

^{e)} det antages, at der under den samlede tjenestetid blev gennemført arbejde på PAR

^{f)} HK: homogen helkrops-ekspostion; DK: arbejdspladsspecifik delkrops-ekspostioner

Detaljer vedrørende tabel 4-1:

(i) Arbejdsprofiler

Det overvejende antal erstatningssøgende var beskæftiget ved våbensystemet HAWK. Delrapporten fra „AG Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar" betegner radaranlæggene PAR og HPIR som de væsentlige kilder til ioniserende stråling. Det er påfaldende, at der i tabel 4-1 antages et enkeltstående arbejde ved et af disse to radaranlæg, for andre antages derimod en tjeneste ved begge anlæg¹¹. Som begrundelse anføres, at den respektive erstatningssøgende i henhold til sagens akter kun har tjenestegjort på den i tabellen anførte radar som mekaniker, eller

11 Dette kan ikke forklares med, at det udelukkende var sidstnævnte, der var medlem af en støtteenhed (DSU – Direct Support Unit), som i påkommende tilfælde skulle inddrages til mere komplekse reparationer på alle radaranlæg i en HAWK-kampeskadrille.

Rapport fra den tyske Radarkommission

også, at arbejdet på andre anlæg end det medtagne ikke har kunnet føre til en stråleeksposition, da tjenesten dér fandt sted som operatør og ikke som mekaniker.

Der er derimod over for kommissionen ved en høring berettet (kontrollerbart og ikke modsagt) om, at ved reparations- eller justeringsarbejder på et radaranlæg ydede den operatør¹², der arbejdede på radaren, eller mekanikerne på andre radaranlæg i HAWK-batteriet bistand. Denne praksis er især beskrevet som normal i årene før 1990, hvor der dels var høje udfaldsrater for de enkelte radaranlæg og dels krav om høje rådighedstider og hurtig retablering efter udfald på grund af den militære truende situation.

Tidligere medarbejdere, der var beskæftiget ved de pågældende anlæg, har over for kommissionen berettet (kontrollerbart), at det for at undgå længerevarende udfald af anlæggene var en selvfølge, at operatørerne påtog sig mekanikerarbejde, også ved radaranlægget AN/CPN-4. Lederen af „AG Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar“ har samtykket i at karakterisere dette med, at der ikke er taget tilstrækkeligt hensyn hertil i den pågældende delrapport fra AG radar.

Ved en høring omkring våbensystemet NIKE blev det bekræftet, at i lighed med HAWK arbejdede radarteknikerne her ofte med reparation af andre anlæg end de, som de var ansvarlige for, da de krævede tidsmæssige rådighedstider ellers ikke ville være blevet overholdt.

Da sådant bistan SARBEJDE ikke fremgår af papirerne i personalesagerne, bør de erstatnings-søgendes anbringender efter kommissionens opfattelse her lægges til grund for antagelsen om ekspositionsvarigheden ved de enkelte komponenter, der udsender uønsket stråling

(ii) *Arbejdstidsansættelser*

De i tabel 4-1 anførte forskelle i de tilgrundlagte ekspositionsvarigheder pr. komponent med uønsket stråling forbliver uforståelige, da disse eksempelvis for de ansatte ved HAWK ikke er baseret på individuelle forklaringer fra de erstatningssøgende, men udelukkende på forskellige antagelser hos de enkelte forsvarsregionsforvaltninger. Dette virker så meget mere forbavsende som, at alle disse officielle afgørelser er relateret til den pågældende delrapport fra „AG Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar“ og til den der trufne ansættelse af arbejdstiden.

Fremgangsmåden for denne arbejdsgruppe ved beregningen af de i dens delrapporter dokumenterede arbejdstidsansættelser blev af dens leder forklaret med, at den i det væsentlige beroede på udspørgninger af radarteknikere¹³, hvis oplysninger blev vurderet¹⁴ for deres plausibilitet af det medlem af AG, som var havde med registreringen at gøre, og sammenfattet til gennemsnitlige arbejds- og ekspositionstidsansættelser. Informationer og fremgangsmåde er kun dokumenteret ufuldstændigt internt af arbejdsgruppen, således at det ikke har været muligt at efterkontrollere disse.

Høringerne har resulteret i generelle og våbensystemspecifikke punkter, som kommissionen mener der skal tages hensyn til fremover ved bestemmelse af erstatningsdosen:

12 Dette oplyses også i delrapport fra „AG Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar“

13 Blandt disse var der også flere, som deltog i de høringer, kommissionen har gennemført for at bistå „Bund zur Unterstützung Radargeschädigter“ (BzUR)

14 Derfor blev denne opgave om muligt overdraget til et arbejdsgruppe-medlem, som selv havde arbejdet ved det respektive våbensystem som soldat.

Rapport fra den tyske Radarkommission

- Generelt set gav diskussionerne det billede, at det storpolitiske koldkrigs-klima både i "Bundeswehr" og i "Nationale Volksarmee" har haft en væsentlig indflydelse på det til enhver tid krævede indsatsberedskab og dermed på arbejdstiderne og -betingelserne for radarteknikerne. Således var arbejde i flerdages-skift og syvdages-uge udbredt for denne personkreds i "Bundeswehr" i 60'erne. Lignende krav, som kunne skabe yderligere ekspositions-betingelser¹⁵, er også blevet beskrevet over for kommissionen for tidsrummet frem til 1989, eksempelvis for FlaRak-våbensystemerne. Sådanne tids- og tjenestespecifikke individuelle arbejdsbetingelser afdækkes ikke nødvendigvis af arbejdstidsansættelser i delrapporterne fra „AG Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar“. Sagens forhold understreger nødvendigheden af at opprioritere plausible oplysninger fra de erstatningssøgende præference frem for de standardiserede ansættelser i delrapporterne fra AG RADAR, når det drejer sig om ansættelse af erstatningsdosen.
- I forbindelse med høringen vedrørende P-15 redegjorde den tilstedeværende tidligere soldat, som gjorde tjeneste ved dette anlæg i 1969-1970 som tekniker og radiopejler, at i undtagelsestilfælde blev der gennemført reparationsarbejder på senderen med åben dør og under højspænding. Dette blev bekræftet af en repræsentant for "Bundeswehr" og tidligere "Nationale Volksarmee"-officer med erfaring med P-15. Selv hvis sådanne arbejder kun sjældent var nødvendige (intervallet er samstemmende angivet til at være ca. en gang hver anden måned) og tidsmæssigt begrænsede, kunne dette afstedkomme en væsentlig bestråling.
- Antagelsen af 24-timers-arbejdsskift for HAWK-mekanikerne i delrapporten fra "AG Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar" svarer til nutidige forhold. Tidligere var 72-timers-arbejdsskift, og fra ca. 1985 48-timers-skiftehold (med ugentlige arbejdstider på over 80 timer) normale. Ved høringen vedrørende HAWK kunne der efter udførlige diskussioner nås frem til, at en ansættelse på 30% af de 80 timer for arbejde på radaranlæggets sendere for denne tidlige fase var dækkende.
- Ved høringen vedrørende våbensystemet NIKE blev det meddelt, at klystronrøret HIPAR var en ekstrem dyr komponent, som på grund af en producentfejl (ombyttet poling) flere gange var gået i stykker efter kort tids brug. Dette betød, at udskiftningseksemplaret af dette klystronrør, som var omgivet af en massiv afskærmning, i reglen blev taget i brug før påsætning af afskærmningslugen. Baggrunden for denne fremgangsmåde var, at man uden afskærmning kunne observere direkte og ved fejl kunne man nå at stoppe anlægget rettidigt og skifte om på spændingspolariteten. Dette blev bekræftet af et medlem af „AG Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar" med erfaring fra våbensystemet NIKE. Også selv om det ikke var nødvendigt at udskifte klystron-røret ofte og den her beskrevne procedure med sætte anlægge i gang igen kun tog kort tid, kunne dette afstedkomme en væsentlig bestråling.
- Høringen vedrørende NASARR på Starfighter-jagerbomberne dokumenterede, at der både med hensyn til arbejdstiderne og arbejdskravene og de dermed tilknyttede ekspositionssituationer er væsentlige forskelle mellem mekanikere, som på den ene side var beskæftiget i eskadrillerne og på den anden side i luftvåbnets værksteder med istandsættelse. Sidstnævnte gruppe af arbejdspladser var kendetegnet af en betydeligt højere andel dosisrelevant arbejde, eksempelvis langvarige justeringsarbejder på sender-magnetronen, hvor hoved og dele af overkroppen på befandt sig direkte i det opadrettede strålebundt fra radaranlæg i luftvåbnet. Fra midten af

15 Således blev der for flere våbensystemer (HAWK, SGR-103, P-18) berettet om radarteknikers praksis med at overnatte foran radaranlæggene, for ved nedbrud straks at være til disposition – i det enkelte tilfælde, for ikke at miste tid, sågar ved åbne anlæg, såfremt en retablering af driftsberedskabet var påkrævet inden for kortest frist ("5-minutters-status")

Rapport fra den tyske Radarkommission

70erne blev disse komponenter med uønsket stråling udskiftet med konstruktivt ændrede magnetroner, hvor justeringsproceduren var væsentligt simplere og mulig uden eksposition, således at - udover arbejdspladsen – også tidspunktet for arbejdet har væsentlig betydning for ekspositionstiderne.

Lederen af „AG Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar“ tilbød under høringen at supplere delrapporten NASARR, hvis arbejdstids- og ekspositionsansættelser ikke afspejler de på kommissionshøringen udarbejdede ekspositionsbetingelser, der differentierer ud fra tjenestested og tjenestetid, med tilsvarende yderligere enkeltrapporter. En sådan fremgangsmåde betragter kommissionen principielt for korrekt, men vurderer den dermed forbundne forsinkelse af de løbende sager om tilskadekomst under militærtjenesten som værende negativ. Kommissionen anbefaler derfor i stedet primært at lægge de erstatningssøgendes oplysninger om deres individuelle arbejde og arbejdstider til grund.

- Specifikke ekspositionssituationer, som ikke er medtaget i delrapporterne fra „AG Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar“ må være opstået hos undervisere inden for radarteknik på de tekniske skoler, da undervisningen indeholdt regelmæssige demonstrationer af fremgangsmåden ved arbejde på det åbne anlæg. Med hensyn til AN/CPN-4 blev dette forklaret detaljeret for kommissionen. Det var ikke muligt inden for rammerne af de gennemførte høringer at få afklaret, om dette ligeledes passer på instruktører/lærere ved andre våbensystemer; men kommissionen synes dog, at dette er plausibelt.

(ii) *Ekspositionsbetingelser*

For beregningen af erstatningsdosen blev der dels lagt en homogen helkropseksposition under arbejdstiden på det åbne anlæg og dels en for de respektive arbejdspladser og arbejdsaktiviteter specifik delkrops-eksposition til grund (tabel 4-1).

Kommissionen er af den opfattelse, at for alle arbejder, hvor en eksposition af alle kropspartier geometrisk set ikke med sikkerhed kan udelukkes, udgør antagelsen, at det syge organ har været udsat for en stråleeksposition, som bestemmes af den maksimale dosishastighed på arbejdsstedet, det eneste mulige grundlag for en dosisvurdering. Dette skal gælde for det samlede arbejde, da ekspositionsvarigheden for de enkelte organer (og afstande til komponenten, der udsender uønsket stråling,) individuelt ikke er kendt og ikke kan rekonstrueres. Kommissionen er bevidst om, at denne antagelse kan føre til en overvurdering i betragtning af de fleste geometrisk begrænsede strålefelter i reglen; dette er en konsekvens af den manglende dosimetriske overvågning.

Hvis arbejdsplads- og arbejds-specifikke ekspositioner af enkelte kropspartier med sikkerhed kan udelukkes, bør dosisberegningen for de resterende organer gennemføres. De udførlige diskussioner, som kommissionen har gennemført under høringerne vedrørende arbejdspladserne og arbejdsprofilerne, har vist, at ved fastlæggelsen af de kropspartier, der i dette tilfælde skal tages hensyn til, primært skal lægges plausible informationer fra de respektive erstatningssøgende om deres tidligere arbejde til grund.

(iv) *Dosis-konversionsfaktorer*

For de officielle afgørelser, der er oplistet i tabel 4-1, hvor den erstatningssøgende havde arbejdet ved våbensystemet HAWK, er der for to af komponenterne med uønsket stråling sammenfattet de omregningsfaktorer, som blev brugt til bestemmelse af den effektive dosis i tabel 4-2.

Tabel 4-2: *Konversionskoefficienter til omregning af foton-ækvivalentdosen Hx til den effektive dosis E, sådan som de er anvendt i de analyserede officielle afgørelser til de erstatningssøgende ved våbensystemet HAWK.*

Person nr.	Thyratron JAN5949A (U _{max} = 18 Kv)	Clipperdiode JAN6303 (U _{max} = 16 Kv)
1	0,09	0,576
2	0,0885	0,5688
3	0,0885	0,5688
5	0,1	0,54
7	0,1	0,54
8	0,0855	0,5688
9	0,0855	0,5688
10	0,0855	0,5688
11	0,0855	0,5688
12	0,0855	0,5688
13	0,1	0,54
14	0,0855	0,5688
15	0,0855	0,5688

Disse bør være identiske i alle officielle afgørelser, men i virkeligheden fandt kommissionen ved analyse af de officielle afgørelser, som kommissionen havde modtaget, at der var angivet forskellige værdier. Også selvom de deraf følgende forskelle i den effektive dosis med maksimalt ca. 15% er lave i sammenligning med følgerne af andre forskelle mellem de officielle afgørelser, viser tabel 4-2, at det er nødvendigt med en forbedring af kvalitetssikringen i forbindelse med bestemmelsen af erstatningsdosen.

(v) ²²⁶Ra-holdig selvlysende maling

Der fandtes forskellige fremgangsmåder, der blev valgt ved beregningen af dosen som følge af ²²⁶Ra-holdig selvlysende maling. For bedre at kunne sammenligne er den beregnede effektive dosis anført i tabel 4-1 – også selv om dette, som anført andetsteds, ikke viser den egnede målstørrelse, da der i de fleste officielle afgørelser ikke blev beregnet nogen organdosis som følge af ²²⁶Ra. Det blev antaget, at malingen er indtaget gennem munden, når „AG Radar” opdagede ikke-berøringssikkert afdækket, radiumholdig selvlysende maling.

Med hensyn til konsekvenserne for potentielle ekspositionsscenarioer, som ikke er medtaget i erstatningsdosis-bestemmelserne, og som følger af de talrige informationer, høringerne har afstedkommet, henvises til kapitel 3. På dette sted skal der henvises til den delvist manglende kvalitetssikring af de i tabel 4-1 oplyste dosisbestemmelser. Således divergerer værdierne for den eksterne dosis ved AN/CPN-4 for person nr. 4 og 6 betydeligt, selvom begge er blevet estimeret ud fra sagens akter på basis af identiske papirer. Lignende forskelle findes mellem person 11 og 17, selvom det var de samme data fra delrapporten NASARR og identiske opholdstider i strålefeltet, der blev lagt til grund for begge personer.

Kommissionens anbefalinger for at sikre kvalitetssikringen:

1. Gennemførelsen af erstatningsdosis-beregningerne bør udelukkende foretages af personer, som kan dokumentere mindst tre års erhvervmæssig praksis inden for Driftsmæssig strålebeskyttelse eller Dosimetri.
2. Erstatningsdosis-beregningerne bør forelægges som udkast. Et tilstrækkeligt antal udkast bør samlet underkastes en høring hos en kvalificeret uafhængig institution.
3. I tilslutning dertil bør de erstatningssøgende orienteres om indholdet af udkastene og de skal have mulighed for at fremlægge evt. supplementer, indvendinger eller rettelsesforslag.

5 HØJFREKVENSTRÅLING

5.1 GRÆNSEVÆRDIER OG MÅLESTØRRELSER

Grundlaget for bestemmelser og forskrifter til beskyttelse af personer, der eksponeres for højfrekvent elektromagnetisk (HF-) stråling, har ikke ændret sig meget siden begyndelsen af 60'erne, selv om de værdier, der er tilladt for eksposition, er blevet reduceret.

Indførelsen af forskrifter til beskyttelse af mennesker mod de negative indvirkninger af elektromagnetiske felter startede allerede meget tidligt i USA og Sovjetunionen – nemlig direkte efter, at de første rapporter om radarulykker og de første forskningsresultater forelå i slutningen af 50'erne.

Der blev lige fra starten skelnet mellem to slags grænseværdier:

- den såkaldte "specifikke absorptionsrate" som mål for den pr. kilogram kropsmasse absorberede og til varme forvandlede højfrekvensydelse (angivet i watt pr. kilogram (W/kg)), der ikke direkte kan måles,
- og strålingens målbare feltstørrelser, der har forårsaget denne opvarmning. Disse feltstørrelser er den elektriske feltstyrke, angivet i volt pr. meter (V/m), den magnetiske feltstyrke, angivet i ampere pr. meter (A/m) og strålingens effekttæthed, angivet i hhv. watt pr. kvadratmeter (W/m²) og milliwatt pr. kvadratcentimeter (mW/cm²). De kaldes nu også referenceværdier.

Som det fremgår af tabel 5-1 er de referenceværdier for effekttæthed, der gælder for det frekvensområde, der anvendes i radaranlæg, blevet reduceret betydeligt i løbet af de sidste 15 år.

Tabel 5-1: Referenceværdier for den gennemsnitlige effekttæthed til begrænsning af ekspositionen i frekvensområdet fra 300 MHz til 10 GHz

Regelsæt	Frekvens		
	300 MHZ	3 GHZ	10 GHZ
STANAG (1979)	10 W/cm ²	10 W/cm ²	10mW/cm ²
BGV B11 (06/2001)	1 W/cm ²	5 W/cm ²	5mW/cm ²
ICNIRP 1988	1 W/cm ²	5 W/cm ²	5mW/cm ²
NVA 010/9/028	2 µ W/cm ²	2µ W/cm ²	2 µmW/cm ²
På arbejdspladsen (8h) (1989)	27 µ W/cm ²	25µ W/cm ²	25 µmW/cm ²

Sænkningen af referenceværdierne er ikke sket som reaktion på ulykker eller kendte skader som følge af HF-eksposition, men derimod for at øge sikkerhedsforholdene – også som et resultat af aktuelle forskningsresultater.

I "Bundeswehr" blev der på grundlag af det daværende videnskabelige vidensstade og forskrifterne fra militæret i USA udarbejdet selvstændige regler til beskyttelse af personel ved våbensystemer, som emitterede elektromagnetiske felter. Disse regler blev sat i kraft og opdateret i henhold til den foreliggende viden. Det startede med en række egne centrale tjenesteforskrifter som f.eks. ZDv 44/20 [BMVg 1958] og fortsatte senere med "Bestemmelser i Bundeswehr om beskyttelse af personer mod skadelige virkninger fra

elektromagnetiske felter" [BMVg 1988], der baserede på grænseværdierne i DIN 0848 afsnit 2 (se nedenfor), samt anvisninger for uddannelse og drift [BW 1965] [MUKdo 1981] på værnsniveau. Parallelt hermed stod de tyske standarder i serien DIN VDE 0848 [E-DIN 1991] fra den civile sektor til rådighed fra og med 1982.

I NATO blev der inden for rammerne af Standardisation Agreement (STANAG) af en komité, der startede i 1978, udarbejdet en sikkerhedsforskrift [STANAG 1979], som alle NATO-medlemmer fik stillet til rådighed med anbefaling om at bruge denne.

Tilsvarende forskrifter, der delvist var forskellige med hensyn til indholdet fandtes også i "Nationale Volksarmee" [MNV 1989].

Siden 1988 findes der direktiver fra International Commission on Nonionising Radiation Protection [ICNIRP 1988] for frekvensområdet 100 kHz - 300 GHz. De blev revideret i 1998 [ICNIRP 1998], idet frekvensområdet blev udvidet. De fleste nationale forskrifter beror på disse anbefalinger. I Tyskland har forskriften vedrørende forebyggelse af ulykker BGV B11 Elektromagnetiske felter [BGV 2001] været bindende på det civile område siden juni 2001.

5.2 RETROSPEKTIV BESKRIVELSE AF EKSPPOSITIONSFORHOLDENE FOR PERSONELLET VED VÅBENSYSYSTEMER MED RADARANLÆG

5.2.1 Grundlag

Det vigtigste grundlag for rapporten er måleprotokoller og delrapporter fra strålingsmåleinstanser og sikkerhedsrepræsentanter i "Bundeswehr" fra årene 1979 til 1992.

De suppleres af erfaringer fra egne undersøgelser og målinger samt resultater fra høringer af de pågældende i forbindelse med besøg hos tekniske enheder i "Bundeswehr".

For at få et overblik og for at kunne vurdere en mulig øget sundhedsrisiko ved eksposition for ikke-ioniserende stråling ved drift, vedligeholdelse og reparation af radaranlæg/-udstyr i "Bundeswehr" blev ca. 30 måleprotokoller/-rapporter fra strålingsmåleinstanser og fra sikkerhedsrepræsentanter i "Bundeswehr" fra årene 1979 til 1992 gennemgået og underkastet en kritisk vurdering. Desuden er den viden og de måleresultater, der blev indhentet i forbindelse med besigtigelserne af radaranlæggene P15, HAWK, SGR og NASARR, blevet anvendt.

For så vidt dataene tillader det, sammenholdes vurderingen på måletidspunktet med en vurdering i henhold til de nuværende reference- og grænseværdier, idet en sådan sammenligning kun kan være af ren informativ karakter.

Anvendt måleteknik:

Der blev næsten uden undtagelse arbejdet med effekttætheds-målesystemet NARDA serie 86xx (model 8616; sonde 8623). Det hørte på det tidspunkt, da det blev indført, til de bedste apparater, der stod til rådighed. Fabrikanten har videreudviklet disse apparater kontinuerligt, og de anvendes nu i tredje generation. Med hensyn til effekttætheder af mikrobølgestrålinger på radaranlæg opfylder NARDA-målesystemet kravene til måleusikkerhed og betjeningssikkerhed.

5.2.2 Analyse af undersøgte målerapporter og protokoller

Det tyske forsvarsministerium har ikke stillet målerapporter om effekttætheder som følge af højfrekvensstråling fra radaranlæg tilhørende "Nationale Volksarmee" til rådighed for kommissionen. Følgende redegørelser og vurderinger refererer derfor udelukkende til radaranlæg, der blev anvendt af "Bundeswehr".

Det må principielt konstateres, at de fleste målinger blev udført i antennernes tilgængelige strålefelt under normale driftsforhold – hvilket vil sige i det forskriftsmæssige strålingsområde. Der foreligger kun få rapporter om reparations- og vedligeholdelsespersonalets arbejdspladser, hvor ikke-forskriftsmæssig stråling kan have betydning, for eksempel lækstråling.

5.2.2.1 Målerapporter om antennernes strålefelt

Våbensystemet NIKE

Der hørte standardmæssigt fire radaranlægstyper til våbensystemet NIKE: HIPAR, LOPAR, MTR og TTR. HIPAR og LOPAR er begge anlæg med stor kapacitet og pulsydelser på over 1 MW, hvor der i hovedstrålen kunne opstå effekttætheder på over 100 mW/cm².

Anlæggene var overvejende installeret på tårne eller anbragt oven på bygninger. Effekttætheden af strålingen fra disse overskred i de for mennesker tilgængelige områder på jorden kun i undtagelsestilfælde STANAG-grænseværdien på $S = 10 \text{ mW/cm}^2$.

På det tidspunkt, da våbensystemet NIKE indførtes, fandtes der også "mobile" varianter, der var monteret på trailere, hvor antennens kerne til dels var lavere end 8 m. Da stillingerne ofte var omgivet af beskyttelsesvolde, var der ved ophold på disse volde stor risiko for overeksposition. Der foreligger ingen direkte måledata om dette.

Våbensystemet HAWK

- Radaranlægget HPIR "A" og andre radaranlæg (målerapport HA 016/80 fra strålingsmåleinstans nord)

Grundlaget for denne rapport er resultater af målinger og beregninger, der er foretaget med flere radaranlæg i en ægte stilling i "Bundeswehr" med flere radaranlæg. Undersøgelsen omfattede strålefelter på radarsystemerne HPIR, CWAR, ASR-P, PAR og ROR.

Som følge af HPIRs driftsmodi – stående antenne og CW-sending – indeholder strålingen fra dette system langt det højeste risikopotential. Ganske vist er en overskridelse af den på dette tidspunkt gældende grænseværdi på 10 mW/cm^2 i strålingsområderne ved CWAR, PAR og ROR mulig. Ved hjælp af adgangsindskrænkninger, det vil sige fastlæggelse af beskyttelsesområder, kan overeksposition af personalet undgås.

- Radaranlæg HPIR "A" og radaranlæg CWAR (målerapport nr. 57/83 fra strålingsmåleinstans syd)

Indenfor rammerne af udviklingen af beskyttelsesforanstaltninger med hensyn til utilsigtet hhv. tilfældig bestråling af betjeningspersonellet på et radaranlæg (CWAR) fra et andet anlæg ved siden af (HPLR – CW-sender med stående antenne) blev der foretaget målinger af effekttætheden ved hjælp af arrangerede scenarier. Uden afskærmningsforanstaltninger blev der ved bestråling målt følgende værdier på CWAR-lokaliteten ved, at HPIR konstant blev rettet mod CWAR:

Uden på CWAR-shelter uden afskærmning 45 mW/cm^2 (4,5 gange STANAG grænseværdi)

I shelter med afskærmning 2 mW/cm^2

Rapport fra den tyske Radarkommission

Operatørens arbejdsplads 9 mW/cm^2

Hvorvidt disse ekspositionsbetingelser i praksis er opstået, kan kommissionen dog ikke bedømme retrospektivt.

I det omvendte tilfælde, når CWAR strålede i retningen af andre radaranlæg, blev der med stående antenne på CWAR målt en maksimal effekttæthed på 2 mW/cm^2 , idet funktionen "Sende med stående antenne" ikke forekommer i normal drift.

Problemerne med indretning af beskyttelseszoner skyldtes, som det fremgår af figurerne nedenfor, Figur 5-1 og Figur 5-2, at de nødvendige beskyttelsesområder, hvor grænseværdierne på dengang 10 mW/cm^2 overskrides, er betydeligt større end afstandene mellem de enkelte radaranlæg i en HAWK-stilling.

Figur 5-1 viser i henhold til strålingsmåleinstansen syds beregninger en oversigt over det kontrollerede område, ekspositionsområde 1 og 2 med grænseværdierne i henhold til ICNIRP 1998 for stillingen Kleinhartpenning.

Andre beregninger viser afvigelser med op til 20 % af disse værdier, der skyldes, at

- der er taget hensyn til topologiske forskelle ved enkelte HAWK-stillinger
- nærfeltsændringer er indarbejdet

Figur 5-2 viser positionerne for de enkelte radaranlæg i eksemplet HAWK-stilling Kleinhartpenning. Hvis STANAG-grænseværdierne lægges til grund, omfatter 10 mW/cm^2 cirklen alle radaranlæg i stillingen: HPIR-A og -B, PAR, CWAR og ROR. Konklusionen er, at det ikke var muligt at udføre reparations- og vedligeholdelsesarbejder på et af radaranlæggene, hvis det lå i et HPIR-strålingsområde (grænsetilfælde HPIR-A mod HPIR-B med 10 mW/cm^2) uden at overskride grænseværdierne.

Disse strålingsforhold kunne næsten ikke undgås, hvis et HPIR arbejdede i målfølgemodus og målfølgningen ikke skulle afbrydes. Bestrålinger, der varede noget længere, kunne heller ikke udelukkes, alt efter målets flyvebevægelse, især ved en overvejende radial kurs. Det kan generelt ikke besvares, hvor ofte disse situationer er opstået.

(stort set ulæselig håndskrevet tegning)

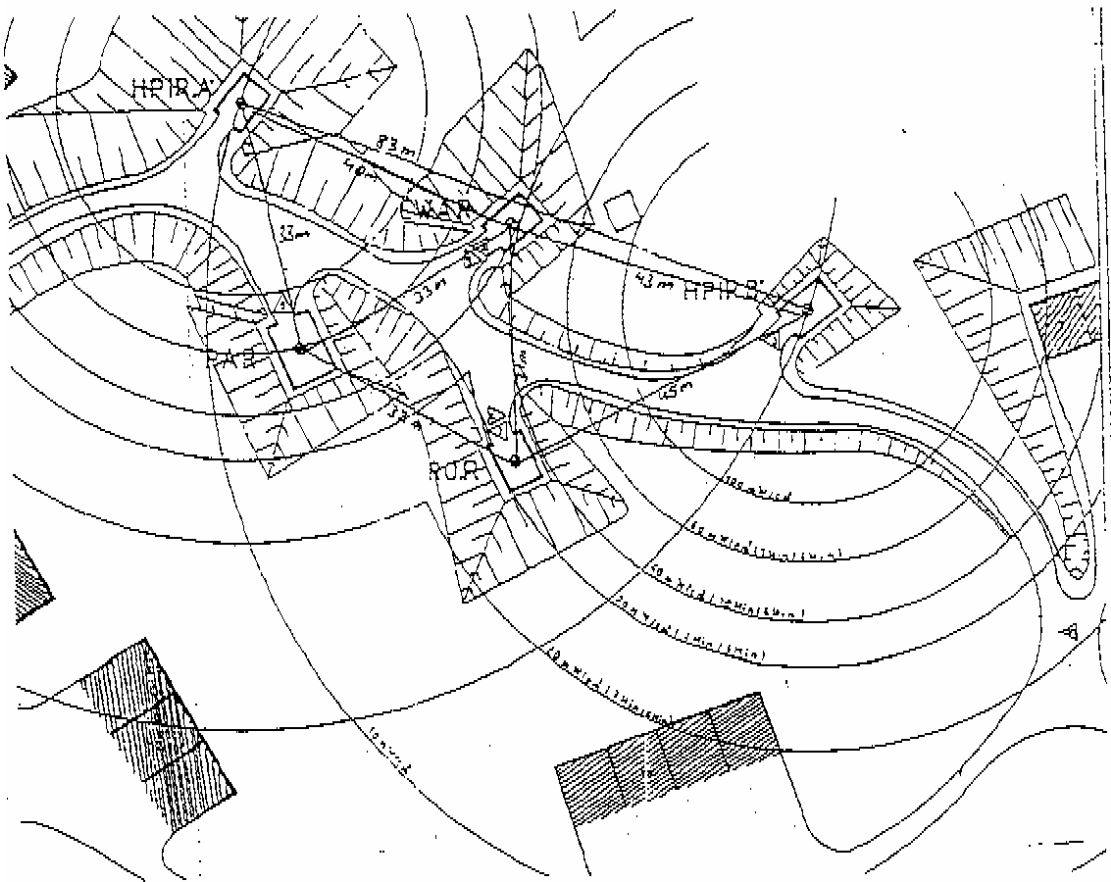
Figur 5-1: HPIR (HAWK): Ekspositionsområder; kontrolleret område, $S > 50 \text{ W/m}^2$ (= tidligere grænseværdi for ophold $t > 6 \text{ min.}$ strålingsmåleinstans syd, Sonthofen, Tyskland.

Figur 5-2 viser effekttætheder i forskellige situationer, eksempelvis

- HPIR-A $\Rightarrow$ PAR: 63 mW/cm^2 respektive 630 W/m^2
- HPIR-A $\Rightarrow$ CWAR: 43 mW/cm^2 respektive 430 W/m^2
- HPIR-B $\Rightarrow$ CWAR: 37 mW/cm^2 respektive 370 W/m^2
- HPIR-B $\Rightarrow$ ROR: 34 mW/cm^2 respektive 340 W/m^2

Da den tilladte opholdstid skal reduceres afhængigt af effekttætheden (maks. 6 min.) ved effekttætheder, der ligger over grænseværdien på 10 mW/cm^2 (100 W/m^2), opstår der for ovenstående værdier en tilladt opholdstid på 1 - 2 min. Opholdstiderne på andre HAWK-radaranlæg skal altså i tilfælde af radarbestråling fra et HPIR være korte for at udelukke overskridelse af grænseværdierne.

Bericht der Radarkommission



Figur 5-2: HAWK, HPIR-effekttætheder, stilling Kleinhartpenning, Tyskland.

Ligesom ovenstående beregnede værdier viser efterfølgende angivne måleværdier, at STANAG-grænseværdierne på 10 mW/cm^2 ($= 100 \text{ W/m}^2$) i næsten alle tilfælde er langt overskredet.

I tabel 5-2 er måleværdierne for 36 målerapporter sammenfattet efter mindste/største værdi.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Tab. 5-2: Værdiområder for effekttætheder i HAWK- og NIKE-stillinger ifølge målerapporter fra strålingsmåleinstanserne nord og syd

HAWK Kilde Måleinstans Måleværdier Bemærkninger

HAWK	Quelle	Messstelle	Messwerte	Bemerkungen
	HA 01/80	N	70 ... 31 mW/cm ²	
	HA 02/80	N	>100 mW/cm ²	max. Werte durch Überlagerung
	HA 03/80	N	90 ... 62 mW/cm ²	Bereiche mit Messwerten im Lageplan
	HA 04/80	N	86 ... 26 mW/cm ²	
	HA 05/80	N	80 ... 15 mW/cm ²	Rechenwerte
	HA 07/80	N	90 ... 50 mW/cm ²	
	HA 08/80	N	90 ... 11 mW/cm ²	
	HA 09/80	N	85 ... 27 mW/cm ²	
	HA 10/80	N	98 ... 11 mW/cm ²	
	HA 11/80	N	13 ... 100 mW/cm ²	
	HA 12/80	N	14 ... 100 mW/cm ²	
	HA 13/80	N	13 ... 80 mW/cm ²	
	HA 14/80	N	22 ... 140 mW/cm ²	

55

Maks. værdier som følge af overlejring
Områder med måleværdier i situationsplanen

Beregnete værdier.

Rapport fra den tyske Radarkommission

HAWK	Kilde	Måleinstans	Måleværdier	Bemærkninger
HAWK	Quelle	Messstelle	Messwerte	Bemerkungen
	HA 15/80	N	32 ... 60 mW/cm ²	
	HA 16/80	N	12 ... 75 mW/cm ²	
	HA 17/80	N	38 ... 130 mW/cm ²	
	HA 18/80	N	70 ... 150 mW/cm ²	
	HA 19/80	N	11 ... 75 mW/cm ²	
	HA 20/80	N	12 ... 60 mW/cm ²	
	HA 21/80	N	14 ... 90 mW/cm ²	
	HA 22/80	N	8 ... 75 mW/cm ²	
	HA 23/80	N	30 ... 65 mW/cm ²	
	HA 24/80	N	46 ... 100 mW/cm ²	
	8/80	S	0,2 ... 60 mW/cm ²	
	9/80	S	0,4 ... 1,8 mW/cm ²	
	2/81	S	17,5 ... 100 mW/cm ²	
	30/81	S	2 ... 80 mW/cm ²	
	31/81	S	2 ... 65 mW/cm ²	
	32/81	S	4 ... >100 mW/cm ²	
	50/82	S	1,5 ... 16 mW/cm ²	
	15/84	S	30 ... >100 mW/cm ²	
	60/91	S	12 ... 100 mW/cm ²	Grenzwertangaben
	16/95	S	>100...>300 mW/cm ²	keine Messwerte, Grenzwertang.
	17/95	S	> 50 ...>300 mW/cm ²	keine Messwerte, Grenzwertang.
Nike				
	15/81	S	0,15... 6 mW/cm ² 0,18...10 mW/cm ²	
	32/80	S	0,5 ... 8 mW/cm ² <0,2 ... 9 mW/cm ²	
	HN 07/80	N	1 ... 24 mW/cm ²	

Grænseværdiangivelser
 Ingen måleværdier, grænseværdiangivelse
 Ingen måleværdier, grænseværdiangivelse

Målelokaliteterne var de radaranlæg, der befandt sig i strålingsfeltet for en HPIR. I tabel 5-3 er måleværdierne sorteret ud fra samme målelokaliteter (PAR, ROR, CWAR) og sammenfattet, for det første ved bestråling fra HPIR-A og for det andet fra HPIR-B.

At kvaliteten af målingerne samt stabiliteten af den pågældende sendeeffekt er meget god, fremgår af tabellerne 5-3 og 5-4. Produktet af effekttætheden S og afstanden r² bør være konstant og ca. 10 (sidste linie i hver målegruppe PAR, ROR osv.). Det fremgår af tabel 5-3, at afvigelserne kun udgør få procenter (HPIR-A 1., 2. og 3., HPIR-B: 4., 5. og 6.).

Rapport fra den tyske Radarkommission

Tab. 5-3: Forskellige effekttætheder på anlæg i HAWK-stillinger fremkaldt af HPIR-A eller -B på de andre anlæg i stillingen CWAR, ROR og PAR.

Måleværdi Rap-
mW/cm² port

Måleværdi Rap-
mW/cm² port

Måleværdi Rap-
mW/cm² port

1. PAR	Messw. mW/cm ²	Be- richt.	Sr. 10 ¹	2. ROR	Messw. mW/cm ²	Be- richt.	Sr. 10 ¹	3. CWAR	Messw. mW/cm ²	Be- richt.	Sr. 10 ¹
42 m	37	02	10,0	53 m	35	02	9,3	55 m	31	01	
62 m	26	04	9,9	34 m	84	03	9,7	78 m	16	02	9,7
46 m	46	05	9,7	33 m	86	04		32 m	90	03	
72 m	19	07	9,9	35 m	80	05	9,8	43 m	55	05	10,2
33 m	90	08	9,8	93 m	12	08		39 m	65	07	
61 m	27	09	10,0	31 m	98	10	9,4	64 m	25	08	
95 m	11	10	9,9	85 m	13	11	9,4	33 m	85	09	
83 m	14	12	9,6	30 m	100	12	9,0	64 m	25	10	10,2
86 m	13	13	9,6	40 m	60	14	9,6	56 m	33	12	10,3
40 m	60	15	9,6	57 m	32	15		86 m	13	13	9,6
49 m	41	16	9,8	45 m	30	16	10,1	67 m	22	14	9,9
35 m	75	19	9,2	28 m	130	17		36 m	75	16	9,7
66 m	21	20	9,1	58 m	30	19	10,1	27 m	150	18	
				69 m	19	20	9,0	57 m	30	19	9,7
								38 m	60	20	8,7
4. PAR				5. ROR				6. CWAR			
36 m	70	01		36 m	70	01		52 m	38	02	10,3
49 m	41	02	9,8	36 m	75	02	9,7	51 m	38	04	
39 m	62	03		48 m	42	05	9,8	87 m	13	10	9,8
70 m	20	07		32 m	90	07		30 m	100	11	9,0
56 m	33	10	10,3	97 m	11	08		49 m	41	12	9,8
60 m	28	11	10,1	44 m	55	09		53 m	38	13	10,7
30 m	100	12	9,0	64 m	25	11	10,2	36 m	32	14	10,0
39 m	65	13	9,9	72 m	19	12	9,8	44 m	55	15	
25 m	140	14	8,8	35 m	80	13	9,8	36 m	75	16	9,7
91 m	12	16	9,9	37 m	75	16	10,3	39 m	70	17	
52 m	38	17		38 m	70	18		92 m	11	19	9,3
27 m	150	18		37 m	60	20	8,2	68 m	20	20	9,2
65 m	21	20	8,9								

Til bestemmelse af tolerancer blev 10 tilfældigt valgte rapporter fra strålingsmåleinstans nord udvalgt til brug for tabel 5-4 på den betingelse, at der foreligger mindst 4 måleværdier for hver rapport.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Produktet af effekttætheden (måleværdi) S og kvadratet af afstanden blev beregnet, som ved samme sendeeffekt P skal være konstant.

$$P \sim S \cdot r^2 = \text{const.}$$

Af tabellen 5-4 fremgår størrelsen af afvigelserne fra værdien 10 ved målinger i forskellige stillinger og i forhold til sendernes relative effekt.

Tab. 5-4: Måleværdi- og sendeeffekttolerancer

Rapport nr. Måleværdier, antal Interval
P/10:000m
(i mW) Gennemsnitsværdi
relativ
(sendeeffekt)

Bericht-Nr.	Messwerte-Anzahl	Spannweite P/10.000 (in mW)	mittl. Wert (rel. Sendeleistung)
2	6	9,7 ... 10,3	1,000
5	4	9,7 ... 10,2	0,995
10	5	9,4 ... 10,3	0,985
11	4	9,0 ... 10,2	0,960
12	6	9,0 ... 10,3	0,965
13	5	9,6 ... 10,7	1,150
14	4	8,8 ... 10,0	0,940
16	6	9,7 ... 10,3	1,000
19	4	9,2 ... 10,1	0,965
20	6	8,2 ... 9,2	0,870

De udvalgte rapporter stammer uden undtagelse fra strålingsmåleinstans nord. Rapporterne fra strålingsmåleinstans syd indeholder ikke nøjagtige afstandsangivelser, hvorfor de ikke kunne medtages i disse betragtninger.

Som det fremgår af 4. spalte er afvigelserne fra de nominelle værdier i de fleste tilfælde yderst små. Som et resultat af denne kontrol kan det derfor konstateres, at målingerne af effekttæthederne som følge af højfrekvensfelter bedømmes til at være pålidelige.

Andre radarsystemer

PAR Pulsed Acquisition Radar (søgeradar) OA-4428/TP (testrapport nr. S 9001 af 07.03.1979):

Målerapporten, der foreligger til dette radarsystem, er den ældste i det materiale, som kommissionen fik stillet til rådighed af det tyske forsvarsministerium. Det drejer sig om en søgeradar, der med en impulseffekt på 1 MW hører til de højeffektive radaranlæg. Det fremgår af beskrivelsen af målebetingelserne, at der kan være tale om en speciel kontrolmåling, hvor der blev strålet målrettet lodret opad i en hal.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Målingen blev foretaget i øjenhøjde på to målelokaliteter. Den ene målelokalitet var i en afstand til strålekilden, så grænseværdien blev overholdt (0,5 m for 10 mW/cm²) og det andet, hvor 50% af grænseværdien (2 m for 0,5 mW/cm²) blev målt.

I forbindelse med kommissionens egne målinger på et PAR i Mechernich blev det konstateret, at der opstod effekttætheder på 1 mW/cm² og derover som følge af overstråling af hornantennen (primærantennen) på højde med hovedet og i samme rytme som antennerotationen, men at den øjeblikkelige grænseværdi på 5 mW/cm² dog ikke blev overskredet.

5.2.2.2 Vedligeholdelses- og reparationsarbejdspladser

Radaranlæg NASARR

Arbejde ved testbænken (rapporterne nr. 12/80, strålingsmåleinstans syd og nr. 5 020/81, strålingsmåleinstans nord, Munster)

I rapporten 5 020/81 blev der foretaget udførlige undersøgelser af både lækstråling af systemkomponenter samt antennestråling under værkstedsbetingelser.

Det fremgår af måleværdierne, at der ved ugunstige betingelser på operatørens arbejdsplads kan opstå effekttætheder på 20 mW/cm² og dermed en overskridelse på 100 % af den daværende grænseværdi. Disse høje værdier skyldes ikke bølgelederlækage på radaranlægget, men de opstår som følge af refleksioner af de via antennen udsårede mikrobølger på metalliske overflader, f.eks. vindues- eller dørkarme. Kommissionen har kontrolleret dette ved egne målinger.

Kommissionen har overbevist sig om, at der bl.a. som konklusioner på måleresultaterne fra den tid blev angivet passende adfærdsregler for personalet for at undgå overeksposition, hvilket på daværende tidspunkt ikke var muligt som følge af automatisk virkende sikkerhedsforanstaltninger ved et forsvarligt ressourceforbrug.

5.3 VURDERING AF DET FORELIGGENDE MÅLEDATAMATERIALE

Den teknisk-fysiske vurdering af mikrobølge-effekttæthederne, der blev målt på radaranlæggene, skete på det vidensstade, der forelå, da rapporterne og protokollerne blev udgivet. Grænseværdien på 10 mW/cm², der var gældende på dette tidspunkt, og den såkaldte "6 minutters regel" blev lagt til grund for vurderingen og fastlæggelsen af spærreområder og beskyttede områder. De målte værdier ligger, både med hensyn til størrelsen og intervalområdet (spredningen) overalt inden for de normale rammer og ville ved måling på nuværende tidspunkt under samme ekspositions-betingelser ikke variere væsentligt. Denne generelle vurdering er blevet bekræftet ved kommissionens kontrolmålinger på radaranlæggene HAWK, SGR- 103 og NASARR.

Der er på nogle – for mennesker normalt utilgængelige steder – blevet målt værdier for den gennemsnitlige effekttæthed, der overskrider grænseværdien flere gange. Det er normalt i radarantenners strålingsområde – men det er afgørende, om personer kan eller skal opholde sig i disse områder. Det fremgår af flere rapporter, at der i sådanne tilfælde er fastlagt "spærreområder og beskyttede områder", der skal forhindre overeksposition af personalet. Hvorvidt disse restriktioner er blevet fulgt i praksis, kan ikke vurderes retrospektivt ud fra det foreliggende materiale.

Radarkommissionen er dog kommet til den overbevisning, at der – afhængigt af tjenestetid, tjenestested og våbensystem – er opstået situationer, hvor risikoen for overekspositioner ikke var ubetydelig.

Der foreligger først måleværdier fra ca. 1978. Tidsrummet forinden er ikke registreret måleteknisk. Hvis man lægger måleværdierne fra rapporterne fra 1978 til 1990 til grund for en vurdering af ekspositionssituationen ud fra de i dag gældende referenceværdier, ville der ikke kun ved en halvering af disse værdier i starten af 90'erne foreligge en grænseværdioverskridelse.

Ved vurdering af de deraf resulterende risici skal der tages hensyn til, at ikke kun grænseværdierne (SAR) men også referenceværdierne, der skal måles, indeholder betydelige sikkerhedsfaktorer.

Foruden målingen af effekttæthederne er deres beregning også under bestemte forudsætninger et egnet middel til retrospektiv beregning af ekspositionerne. På den måde kan effekttætheden af højfrekvensstråling beregnes korrekt for arbejdspladser inden for antennestrålingen ved hjælp af få, kendte parametre (sendeeffekt, afstand fra sender).

5.4 KONKLUSIONER

Med hensyn til muligheden for at opnå eller overskride en effekttæthed på 100 W/m² kan der foretages en kategorisering efter tjenestetid, tjenestested og våbensystem.

Tjenestetid

Med hensyn til tjenestetiden er det efter kommissionens opfattelse fornuftigt at skelne mellem tidsrummet inden indførelse af beskyttelsesforskrifter og –foranstaltninger og tidsrummet derefter. Inden indførelse af sådanne foranstaltninger er ekspositioner med overskridelse af senere grænseværdier ifølge kommissionen sandsynlig.

”Bundeswehr”

For ”Bundeswehr” blev den første forskrift til beskyttelse mod HF-stråling indført med ZDv 44/20 i 1958. Indtil dette tidspunkt eksisterede der ingen regler om begrænsning af eksposition. Målinger til etablering eller kontrol af personbeskyttelsen har kommissionen ikke fået dokumenteret.

Tidsrummet derefter er kendetegnet ved successiv etablering af et beskyttelsessystem. Der blev først gennemført nogle sporadiske målinger til bestemmelse af ekspositionen. Systematiske målekampanjer fandt ikke sted før ca. 1976, da der inden for ”Bundeswehrs” ansvarsområde ikke fandtes nogle specielle strålingsmåleinstanser og heller ikke personel, der var uddannet til at udføre disse målinger. Denne situation forbedrede sig ved etableringen af de to strålingsmåleinstanser i ”Bundeswehr”, hvor der i slutningen af 70'erne blev udført systematiske målinger af kritiske våbensystemer. Yderligere udviklingstrin er indførelse af et omfattende beskyttelsessystem for personalet ved anvendelse af standardiserede regler inden for rammerne af NATO (STANAG, 1979), der senere blev suppleret med nationale forskrifter. Overeksposition er dog efter kommissionens opfattelse sandsynlig for bestemte ekspositionslokaliteter og våbensystemer.

”Nationale Volksarmee”

Fra ca. midten af 70'erne foretoges der efter kommissionens viden de første målinger af HF-stråling (mobil måleenhed) i ”Nationale Volksarmee”, der til dels resulterede i anbefalinger om beskyttelse mod højfrekvensstråling. Den første forskrift fra ”Nationale Volksarmee”, som kommissionen har kendskab til, stammer fra 1976 (”Nationale Volksarmee” 1976).

Tjenestested

Tjenestestederne kan inddeles i kategorier, nemlig en kategori, hvor risikoen for overeksposition er stor, og en kategori, hvor den er lille.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Den første kategori omfatter arbejdspladser med en kort afstand til CW-radarantennen eller søgeradarantennen med høje effekter og arbejdspladser i lukkede rum, hvor risikoen for refleksioner af stråling på bygningsstrukturer ikke kan udelukkes. Her skal især nævnes reparationshaller, hvor potentialet for refleksioner sammen med den af kommissionen gentagne gange skildrede praksis om til testformål at lade søgeradarer stråle konstant i en rumvinkel og derved ubetænksomt eksponere arbejdspladser i nærheden, kan have medført overekspositioner.

I anden kategori indplaceres tjenestesteder med radaranlæg, der befandt sig i stillinger i en sådan afstand til radarsenderen, at en relevant opholdstid på steder med kritiske gennemsnitlige effekttætheder kan udelukkes på grund af afstanden og de rumlige forudsætninger.

Våbensystem

Våbensystemer, hvor CW-radaranlæg var opstillet i en mobil stilling med utilstrækkelig afstand til andre komponenter i det pågældende våbensystem, hvor der var arbejdspladser, udgjorde en – i enkelte tilfælde - betydelig risiko for overekspositioner. I henhold til kommissionens undersøgelser viste det sig for eksempel, at HAWK i hele våbensystemets anvendelsesperiode i "Bundeswehr" i mange stillinger ikke overholdt de min. afstande, som "Bundeswehr" havde fastlagt for at undgå kritiske effekttætheder. Det gælder i mindre grad også for NIKE.

6. RISIKOVURDERING

6.1 REDEGØRELSE FOR DET AKTUELLE STADE FOR DEN VIDENSKABELIGE FORSKNING

6.1.1 Indledende bemærkninger

6.1.1.1 *Principielt vedrørende risikovurderingen*

Det er statens opgave at sikre de ansattes beskyttelse ved at udstede love eller forordninger om grænseværdier, hvis der skulle forekomme sundhedsfarlige stoffer eller forhold på arbejdspladsen. Udover det objektivt-videnskabelige grundlag spiller estimater en ikke uvæsentlig rolle. Da dette problem har været kendt i årevis i forbindelse med ioniserende stråling og ført til lovmæssige reguleringer, har strålebeskyttelsen i denne sammenhæng udviklet sig til en model for andre skadelige påvirkninger.

Grænseværdierne for beskyttelse mod stråling er baseret på anerkendt videnskabelig viden. Ved hjælp af de internationale videnskabelige kommissioner vurderes videnskabens stade kontinuerligt med hensyn til spørgsmålet om mulige sundhedsmæssige eller miljøskadelige påvirkninger. De giver anbefalinger for grænseværdier og beskyttelsesforanstaltninger. Det er statens opgave at realisere disse anbefalinger i bindende love og forordninger. Staten kan i den forbindelse hente bistand hos råd og nævn, f.eks. den tyske Strålebeskyttelseskommision (SSK). Ved offentlige høringer har alle relevante samfundsgrupper mulighed for at påvirke udformningen af de pågældende love og forordninger. Således er sikkerhedsfaktorer og videregående beskyttelseskrav altid et resultat af den samfundsmæssige konsensusudvikling i lovgivningsprocessen. Derfor findes der i sådanne spørgsmål også forskelle i realiseringen af samme videnskabelige basis i de forskellige lande.

Ved at bruge eksemplet med beskyttelse mod risici fra ekstern ioniserende stråling vil der her blive forklaret nærmere om metoden, det videnskabelige grundlag og usikkerhederne.

Den sundhedsskadelig virkning af ioniserende stråling har været kendt og været videnskabeligt anerkendt i lang tid (se nedenfor). Primært for at beskytte personer, der erhvervsmæssigt udsættes for stråling, er der udviklet strålebeskyttelsesbestemmelser, som har til formål at **begrænse** sandsynligheden for mulige skader. De er primært baseret på analyse af epidemiologiske undersøgelser, som dog nødvendigvis er behæftet med usikkerheder. Der foreligger kun sikker viden, når det drejer sig om forholdsvis høje doser på fra 0,1 Sv. Ekstrapolationen til det område, som er interessant for erhvervsmæssig stråleeksponering, skal derfor foregå med tilnærmelser. En sådan er antagelsen om, at sandsynligheden for en sygdom på grund af stokastiske strålevirkninger er proportional med dosen, og at der ikke findes nogen dosistærskel. Det drejer sig i den forbindelse om en plausibel men på ingen måde bevist hypotese, som også har store praktiske fordele. Målet med strålebeskyttelsesbestemmelserne ligger primært i begrænsningen af en mulig risiko og vil derfor være præget af princippet om „konservativitet“, som indebærer, at ved forekomst af lige plausible analyser, som fører til forskellige risikoestimater, skal man altid vælge den, som implicerer en højere risiko. Muligvis overdimensionerede beskyttelsesforanstaltninger tages bevidst med i købet til fordel for de ansatte.

I praksis kræver strålebeskyttelsen desuden, at bestemmelserne skal være håndterbare, hvilket implicerer, at der ikke altid kan tages hensyn til detaljer, som kan begrundes videnskabeligt, og at der skal arbejdes med tilnærmelser. En sådan fremgangsmåde er acceptabel så længe, princippet om konservativitet strengt overholdes. Der skal udtrykkeligt gøres opmærksom på, at i tilfælde af risikovurderinger i en speciel ekspositionssituation bør metoden, der ligger til grund for strålebeskyttelsesbestemmelserne **ikke** anvendes, der skal snarere gennemføres en analyse af det enkelte tilfælde, som skal tage hensyn til al den fysiske og strålebiologiske viden, der er til rådighed. Dette indebærer også, at størrelserne for strålebeskyttelsen ikke

må anvendes uden indgående prøvelse. For videre afklaring vil nogle af størrelserne og principperne blive forklaret i det følgende:

Som kvantitativt mål for risikobegrænsningen bruges inden for strålebeskyttelse den „effektive dosis“. Definitionen beror på to strålebiologiske erkendelser, nemlig at forskellige slags ioniserende stråling ved identiske fysiske doser virker biologisk forskelligt og at organerne og vævet i den menneskelige krop har en forskellig følsomhed over for sandsynligheden for en strålebetinget kræftsygdom. Som fysisk mål for en strålepåvirkning defineres den pr. masseenhed absorberede energi, som måles i enheden "Gray" (Forkortelse: Gy), 1 Gy svarer til 1 joule pr. kilogram. Der tages højde for den forskellige virkning af forskellige strålingstyper ved at indføre „strålevægtningsfaktorer“. Man får derefter den (biologisk relevante) organdosis ved at gange den fysiske dosis (målt i Gy), der er beregnet som gennemsnit for organet, med de respektive strålevægtningsfaktorer. Den organdosis, man således får, angives i "Sievert" (Forkortelse: Sv). Tabel 6-1 viser de i dag gældende strålevægtningsfaktorer.

Tabel 6-1: Strålevægtningsfaktorer

Stråletype	Strålevægtningsfaktor W_r (ICRP 60, 1991)
Røntgenstråler, gammastråler, hurtige elektroner	1
Protoner	5
Neutroner (afhængigt af energien)	5...20
Alfapartikler og tungere kerner	20

Da tilstrækkeligt valide data for virkninger på mennesker kun er til rådighed for gamma- og røntgenstråler, beror værdierne i tabel 6-1 især på dyreforsøg, og kan derfor kun med forsigtighed overføres til mennesker. Fra strålebiologiske undersøgelser (primært in-vitro-eksperimenter) er det kendt, at forskellige fotonstrålinger er helt igennem forskelligt virksomme, f.eks. er følgerne af bløde røntgenstråler betydeligt større end den hårde gammastråling. Alligevel holdes der af hensyn til den praktiske strålebeskyttelse fast i en ensartet vægtning, for gøre systemet brugbart. I tilfælde af, at der sættes grænseværdier inden for rammerne af strålebeskyttelsesbestemmelserne kan en sådan metode forsvares, da de anvendte "nominelle risikofaktorer" snarere over- end undervurderer risikoen ("Princippet om konservativitet") og de lovmæssige reguleringer ikke har tilstræbt specielle ekspositionssituationer. Principielt skal det endvidere sikres, at den erhvervsmæssige strålebelastning under grænseværdierne holdes så lav som muligt ("ALARA-princippet" fra ICRP, minimeringspåbuddet i de tyske strålebeskyttelsesbestemmelser). Dermed tages der tilstrækkeligt højde for beskyttelsespåbuddet også ved identisk vægtning af alle fotonstrålinger. Ved risikoestimer i det konkrete tilfælde er det dog nødvendigt med en mere differentieret fremgangsmåde.

De oplistede værdier gælder strengt taget kun for stokastiske strålevirkninger, ved deterministiske effekter (jf. kap. 6.12) er forskellene mindre, dvs. såfremt de også kan anvendes her, fører det til en overvurdering af risikoen.

For bestemmelsen af den effektive dosis ganges organdoserne med "væsvægtningsfaktorer" og tælles sammen for alle eksponerede organer. De i dag gældende værdier er oplistet i tabel 6-2.

Tabel 6-2: Tabel med vævsvægtningsfaktorer

Væv eller organ	Vævsvægtningsfaktor Wt (ICRP 60, 1991)
Gonader (kønskirtler)	0,20
Rød knoglemarv	0,12
Tyktarm	0,12
Mave	0,12
Blære	0,05
Bryst	0,05
Lever	0,05
Spiserør	0,05
Skjoldbruskkirtel	0,05
Knogleoverflader	0,01
Øvrige	0,05 ¹

1 De to mest eksponerede organer udover de oplyste får vægtningfaktoren 0,025

De angivne vægtninger orienterer sig ud fra epidemiologiske data for menneskelige populationer (især japanske atombombeofre) og relaterer sig i det væsentligste til mortaliteten, dvs. sandsynligheden for at blive syge af en tumor og dø af det. Vægtningen indeholder derfor ikke udsagn om den generelle sygdomssandsynlighed. Den stærke vægtning af kønskirtlerne beror udelukkende på den genetiske risiko, det vil sige på muligheden for en stråleinduceret mutation i kimcellerne, som kan føre til genbeskadigelser hos afkommet, og der findes ikke noget holdepunkt for, at der skulle opstå en tumor i kønsorganerne. Der skal gøres opmærksom på, at organvægtningen ikke gælder for deterministiske effekter. Således er f.eks. øjet slet ikke med på listen, selvom katarakter (linseuklarhed) er en af de vigtigste strålevirkninger.

Den effektive dosis er for den praktiske strålebeskyttelse en helt igennem fornuftig brugbar størrelse, hvis der kan gås ud fra en eksposition af hele kroppen med stråler med tilstrækkelig gennemtrængningsevne. Ved lokalt begrænsede bestrålinger med blød røntgenstråling kan der under omstændighederne forekomme forkerte estimater.

Af det ovenfor fremførte følger, at principper og størrelser for den praktiske strålebeskyttelses ikke må bruges til det individuelle risikoestimat. Grundene herfor skal hermed sammenfattes endnu en gang:

1. Den effektive dosis følger af brugen af strålings- og organvægtningsfaktorer. Strålingsvægtningsfaktorer fås i det væsentligste fra et gennemsnit af resultaterne fra dyreforsøg. Ved fotonstrålinger renonceres der af praktiske grunde på en differentiering, selvom der er tvivl om størrelsen af virkningen af den bløde røntgenstråling (jf. ovenfor)

2. Organvægtningsfaktorer orienterer sig (bortset fra genetiske effekter) næsten udelukkende ud fra kræft**mortaliteten**, og næppe ud fra incidensen. Det fører f.eks. til, at skjoldbruskkirtel og hud kun får meget lave vægtningsfaktorer, selvom tumorer i disse organer forekommer forholdsvis ofte, dog kun sjældent fører til dødsfald. Således andrager den "øgede relative risiko" ("Excess Relative Risk", ERR, jvf. nedenfor.) for forekomsten af en skjoldbruskkirtel-tumor hos en mand, der på tidspunktet for ekspositionen var 30 år, 0,89/Sv, mens den for lungen kun ligger på 0,5/Sv. Organvægtningsfaktorer på 0,05 eller 0,12, som i det væsentlige orienterer sig ud fra mortaliteten, tager ikke højde for dette forhold.

Udgangspunktet for at skønne risikoen for en bestemt tumortype skal i hvert tilfælde være den fysiske dosis i det eksponerede organ. Den skal vurderes under hensyntagen til den foreliggende stråletype i henhold til epidemiologiske data eller, hvis sådanne mangler, i henhold til strålebiofysiske data.

Også de risikofaktorer, der er udviklet med henblik på den praktiske strålebeskyttelse, kan ikke uden videre anvendes til den individuelle betragtning. Ud fra de mange anførte overvejelser om konservativitet indeholder de forenklinger og eventuelt overvurderinger, som ved ukritisk overførsel kan føre til væsentlige fejl.

Også med hensyn til ikke-ioniserende stråler er der udviklet beskyttelsesbestemmelser. Omfanget af den videnskabelige viden om virkningen af højfrekvente elektromagnetiske felter er mangedoblet siden de første fastsættelser af grænseværdier til begrænsning af ekspositionen af mennesker blev indført for ca. 40 år siden.

Grundprincippet er dog blevet det samme: begrænsning af den energi, der tilføres den menneskelige krop, som følge af absorptionen af den højfrekvente stråling (varmevirkning). Den størrelse, der relevant for det – „basisgrænseværdien” – er den frekvensuafhængige Specifikke Absorptionsrate (SAR), angivet i watt pr. kilogram kropsmasse. Denne størrelse kan ikke måles direkte. Målingen og begrænsningen af feltstørrelsen (effekttæthed) for den indvirkende stråling var og er den enkle og praktikable vej – uafhængigt af om og hvordan denne absorption finder sted og om enkelte organer eller kropsdele kan og bør blive højere belastet end hele kroppen eller ikke.

I og med vi i løbet af de sidste 20 år har fået mere præcise målemetoder til rådighed, både for måling af elektriske og for termiske størrelser, er der kommet afgørende ny viden om netop problemerne absorptionsmekanismer og del-helkropseksposition. Denne viden førte til indførelsen af forskellige SAR-grænseværdier for hel- og delkropseksposition og til sænkning af den tilladte værdi for mikrobølge-effekttætheden i retningslinierne fra internationale strålebeskyttelsesorganisationer fra 10 mW/cm² til 5 mW/cm². Overholdelse af disse værdier garanterer en høj sikkerhed. Uheld, som der ligger enkeltstående rapporter om, skete ved mindste 20-gange overskridelse af grænseværdierne (Zaret 1975), [Ikinger et al. 1978].

De nævnte vesteuropæiske grænse- og referenceværdier har udelukkende til formål at begrænse de termiske virkninger af elektromagnetiske felter. De har overhovedet ingen relation til adfærdsforstyrrelser eller en mulig cancerogen eller teratogen virkning, som har været meget diskuteret i de sidste 10 år i forbindelse med strålingen fra mobiltelefoner.

Alle de undersøgelser, der til dels med stort ressourceforbrug er blevet gennemført for at afklare dette spørgsmål, har ikke givet nogle klare beviser for sådanne virkninger.

For at forstå de nedenfor beskrevne resultater af de epidemiologiske studier kan det være en hjælp at diskutere de forskellige typer af epidemiologiske studier og den videnskabelige logik, som i sidste ende tillader at betegne en sundhedsrisiko som en kausal følge af en mistænkt risikofaktor.

Hvis der er mistanke om, at en faktor – i dette tilfælde radar – kan være årsag til sundhedsskader, ville forskningsspørgsmålet lyde som følger:

- Er personer, som har arbejdet med radarer (været eksponeret over for radarer), oftere ramt af en bestemt sygdom (f.eks. ondartede tumorer i hjernen eller leukæmi) end sammenlignelige personer, som ikke har været eksponeret over for radarer?

Den epidemiologiske studieform, med hvilken et sådant spørgsmål kan besvares, er det såkaldte „kohortestudie“. Inden for epidemiologien er kohorte betegnelsen for en gruppe af personer, er karakteriseret et ensartet kendetegn – i dette tilfælde kunne man definere de ansatte i „Bundeswehr“, som har gjort tjeneste i radarstillinger, vedligeholdt radaranlæg eller arbejdet på skibe i nærheden af radarantennor som en eksponeret kohorte.

Inden for rammerne af et kohortestudie skal der for hvert medlem af kohorten nøje findes frem til, i hvilket omfang og hvor længe vedkommende under tjenesten var eksponeret over for radarer.

Rapport fra den tyske Radarkommission

På sammenlignelig måde skal det for hver enkelt fastlægges, om der er blevet diagnosticeret en hjernetumor eller leukæmi. Da der ved disse to sygdomme skal gå en vis tid mellem den første eksposition for radaren og udbruddet af sygdommen (latenstid), er det forståeligt, at observationsperioden skal omfatte et langt tidsrum. Man vil fornuftigvis følge en tidligere Bundeswehr-ansats sygdom udover det tidsrum, hvor han har været under "Bundeswehrs" overvågning.

Analysen af dataene for en sådan kohorte af personer, der tidligere har været eksponeret over for radarer, giver sygdomshyppigheden (=incidens), som muligvis kan være højere hos en person, der muligvis har været kraftigere og længere eksponeret over for radarer, end hos en person, der kun har været eksponeret i kort tid.

For at få et pålideligt skøn over den faktiske øgning i sygdomshyppigheden ville det dog være nødvendigt at inddrage sygdomshyppighederne for en ikke-eksponeret kohorte for at sammenligne.

Hvis man antager, at analysen af hyppighederne for nydiagnosticerede sygdomstilfælde fra radar-kohorten og sammenlignings-kohorten ville føre til, at sygdomshyppigheden for hjernetumorer lå omkring faktor 1,6 og for leukæmi omkring faktor 2 i radarkohorten, så ville dette svare til en relativ øgning af sygdomsrisikoen med henholdsvis 60% og 100%.

At konkludere ud fra disse resultater, at radar årsagsmæssigt er ansvarlig for risikoøgningen, er dog ikke videnskabeligt forsvarligt, for begge sygdomsgrupper kan ud fra det nuværende vidensstade være forårsaget af en mangfoldighed af faktorer.

Ved hjernetumorer diskuteres der risikofaktorer som kranie-hjerne-kvæstelser og diagnostisk og terapeutisk røntgen samt pesticider. Ved leukæmi er der som risikofaktorer etableret en mangfoldighed af kemikalier (bl.a. benzol, insekticider, herbicider, træbeskyttelsesmidler), ekspositioner på arbejdspladsen, ioniserende stråling, rygning og specifikke lægemidler.

Det ville derfor være en alvorlig fejl, hvis man i forsøget på at identificere radar som sundhedsrisiko ikke tog hensyn til disse konkurrerende risikofaktorer.

En epidemiologisk studieform, hvor dette er en integreret bestanddel, er det såkaldte case-kontrol-studie. Den logiske basis for denne metode er overvejelsen om, at en faktor så kan identificeres som sygdoms-fremkaldende faktor (risikofaktor), hvis den findes oftere hos patienter før sygdommens begyndelse end hos en ikke-syg sammenligningsgruppe. Planlægningen, gennemførelsen og analysen af case-kontrol-studier er i dag differentieret på en sådan måde, at forskellige potentielle risikofaktorerers påvirkninger af forekomsten af forskellige sygdomme samtidigt kan blive analyseret. Med andre ord: I slutningen af et case-kontrol-studie om risikofaktorer for leukæmi kunne man forestille sig et resultat, som tilskrev risikofaktoren "insekticider" en andel på 30% og risikofaktoren "radar" en andel på 23%.

Da alle epidemiologiske studier er meget ressourcekrævende, vil man først gennemføre case-kontrol-studier, hvis man forinden i et kohortestudie hos personer, der har været eksponeret med radarbestråling, har konstateret en faktisk forhøjet sygdomsrisiko.

Ved analysen af epidemiologiske data anvendes der to risikomodeller, nemlig en "absolut" og en "relativ" risiko. I modellen for den relative risiko (RR) går man ud fra, at risikoen for at blive syg for en eksponeret person er proportional med sygdomsrisikoen for en ikke eksponeret person (dvs. sygdomsrisikoen multipliceres med en - dosisafhængig - faktor). Ved den absolutte risiko går man ud fra, at sygdomsrisikoen øges med en (dosisafhængigt) talstørrelse, som er uafhængig af risikoen hos ikke-eksponerede personer. Risikoen, udtrykt som sygdomsrisikoen eller som dødelighedsrisikoen ved en bestemt sygdom, beregnes af kvotienten af de antal syge/døde person og tallet af berørte personer, og angives generelt for et år og for et samlet antal på 100.000 personer. For vore redegørelser her kan sygdomsrisikoen ligestilles med incidensraten og dødelighedsrisikoen med mortalitetsraten.

Årsagssandsynligheden (Probability of Causation = PC) er den „attributable“ risiko blandt de eksponerede. Man relaterer risikodifferensen mellem de eksponerede og de ikke-eksponerede til risikoen hos de eksponerede $PC = (RR - 1) / RR$. Det svarer altså til andelen af de sygdomme, som optræder som følge af ekspositionen. Fordoblingsdosen svarer til en Relativ Risiko på 2,0 personer, som er eksponeret med denne dosis, har en dobbelt så høj sygdomsrisiko som personer, der ikke er eksponeret.

Ved brug af især modellen for den relative risiko har den Internationale strålebeskyttelseskommision (ICRP) afledt "nominelle" levetidsrisici for dødeligt forløbende tumorsygdomme, som ud fra videnskabens nuværende stadiet opfylder forhold, der er vigtige i strålebeskyttelsesøjemed dvs. for risikoen for de ansatte. De kan ikke uden nærmere prøvelse bruges ved de individuelle betragtninger.

6.1.1.2 Vedrørende forekomsten af strålebetinget kræft

Udviklingen af en tumor er en kompliceret proces, som i reglen strækker sig over mange år. Groft skematisk kan der skelnes mellem tre trin:

Initiation (induktion) --> Promotion --> Progression

Den i starten udløste (initierende, inducerende) begivenhed er en ændring af den cellulære geninformation, som er lagt ned i desoxyribonukleinsyrens molekyle (DNA). I den forbindelse behøver det ikke nødvendigvis at dreje sig om en mutation, men også ændringer i den rumlige anordning, som f.eks. fremkaldes af kromosomaberrationer, kan føre til en induktion. På dette stadium ændres enkeltcellens egenskaber således, at den ikke længere reagerer på vævsregulationer og er i stand til at vokse autonomt. Den kan lokalt vokse til en lille koloni af identiske celler. Ved hjælp af promotion bliver cellerne i stand til at udbrede sig lokalt. Det sidste skridt på vejen til malignitet (ondartethed) betegnes som „progression“. Herved bliver cellerne i stand til at foretage invasiv vækst og til at danne dattersvulster (metastaser), som kan slå sig ned fjernt fra udgangsorganet.

I kræftens begyndelsesfase sker der altid en ændring af den cellulære genetiske information. Betingelsen for et bestemt stofs („agens“) tumorinitierende virkning er således dets genotoksiske potent. Udover mange kemikalier råder ioniserende og ultraviolette stråler uden tvivl over denne egenskab, men det gør høj- eller lavfrekvente radiobølger ikke. Der foreligger ingen færdige direkte undersøgelser af de molekylærbiologiske mekanismer for en strålebetinget udløsning af kræft hos mennesker. Imidlertid kendes der talrige gener, hvis strålebetingede ændring som aktiverede protoonkogener eller som inaktiverede tumor-suppressorgener kan være ansvarlig for ondartede udviklinger. De kræftudløsende genetiske ændringer er dog ikke nødvendigvis alle betingede af strålingen, også en genetisk forbelastning (arvelig sygdom), ændringer i kroppen som følge af stofskifteprocessen (f.eks. ilt-radikaler), virusinfektioner, (genetisk betingede) fejlbehæftede reparationsprocesser eller epigenetiske forløb (f.eks. mere eller mindre stærk metylering af DNA) kan gå forud.

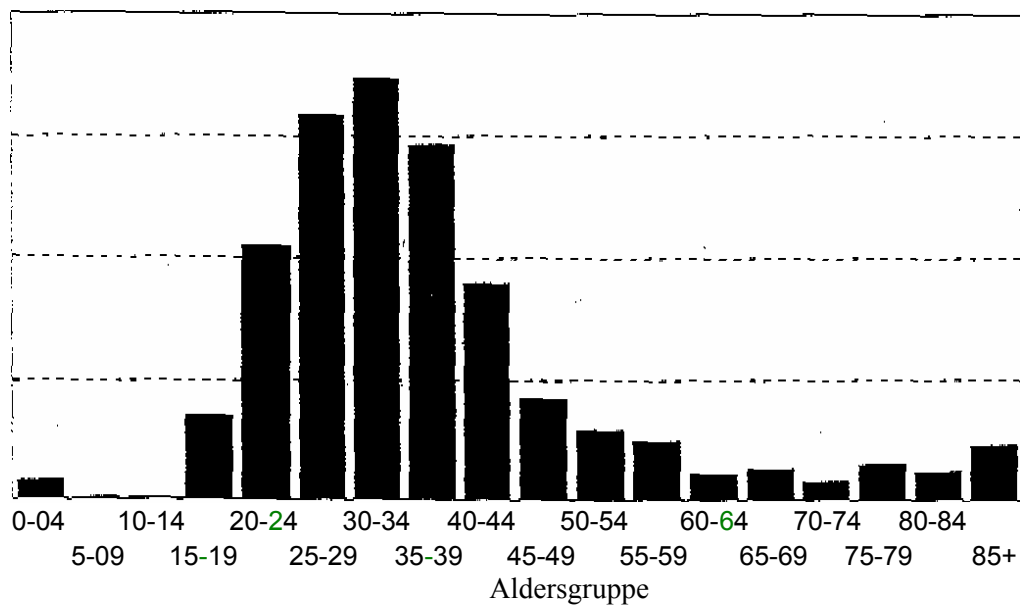
Man kender en række cellulære reparationsprocesser, som både forløber konstitutivt og er inducerbare („Adaptive Response“). Undersøgelser om reparationsprocessernes indflydelse på udløsningen af kræft har vist, at personer kan være mere strålefølsomme som følge af reparationshæmning eller -svigt, f.eks. på grund af en genetisk defekt.

Strålingens indflydelse på promotion og progression er uklar, både med hensyn til den ioniserende og den ikke-ioniserende stråling. Der mangler klare empiriske belæg. Da ikke-genetiske processer spiller en rolle ved begge processer, er det ikke muligt at foretage en principiel afgrænsning. Immunsystemet spiller uden tvivl også en afgørende rolle.

Der er tydelige forskelle inden for befolkningen med hensyn til sandsynligheden for at blive syg af kræft. Dette gælder ikke kun generelt, men også med henblik på den strålebetingede kræft risiko. Udslagsgivende er levestil men også genetiske faktorer („genetisk prædisposition“), hvoraf en række allerede kendes.

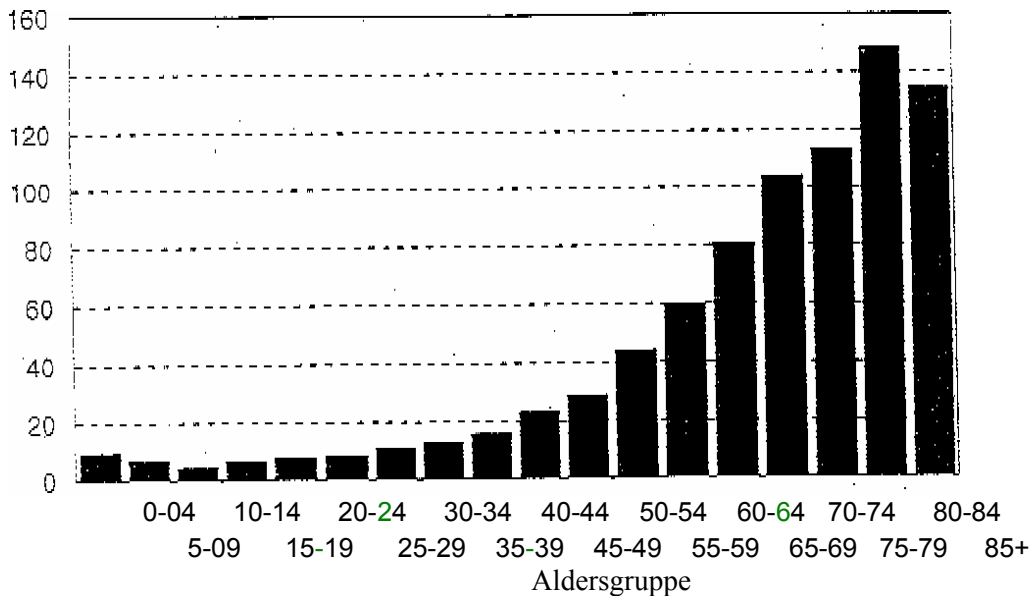
Inden for epidemiologien observeres der incidensrater og mortalitetsrater. Man taler ofte om "spontanraten" og forstår derved risikoen hos en ikke-disponeret person. Begrebet „spontanrate" bruges især i forbindelse med strålebeskyttelse. Incidensraten angives generelt alders-, køns- og sygdomsspecifikt. For praktisk taget alle tumorer gælder, at incidensraterne stiger med alderen. For mange tumorer findes der kønsspecifikke forskelle i raterne. I Tyskland foreligger der ikke incidensrater for hele landet, kun for de regioner, hvor der findes et kræftregister. Ved hjælp af mortalitetsraterne, som kan beregnes ud fra statistisk materiale fra de instanser, der har med statistik at gøre i Tyskland („Statistische Landesämter“ og „Statistisches Bundesamt“), angives der også estimater for landsdækkende incidensrater. Som eksempler anføres i de følgende figurer forholdene for testikelkræft (Figur 6-1) og leukæmi (Figur 6-2):

Testikeltumorer – hyppighed af nydiagnosticerede sygdomme pr. 100.000 mænd
Kræftregistret i Saarland (Tyskland) 1970-2000



Figur 6-1: Testikeltumorer – nydiagnosticerede sygdomme pr. 100.000 mænd

Leukæmi og lymfekirtelkræft - hyppighed af nydiagnosticerede sygdomme pr. 100.000 mænd
Kræftregistret i Saarland (Tyskland) 1970-2000



Figur 6-2: Leukæmi og lymfekirtelkræft – nydiagnosticerede sygdomme pr. 100.000 mænd

Ud fra det ovenfor anførte er det forståeligt, at der går lang tid mellem den initierende hændelse og den kliniske manifestation af en kræftsygdom ("latenstid"), som kan måles i år. Ved påvirkning fra ioniserende stråling som udløsende agens foreligger der relativ nøjagtig viden om dens varighed.

For diskussionen af en mulig kausal sammenhæng er resultaterne fra et kohortestudie eller et case-kontrol-studie ikke tilstrækkelige. Der bruges inden for epidemiologien en samling af nye kriterier, som er opkaldt efter den engelske epidemiolog Austin Bradford Hill, som har udarbejdet sine kriterier ud fra arbejds-medicinske sygdomme [Hill 1965].

- Associationens styrke

Associationens styrke angives med forskellige risikoestimatorer. De lader erkende, hvor mange gange oftere en sygdom opstår efter påvirkning fra en specifik risikofaktor end uden. Det har i de sidste år vundet indpas at tale om en stærk association i forbindelse med risikoestimatorer på 2,0 (ensbetydende med en fordobling af sygdomsrisikoen). Dog taler selv lavere risikoestimatorer principielt mod en årsagssammenhæng. Således betragtes risikoøgningen for forekomsten af bronkial karcinom om følge af passiv rygning i dag som kausalt forårsaget, selvom risikoøgningen fra forskellige studier kun ligger på 20 – 40%.

- Konsistent fund

Dette kriterium kræver, at der skal findes ensartede resultater inden for rammerne af forskellige studier gennemført af forskellige undersøgere. Dog er brugen af dette kriterium problematisk, hvis den mistænkte risikofaktor er f.eks. en regionalt singulært forekommende faktor eller en faktor, som udelukkende forekommer i en bestemt population.

Rapport fra den tyske Radarkommission

En særlig form for undersøgelse af konsistensen via studier er blevet mulig med indførelsen af såkaldte meta-analyser. Her beregnes med komplekse statistiske metoder en vægtet gennemsnitlig risikoestimator via forskellige studier. Forudsætningen for brugen af meta-analyser er den relative ensartethed af følgerne af risikofaktorerne på sygdommens opståen (homogenitet).

- **Specificitet**

Kriteriet for specificitet siger, at en risikofaktor kun virker på et specifikt slutpunkt (sygdom, død). Dette kriterium er derfor et relativt svagt kriterium, fordi en hel række af risikofaktorer imidlertid er blevet identificeret som kausale faktorer for flere distinkte sygdomme. Således er cigaretrygning en entydig risikofaktor for en mangfoldighed af kræftsygdomme, men også for hjerteinfarkt og slagtilfælde. Insekticider er imidlertid etableret som risikofaktorer for så forskellige sygdomme som brystkræft, leukæmi og lymfekirtelkræft.

- **Temporalitet**

Dette kriterium om temporalitet mellem faktor og effekt er af central betydning i diskussionen om kausalitet, fordi det betinger, at en mistænkt risikofaktor på en vigtig måde forekommer oftere før indtræden af en sygdom end efter. Ud fra dette kriterium kan man beregne latenstider mellem den første eksposition og forekomsten af den specifikke sygdom.

- **Biologisk gradient**

Der tales om en biologisk gradient, der skal redegøre for en kvantitativ sammenhæng mellem omfanget af ekspositionen over for risikofaktoren og sygdomsrisikoen. Således er der f.eks. en tydelig biologisk gradient mellem den mængde cigaretter, der er røget i et livsforløb, og risikoen for at blive syg af blærekræft.

- **Plausibilitet**

For de inden for rammerne af et epidemiologisk studie fundne relationer mellem risikofaktor og sygdom skal der være en plausibel biologisk forklaring af sammenhænge mellem risikofaktor og sygdom.

- **Sammenhæng**

Fortolkningen af en sammenhæng mellem faktor og effekt bør ikke stå i modsætning til det, der er til rådighed om, hvordan den pågældende sygdom er opstået ud fra biologisk og patofysiologisk viden. Således kan der konstateres sammenhæng for forekomsten af bronkial karcinom som følge af cigaretrygning fordi der f.eks. findes specifikke ændringer i bronkial epitel som fortrin for et senere karcinom. Hill så selv en snæver forbindelse til kriteriet om plausibilitet.

- **Eksperimentel evidens**

Det er overordentligt hjælpsomt for diskussionen om kausalitet, hvis der kan dokumenteres en sammenhæng mellem faktor og effekt ved hjælp af dyreforsøg. Der er f.eks. fundet en sammenhæng mellem eksposition for kvindelige hormoner og udvikling af hormonafhængige kvindelige tumorer ikke kun hos mennesker, men også hos forskellige dyrearter.

- **Analogi**

Det er hjælpsomt, hvis der for etablering af en kausal sammenhæng kan gribes tilbage til analogislutninger. Således ville dette kriterium for eksempel være opfyldt, hvis man ved et specifikt insekticid i et epidemiologisk studie fandt frem til en association til lymfekirtelkræft, efter der allerede var fundet en sammenlignelig association for et andet insekticid.

6.1.2 Ioniserende stråling

Af de risikofaktorer, som mennesket er udsat for i sit miljø, foreligger der for ioniserende stråling en omfattende viden om virkninger og risici.

Undersøgelser af strålevirkninger sammenfattes og vurderes regelmæssigt af FN's videnskabelige komite om virkningerne af atomstråling UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), som har eksperter fra 40 lande som medlemmer. Stedet for den videnskabelige viden om strålevirkning dokumenteres af UNSCEAR i omfattende rapporter. Derudover foreligger der omfattende dokumentation om strålevirkningen fra det Internationale agentur for kræftforskning (IARC) under verdenssundhedsorganisationen (WHO), National Research Council i USA (Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations, BEIR-rapport), den internationale strålebeskyttelseskommission ICRP og den tyske strålebeskyttelseskommission SSK. Der har været gransket intensivt i det cellulære og molekylær-biologiske grundlag i århundreder. Inden for rammerne af denne meget korte fremstilling er det kun den viden, der er blev beskrevet, som spiller en rolle i forbindelse med vurderingen af radar-problematikken.

Med hensyn til den menneskelige sundhed skelnes der principielt mellem to kategorier af strålevirkninger: deterministiske og stokastiske strålevirkninger.

Deterministiske strålevirkninger

Deterministiske strålevirkninger forekommer relativt tidligt efter ekspositionen og er i reglen forbundet med en fejlfunktion eller tab af vævsfunktion i de bestrålede organer. De er i det væsentlige betinget af det strålebetingede tab af celledelingsevnen. Deterministiske virkninger kan først konstateres ved stråledoser over 100 mSv, hvis en karakteristisk tærskeldosis overskrides for det respektive bestrålede organ eller væv. Under denne tærskel er antallet af døde eller beskadigede celler for lille til at nedsætte vævs- eller organfunktionen temporært eller permanent, især så længe et tab kan udlignes ved, at ikke beskadigede stamceller øges. Med tiltagende dosis over tærskeldosen kommer ikke kun de deterministiske strålevirkninger for tidligt, men tyngden i effekten tager også til. Til de væv, der er følsomme over for deterministiske effekter hører også sådanne, som permanent er henvist til en celletilførsel sådan som det er tilfældet ned de (mandlige) kønsorganer, knoglemarv, tarm, hud og øjets linse. I overensstemmelse hermed kan der forekomme følgende karakteristiske deterministiske strålevirkninger: sterilitet, formindsket bloddannelse, erytem- og blæredannelse i huden samt uklarhed i øjets linse ("katarakt", "grå stær"). Med undtagelse af det sidste eksempel (katarakt) skal de beskrevne virkninger konstateres ved tilsvarende dosis, i hvilken forbindelse strålefølsomheden dog er underlagt individuelle svingninger. Uklarhed i øjets linse kan under omstændigheder først bliver manifest lang tid efter bestrålingen. Latenstiden er dosisafhængig.

Stokastiske strålevirkninger

Den anden kategori, den stokastiske strålevirkning, går ud fra strålebetingede ændringer i krops- eller kimcellernes arvesubstans, som ikke fører til en inaktivering af cellerne. Afhængigt af de berørte cellers type (krops- eller kimceller) kan der som følge af en bestråling udløses kræft, leukæmi eller en arvelig skade. Der kan i fremtoningsbilledet ikke skelnes mellem strålebetingede og spontane sygdomme som kræft, leukæmi eller arvelige sygdomme. Forekomsten af disse strålevirkninger kan ofte først konstateres år eller også årtier efter bestrålingen ved hjælp af statistiske metoder ved, at kræftsygdomme forekommer hyppigere hos bestrålede end hos ubestrålede persongrupper. Betegnelsen „stokastisk" fremhæver for denne strålevirkning den tilgrundliggende karakter som tilfældig, dvs. at en indplacering i det enkelte tilfælde ikke er muligt og der kan kun estimeres sandsynligheder ved hjælp af statistiske metoder. Der går ud fra, at der for stokastiske strålevirkninger ikke findes nogen tærskeldosis. Selv lave doser øger derfor sandsynligheden for forekomsten af kræft eller arvelige skader hos bestrålede personer. Med tiltagende dosis øges sygdomsrisikoen. Også her er følsomheden underlagt individuelle svingninger, i hvilken forbindelse genetiske faktorer også spiller en rolle.

Ved lave doser, dvs. under de tærskler, der er karakteristiske for de deterministiske effekter, skal man kun regne med stokastiske virkninger, især kræftsygdomme. Der findes sporadiske rapporter om, at der forekommer hjerte-kredsløbssygdomme i øget omfang hos strålereksponerede personer. De foreliggende data tillader ikke nogen estimering af eventuelle risici.

Ved betragtningerne af stokastiske strålevirkninger, for hvilke der antages en lineær dosis-virknings-relation uden tærskeldosis, bør det ikke lades ude af betragtning, at ethvert menneske har været udsat for ioniserende stråling fra naturlige og civilisatoriske kilder i hele sit liv. I Tyskland når doserne i gennemsnit op på ca. 4 mSv/år, hvor 2,4 mSv/år skyldes naturlig stråling. Medicinsk stråling tegner sig for resten. Disse gennemsnitsværdier svinger meget, i hvilken forbindelse især den geologiske undergrund samt højden, man befinder sig i, har indflydelse for de naturlige kilder, og for de medicinske ekspositioner er det primært levealderen, der er af betydning.

Strålevirkningen afhænger af mange faktorer. Disse omfatter udover genetiske påvirkninger især ekspositionsbetingelserne og stråletypen. I forbindelse med det her diskuterende spørgsmål er det især strålekvantiteten, der har en særlig betydning. Generelt kan det konstateres, at stråler med større ionisationstætheder ved ens fysisk dosis udviser en forhøjet virkning. Dette gælder i forhold til gammastråler eller højenergetiske røntgenstråler, f.eks. for alfapartiklerne, men også for lavenergetiske røntgenstråler. Inden for strålebiologien karakteriseres denne adfærd kvantitativt af angivelsen "relativ biologisk effektivitet". Derved forstås man energidoserens forhold, som for forskellige stråletyper fører til samme effekt. ICRP har af hensyn til strålebeskyttelsen givet alle fotonstråler vægtningsfaktor 1. Dette er tilstrækkeligt med henblik på risikobegrænsningen, som anført i afsnit 6.1.1.1. En betragtning af det enkelte tilfælde skal dog tage højde for den forøgede virkning af lavenergetiske røntgenstråler. På grund af de strålebiologiske overvejelser kan der for røntgenstråler under 30 kV gås ud fra en RBV på cirka 3 [Kocher et al. 2002]. Denne værdi skal betragtes som "konservativ", og kan således under omstændighederne føre til en overvurdering af risikoen.

6.1.2.1 Strålebetingede leukæmi- og kræftsygdomme

Viden om leukæmi- og kræftinduktionen som følge af stråling er blevet hentet gennem epidemiologiske studier af persongrupper, som har været udsat for en så høj bestråling, at der kunne konstateres en større kræfthyppeghed i forhold til den ubestrålede befolkning. De bestrålede persongrupper omfattede især overlevende fra atombombeeksplosionerne i Hiroshima og Nagasaki, patienter, som af medicinske grunde er blevet bestrålet (f.eks. med morbus bekhterew, tuberkulose, tinea capitis, mastitis) og erhvervsmæssigt stråleeksponerede personer (f.eks. uranminearbejdere og personer, der maler med selvlysende maling).

Principielt kan man gå ud fra, at der kan fremkaldes kræft ved stråling i alle væv eller organer i kroppen. Tabel 6-3 gengiver det nuværende videnskabelige stade med hensyn til stråleinducerbarheden for de enkelte kræfttyper.

Det epidemiologiske studie af overlevende fra atombomberne i Hiroshima og Nagasaki er det mest omfattende af alle studier. Det inddrages med henblik på estimeringer af strålerisikoen i forbindelse med strålebeskyttelse, fordi det omfatter både mænd og kvinder samt alle aldersgrupper. For alle kræfttyper under et er der en lineær dosis-virkningsrelation op til en dosis på 3 Sv. Dosis-virkningsrelationen for leukæmi beskrives bedst med en lineær-kvadratisk funktion. Statistisk signifikante risici for kræft bliver først tydelige hos de overlevende fra atombomberne ved organdoser på over ca. 100 mSv. Ved stråleekspositioner under svangerskabet ligger den nedre statistiske dokumentationsgrænse for leukæmi hos børn på ca. 20 mSv.

Størrelsen af strålerisikoen bestemmes i det væsentligste af følgende faktorer:

Størrelsen af dosen (jo højere dosis, desto større er risikoen), den tidsmæssige dosisfordeling (dosis-protraktion, dosisfraktionering), stråletype (tæt-ioniserende stråling er ved samme energidosis mere virkende end løs-ioniserende stråling), den berørte vævstype eller det berørte organ (der er væsentlige forskelle i kræftfølsomheden), alder ved bestråling (børn og unge er mere følsomme end voksne).

Mellem bestrålingen og den øgede forekomst af kræftsygdomme er der en latenstid, som er forskellig lang for de enkelte kræfttyper.

Rapport fra den tyske Radarkommission

De korteste latenstider findes for leukæmi hos børn. Ved bestråling i barnealderen angives de korteste latenstider for leukæmi og skjoldbruskkirtelkræft til at være 2 til 3 år. I gennemsnit regnes der for voksne i sådanne tilfælde med en latenstid på 8 år. For lungekræft går der ud fra gennemsnitlige latenstider på op til 20 eller flere år. Som nedre grænse kan man hos voksne antage 2 år for leukæmi og 5 år for solide tumorer. Forekommer en kræftsygdom i en kortere afstand end de angivne minimale latenstider efter en stråleeksposition, er det snarere usandsynligt, at den er induceret som følge af stråling.

Estimeringen af strålerisikoen på grundlag af eksisterende data er af følgende grunde behæftet med usikkerheder:

Epidemiologiske studier af bestrålede persongrupper omfatter på grund af deres begrænsede observationsperiode (follow up) ikke levetidsrisikoen; derfor skal strålerisikoen ekstrapoleres over observationsperioden ved brug af egnede modeller (risikoprojektion).

Risikovurderingen skal overføres fra bestemte bestrålede persongrupper til andre, som under omstændighederne adskiller sig ud fra nation, etnisk tilhørsforhold, livsstil (risikotransfer). Data fra epidemiologiske studier foreligger i reglen for personer, som har været udsat for relativt høje doser. Risikoestimeringer skal derfor ved hjælp af egnede metoder ekstrapoleres fra virkninger ved høje til lave doser (risikoekstrapolation).

I det følgende sammenfattes den vigtigste viden om stråleafhængigheden for enkelte maligne sygdomme og sygdomsgrupper. Tabellen i starten indeholder kvantitative oplysninger om størrelsen af den relative risiko ved en stråledosis på 1 gray samt den øgede absolutte risiko (øgede tilfælde) pr. 10^4 personår-gray (= for 1000 personer, som har fået 1 gray eksposition og er blevet fulgt i 10 år). Derefter følger en beskrivelse af de stråleepidemiologiske resultater for de enkelte tumorarter på basis af tabellen. Kilderne er i det væsentligste oversigter som f.eks. UNSCEAR rapporten for år 2000 [UNSCEAR 2000], IARC Monographie Vol. 75 [IARC 2000] samt værket [Boice et al. 1996] samt forskellige enkeltpublikationer.

Tab. 6-3: Rangfølge for forskellige kræfttyper/-lokalisationer med henblik på den karcinogene virkning af ioniserende fotonstråling* (relateret til mortalitet og incidens) (det er intervallet for værdier, som er nævnt i litteraturen, der angives. Det drejer sig her ikke om et konfidens-interval men om publicerede værdier)

Risikoestimatorer (margin)		
Kræfttype/-lokalisation	Relativ risiko RR ved 1 Gy	Øget risiko EAR x 10⁴ Personår Gy (absolut øgede tilfælde)
Tumorer, som hyppigt associeres med med ioniserende stråling og sikre risikoestimatorer		
Leukæmi	1,3 - 6,2	0,5 - 2,9
Skjoldbruskkirtler	1,6 - 31	3,0 - 13
Bryst (kvinder)	1,1 - 2,7	3,5 - 18
Tumorer, som lejlighedsvis associeres med ioniserende stråling, valide risikoestimatorer		
Lunger	1,0 - 1,6	0,0 -1,7
Mave	1,0 - 1,7	0,0 - 4,7
Colon (tyktarm)	1,0 - 1,9	0,0 - 3,0
Øsofagus	1,3 - 1,6	0,3 - 0,5
Urinblære	1,1 - 2,3	0,1 - 1,0
Ovarier	1,0 - 2,3	0,1 - 0,7
Multipel myelom	1,0 - 3,3	0,0 - 0,3
Tumorer, som sjældent associeres med ioniserende stråling, usikre risikoestimatorer		
Hjerne/nervesystem	1,0 - 5,9	0,0 - 1,1
Nyrer	1,0 - 1,7	0,0 - 1,1
Lever	1,0 - 1,5	0,0 - 1,6
Spytkirtler	1,1 - 1,7	0,1 - 0,2
Hud	b	b
Rektum	1,0 - 2,0	0,1 - 2,5
Uterus	1,0 - 1,2	0,0 - 0,1
Knogler	1,0 - 1,01	0,0-0,5
Bindevæv	b	b
Tumorer, som ikke eller sporadisk associeres med ioniserende stråling, uden risikoestimatorer ^c		
Kronisk lymfatisk leukæmi	b	b (ingen effekt)
Pankreas	b	b
Morbus Hodgkin	b	b
Prostata	b	b
Testikler	b	b
Cervix	b	b
Børnetumorer ^d	b	b
Støttevæv ^e	b	b

* Tabel ændret i h.t. [Boice et al. 1996]. Relativ rangfølge er baseret på hyppigheden, som forekomsten af den berørte kræfttype i eksponerede befolkninger anføres med, på styrken i de fundne associationer og eksistensen af pålidelige estimater af strålerisikoen pr. organdosisenhed (jf. Boice et al. 1996). Risikokoefficienter er hovedsageligt baseret på (Thompson et al. 1994), [Shimizu et al. 1990], [BEIR V 1990], [UNSCEAR 1994, 2000], [Boice et al. 1988] og [Darby et al.1987]. Marginen for risikoestimatorerne er betinget af forskelle i aldersfordelingen, follow-up tid og andre faktorer i de eksponerede grupper.

a Association blev ikke fundet konsistent og/eller eksisterende estimater er meget usikre.

b Der kendes ingen pålidelige risikoestimer.

c Tumortyper/lokalisationer, der ikke er rapporteret eller bekræftet stråleinducerede tumorer for.

d Retinoblastom, Wilms tumor, og andre embryonale tumorer.

e Muskler, sener og synovialvæv.

Leukæmi

På trods af tydelige variationer er internationale forskelle i hyppigheden af leukæmi ikke så udpræget som ved mange solide tumorer. I alt foreligger der for denne gruppe af maligne sygdomme sikre informationer og risikoestimatorer med hensyn til den stråleassocierede risiko. For leukæmi er det nødvendigt at foretage en særskilt observation af de forskellige undertyper med hensyn til strålerisikoen. Akut lymfatisk leukæmi (ALL) er en sygdom i barnealderen, mens akut myeloid leukæmi (AML) og kronisk myeloid leukæmi (KML) i størstedelen af tilfældene findes hos voksne. Stærke dosis-virkningsrelationer mellem ALL, AML, KML og ioniserende stråling er fundet i livstidsstudiet (LSS) af atombombeofrene fra Hiroshima og Nagasaki, ligesom i mange andre studier af personer med medicinsk begrundede stråleekspositioner. Latenstiden efter ekspositionen indtil forekomst af sygdommene er betydeligt kortere end ved mange solide tumorer. Der findes ingen effekter med hensyn til undertypen af kronisk lymfatisk leukæmi (KLL), således at non-KLL-leukæmi ofte kan analyseres med henblik på virkningen af ioniserende stråling.

Mellem LSS og andre studier findes der forskelle med hensyn til størrelsen af den estimerede risiko og formen af dosis-virkningsrelationen. I alt går der ud fra et ikke-lineært forløb af dosis-virkningskurven, i hvilken forbindelse den stejleste dosis-virkningsrelation for AML blev fundet i en kombineret analyse af data for atombombeofrene og to store patientkohorter. Hos arbejdere i nuklearindustrien, som for det meste har været udsat for ret lave stråledoser, viste der sig ligeledes at være en forhøjet leukæmirisiko [Cardis et al. 1995].

Et ofte undersøgt tema er også mulige risikoøgninger for leukæmi i nærheden af nukleare anlæg. Der foreligger relevante rapporter fra flere lande, som dog ikke giver en klar evidens for forhøjede risici og som for det meste fremviser svagheder i ekspositions vurderingen. Interne ekspositioner over for lav-LET stråling (stråling med ringe ionisationstæthed) synes i de fleste studier ikke at føre til forhøjede leukæmirisici; der er dog på grund af de ofte relativt lave doser problemer med den statistiske præcision.

Skjoldbruskkirtelkræft

Skjoldbruskkirteltumorer er snarere sjældne og tager i flere lande til i incidens, men falder derimod i mortalitet. Epidemiologiske studier viser konsistent, at ondartede skjoldbruskkirteltumorer hører til de tumorer, der kan induceres som følge af ioniserende stråling. Skjoldbruskkirtelvævet er specielt i barndommen følsomt over for karcinogene stråleeffekter. Risikoen falder med tiltagende alder ved ekspositionen. Der er forøgede ERR op til over 40 år efter ekspositionen. Trods forskellene i den naturlige sygdomshyppighed mellem kvinder og mænd adskiller de strålebetingede ERR sig næsten ikke mellem kønnene.

Brystkræft

Brystkræft er den hyppigste tumortype hos kvinder i de fleste industrialiserede lande og efterhånden også i mange tærskel- og ikke-industrialiserede lande. Ud fra LSS og andre studier af medicinsk eksponerede grupper foreligger der entydige oplysninger om en inducerbarhed af brystkræft som følge af ekstern lav-LET bestråling. For brystkræft hos mænd peger de få foreliggende undersøgelser i samme retning.

Lungekræft

Den på verdensplan høje og i mange lande stadigt stigende incidens og mortalitet for lungekræft reflekterer for en stor dels vedkommende prævalensen af tobaksforbruget. Den ioniserende stråling hører også til lungekarcinogenerne. LSS samt andre studier blandt akut stråleeksponerede patienter viser forhøjede lungekræftisici efter ekstern bestråling. Resultaterne fremviser en lineær dosis-virkningstendens. Man skal dog være opmærksom på rygningens kraftige indflydelse, når man vurderer strålerisikoen. Den fælles effekt af rygning og stråling synes snarere at være additiv end multiplikativ. At der ikke blev fundet risikoøgninger hos tuberkulose-patienter, som gentagne gange er blevet fluoroskoperet, kan hænge sammen med dosisfraktioneringen (altså opdelingen af den samlede dosis).

Med hensyn til den interne bestråling findes der næppe informationer om lav-LET-virkningen men ret mange data om høj-LET eksponerede personer, for det meste radon-eksponerede minearbejdere. Risikoen

stiger lineært med stigende akkumuleret radoneksposition, mens ERR falder med højere alder og tid siden ekspositionen.

Mavekræft

Incidensraten for mavekræft viser kraftige internationale svingninger. I Japan er der fundet specielt høje rater. I epidemiologiske studier blev der observeret forhøjede mavekræftsriski efter stråleeksposition. Den største del af informationerne stammer også her fra LSS-kohorten med de japanske atombombeofre. Studieresultaterne henviser til en lineær dosis-virkningsrelation. ERR per Sv falder med tiltagende alder ved ekspositionen, og varierer ikke afhængigt af tiden siden eksposition, og er muligvis højere for kvinder end for mænd. Nogle, men ikke alle studier vedrørende virkningen af ekstern lav-LET bestråling i medicinsk sammenhæng viser ligeledes en association mellem stråleeksposition og mavekræftsrisko. Resultaterne af LSS og studiet af kvindelige cervixkarcinom-patienter tyder på, at en overførsel af japanske resultater til andre lande snarere har gyldighed for relative risici end for absolutte risici. Lavdosisstudier fra arbejds-epidemiologien (lav-LET) fremviser mangler i præcisionen. Et studie af protrakteret højdosis-eksposition blandt arbejdere på Mayak-anlægget i Rusland gav forøgede risici for mavekræft, men tillod ingen videregående kvantificering af dosis-virkningsrelationerne. Studier af intern lav- og høj-LET eksposition har med hensyn til evalueringen af mavekræftsriski for det meste ringe informationsindhold.

Tyktarmskræft (colon)

For tyktarmskræft er de højeste rater i verden fundet i Nordamerika og (Vest-) Europa. Ernæringspåvirkninger spiller den vigtigste rolle for den internationale variabilitet. Med hensyn til tyktarmsrisikoen efter stråleeksposition foreligger der et større antal epidemiologiske studier. Ifølge LSS-resultaterne skal man gå ud fra en lineær dosis-virkningsrelation. Det er uklart, hvordan køn og tid siden ekspositionen påvirker ERR pr. Sv. Den øgede absolutte risiko (EAR) stiger med tiltagende tid siden ekspositionen.

Øsofaguskræft (spiserør)

Spiserørskræft er i nogle studier sat i forbindelse med ioniserende stråling. En stor del af informationerne relateres til eksterne lav-LET ekspositioner. Der foreligger kun få data for interne ekspositioner med høje LET. Livstidsstudiet (LSS) af atombombeofrene fra Hiroshima og Nagasaki giver kun oplysninger om en øget risiko i den tidlige periode efter stråleekspositionen. Data fra studier hos strålebehandlede Morbus-Bekhterew patienter viser en kontinuerlig øget risiko, mens andre studier ikke gav nogen risikoøgning for øsofaguskræft efter medicinske ekspositioner. Alt i alt foreligger der meget få epidemiologiske studier af strålerisici for denne kræfttype, som er sjælden i mange lande.

Urinblæretumorer

Urinblæretumorer udgør ca. 5% af alle incidente ondartede tumorer i industrialiserede lande og forekommer mindre hyppigt i Latinamerika og Asien. Personer, der har været eksponeret over for lav-LET stråling, udviser i flere studier statistisk signifikant øgede risici for blæretumor.

Multipelt myelom

For gruppen af de sjældne maligne plasmacellesygdomme blev der i de sidste årtier registreret en let stigning i mortaliteten. De forskellige resultater vedrørende incidens og mortalitet er iøjnefaldende. De nyeste mortalitetsanalyser i LSS viser en signifikant dosis-virkningstendens med stigende stråledosis; tendensen var tydeligt svagere ved analyse af incidensen. Også i andre studier af mortaliteten var der henvisninger til en positiv dosis-virkningstendens, mens incidensstudier for det meste førte til svagere eller slet ingen associationer.

Tumorer i hjerne- og centralnervesystem (CNS)

Ved disse tumorer er det ikke altid let at skelne mellem benigne og maligne typer, da tegn og symptomer er meget ens. Derfor rapporteres alle CNS-tumorer ofte sammen. Dette er for så vidt problematisk, som en association mellem ioniserende stråling og CNS-tumorer er tydeligt mere udpræget ved godartede tumorer. Der blev kun rapporteret om konsistente risikoøgninger for neurolemma-tumorer. Eksposition i

barndommen betinger højere risici, og der foreligger kun få data om voksne. Maligne gliomer observeres kun efter stråleterapi. I livstidsstudiet forekommer hjernetumorer ikke i massevis. Erhvervsmæssigt stråleeksponerede personer havde i et overvejende flertal af studierne ingen øgede risici for hjernetumorer.

Leverkræft

Leverkræft er en relativ hyppig sygdom i dele af Afrika og Asien, og forekommer sjældent i Nordamerika og Europa. Mortalitetsdata vedrørende leverkræft er derfor usikre, da leveren er det foretrukne sted for metastaser fra andre organ-tumorer. Oplysninger om stråleafhængighed fra leverkræft stammer fortrinsvis fra undersøgelsen af patienter, som ved angiografier har fået kontrastmidlet thorotrast. Her blev der konstateret kraftigt øgede risici som følge af denne interne høj-LET bestråling (alfastråling) i særdeleshed for cholangiokarcinomer og angiosarkomer. Med hensyn til virkningen af lav-LET stråling peger studier blandt eksponerede ansatte respektive fra medicinske kohorter ikke på en association mellem stråling og leverkræfthyppeghed. LSS-resultaterne vedrørende mortaliteten peger derimod på en signifikant dosis-virkningsrelation og er i mellemtiden blevet bekræftet af incidensanalyser. Det drejer sig i den forbindelse om hepatocellulære karcinomer. Ved sammenligningen mellem forskellige befolkninger bør der tages hensyn til forskelle i basisraterne for leverkræft, som fortrinsvis påvirkes af prævalensen af infektion med hepatitisvira (specielt hepatitis C).

Non-Hodgkin- og Hodgkin-lymfom

Non-Hodgkin-lymfomer (NHL) tager til i hyppighed i mange lande, hvilket ikke kun kan forklares med ændrede klassifikationssystemer. Hodgkins sygdom udviser derimod en stabil til let aftagende incidens på verdensplan.

Resultaterne vedrørende NHL og ekstern lav-LET stråling er ikke fuldstændigt konsistente. Fra LSS viser der sig alt i alt ikke nogen sammenhæng mellem mortaliteten ved NHL og ioniserende stråling, men der findes dog forhold, der peger på en positiv tendens for incidensen med tiltagende dosis hos mænd. Arbejdere i atomindustrien har ifølge de hidtidige resultater ikke nogen forhøjet NHL-risiko. Studier af patienter eller arbejdere med ekspositioner over for intern lav- eller høj-LET stråling er limiteret med hensyn til dosis-virknings-analyser. Også de generelle risikoestimatorer i de få eksisterende studier er ikke konsistente, således at en vurdering næppe er mulig. Studierne af Hodgkin-lymfomet viste alt i alt ingen association med ekstern eller intern ioniserende stråling.

Hudkræft

Ikke-melanom hudkræft er væsentligt hyppigere end det maligne melanom. Mørkhudede populationer har meget ringere sygdomsrisici. På verdensplan har der i årevis været observeret en stærk stigning af hyppigheden af hudkræft, som sættes i forbindelse med den stigende solekspostion. Ioniserende stråling kan inducere ikke-melanom hudkræft, især basalcellekarcinomet. Der findes kun enkeltstående henvisninger til en association mellem det maligne melanom og ioniserende stråling, bl.a. fra studier af medicinsk personale. Det er uklart, om der foreligger en interaktion mellem UV og ioniserende stråling. For basalcellekarcinomer må man gå ud fra en forhøjet ERR ved eksposition for UV i barnealderen. Alt i alt synes den epidemiologiske datasituation for evalueringen af den rolle, som ioniserende stråling indtager ved forekomsten af melanomer og andre hudkræfttyper end basalcellekarcinomer, at være utilstrækkelig.

Maligne knogletumorer og tumorer i bindevævet

Knogle- og bindevævstumorer er sjældne og udgør tilsammen mindre end 1,5% af alle tumorer. En dosisafhængighed for risikoen for knoglesarkomer blev fundet blandt patienter, som på grund af en tumorsygdom i barnealderen var blevet behandlet med ioniserende lav-LET bestråling i høje doser. Det er svært at udtale sig om lavere doser på grundlag af disse data. En genetisk prædisposition kunne påvirke sygdomsrisikoen efter behandlingsmæssig bestråling.

En øget hyppighed af knoglesarkomer blev også fundet blandt personer med højt internt radiumoptag. EAR reduceres med tiltagende tid efter ekspositionen (begyndende efter mere end 12 år) samt med tiltagende

alder ved ekspositionen. For andre bindevævstumorer foreligger der enkeltstående henvisninger til øgede risici efter bestråling.

Prostatakræft

Prostatakræft er på verdensplan en af de hyppigste tumorer hos mænd. Den stigende hyppighed forklares for en væsentlig del med forbedret diagnostik af sygdommen. I livstidsstudiet af atombombeofferne fra Hiroshima og Nagasaki og i de fleste andre studier findes der kun vage henvisninger til en association mellem stråling og prostatatumorer. Enkelte rapporter om forøgede risici kan bero på ekspositioner over for ioniserende stråling eller andre faktorer, netop ved arbejds-epidemiologiske studier er der uklarheder på dette punkt. Da flere studier er baseret på få tal eller der er evalueret ringe doser, er estimatorerne ofte statistisk upræcise.

Testikelkræft

Der foreligger ingen studier vedrørende sammenhængen mellem testikelkræft og ioniserende stråling, hvilket p.t. må skyldes, at mortaliteten er lav. Det japanske incidensstudie anfører ikke testikelkræft. På grund af datasituationen er det således ikke muligt at sige noget om en mulig sammenhæng mellem testikelkræft og ioniserende stråling.

I 1998 blev ca. 3.280 mænd syge af testikelkræft i Tyskland [AG Krebsregister 2002], i USA gik American Cancer Society for året 2001 ud fra ca. 7.200 tumordiagnoser [McGlynn 2001]. Dermed hører testikelkræft til de mere sjældne ondartede mutationer hos manden. Tilsvarende ligger testikeltumoren på 12. pladsen for alle nye kræfttilfælde i Tyskland [AG Krebsregister 2002]. Ifølge den officielle dødsårsagsstatistik døde der i 1998 207 mænd af denne sygdom. Dette svarer til en andel på 0,2 % af alle dødsfald hos tyske mænd, som skyldes ondartede sygdomme.

Testikelkræft indtager en særstilling inden for ondartede misdannelser. I modsætning til alle andre kræftsygdomme udviser den i en yngre alder en større sygdomshyppighed end i ældre aldersklasser (jf. Figur 6-1).

I aldersgruppen af 20- til 40-årige er testikelkræft derfor den hyppigste maligne tumor, fulgt af leukæmi og lymfomer. Den gennemsnitlige sygdomsalder ligger under 35 år [Ott et al. 2001], i hvilken forbindelse ikke-seminomer i gennemsnit forekommer noget tidligere end seminomer [AG Krebsregister 2002].

Over en periode på de sidste 30 år er der i Tyskland, USA og Europa alt i alt sket en kontinuerlig stigning i incidensen [AG Krebsregister 2002], [Boyle et al. 1993], [Kodoma et al. 1998], [Faboy-Menciere et al. 2002], [McGlynn 2001]. Denne udvikling modsvarer af en faldende mortalitet.

I europæisk sammenligning ligger incidensen for Tyskland for testikelkræft på andenpladsen. De højeste sygdomsrater observeres i Danmark, de laveste rater i Grækenland. Trods betydelige forskelle i incidens blandt EU-landene er aldersfordelingen i sygdomstilfældene ved første diagnose og den tidsmæssige tendens ved incidensraterne meget ens.

Testikelkræft hører til de prognostisk gunstige ondartede nydannelser. 5-års-overlevelsesraten ligger på 93%. På grund af de få men tidlige dødsfald trues den syge i gennemsnit med at miste 8 livsår [AG Krebsregister 2002].

6.1.2.2 Virkning af indtagne radionuklider (problematik mht. selvlysende maling)

Udover den eksterne strålepåvirkning er det også muligt at få en bestråling af kroppens organer ved at optage radioaktive stoffer i organismen. Radioaktive isotoper har i så henseende også en væsentlig andel i den naturlige stråleeksposition (K-40 og Rn-222).

Rapport fra den tyske Radarkommission

Udover radioisotopernes strålefysiske egenskaber så som fysisk halveringstid og strålingsrækkevidde (alfa-, beta-, gamma-strålekilder) er der ved indtag en række faktorer så som den rumlige og tidsmæssige dosisfordeling i kroppen, den kemiske forbindelse (opløselighed, transportevne, stofskifte) og den biologiske adfærd (biokinetik) med hensyn til optag, fordeling, stofskifte, aflejring i bestemte organer, der er af betydning.

Som tilførselsvej kommer indånding via kontamineret rumluft, spisning som følge af kontaminerede hænder og/eller fødevarer samt direkte blodkontakt (injektion) via kontaminerede sår i betragtning.

Radioisotoper med lang effektiv halveringstid (kombination af fysisk og biologisk halveringstid) er særligt problematiske. De oplagres i lang tid især i organer, hvor de afhængigt af stråletypen indvirker på strålefølsomt væv eller celler. Her skal nævnes de bloddannende knoglemarvstamceller, de knogledannende osteoblaster i skelettets ydre overflader samt bronchiolernes og alveolernes epitelceller i lungerne. Med hensyn til den langfristede og overvejende fordeling i organerne skal især nævnes transuranerne og jordalkalirækkens elementer - strontium og radiumisotoper. De nævnte isotoper er overvejende alfastrålekilder, hvilket betyder, dels at strålingsrækkevidden er lav (ca. 30 µm) og dels at den deponerede stråleenergi er særlig høj, når det følsomme væv ligger inden for strålingsrækkevidden. Dette gælder netop for osteoblasterne i knogleoverfladen og for bronchiolernes og alveolernes epitelceller i lungerne.

I modsætning til ekstern stråling kan dosen i almindelighed ikke måles direkte. Således foretages der som første skridt en bestemmelse af aktivitetsmængden af det radionuklid, der er blevet tilført til organismen. Afhængigt af stråletypen sker dette i mere enkle tilfælde via en ekstern direkte hel- eller delkropsmåling eller ved manglende ekstern påviselighed via radiokemiske udskillelsesanalyser. I næste skridt beregnes dosen ved at multiplicere den estimerede aktivitetstilførsel med en tabel-dosisfaktor. Dennes størrelse bestemmes af den effektive halveringstid og den organ- eller vævstoksitet, der er relevant for isotopet. Dosen skal derfor i det enkelte tilfælde enten angives som den effektive dosis og/eller delkropsdosen for det dosisbestemmende organ; ved isotoper med lang levetid og med en lang biologisk halveringstid skal 50-års-dosen beregnes. Dosisvurderingen bliver mere unøjagtig, hvis tidspunktet eller perioden samt tilførselsvejen ikke er kendt. Hvis undersøgelsestidspunktet ligger år eller årtier fra tilførselsbegivenheden, kan analytikens metodiske dokumentationsgrænser derfor bliver underskredet.

Siden begyndelsen af det 20. århundredes kunne urskiver og andre instrumenter gøres synlige i mørke ved hjælp af fluorescens fra radium-saltholdige maling. Inden for denne industri med påføring af selvlysende maling var der i USA beskæftiget ca. 5000 personer, overvejende kvinder, beskæftigelsen toppede i 1915-30, 1945-54 og sluttede i 1974.

Der blev enten anvendt Ra-226 holdige salte alene eller senere blandinger af Ra-226 og Ra-228. Halveringstiderne (HT) ligger på ca. 1620 år respektive 5,75 år, Ra-226 henfalder bl.a. til Rn-222 med en HT på 3,8 dage, Ra-228 til Rn-220 med en HT på 55,6 sekunder. Med undtagelse af β -strålekilden Ra-228 er alle nævnte isotoper primært alfastrålekilder; radiumisotoperne beriges som jordalkalielelementer, ligesom calcium i den mineralske andel i skelettet, Rn-222 retnes i skelettet til en andel på ca. 0,33 og udåndes som ædelgas, men beriges intermitterende i luftholdige rum – som f.eks. næsebihulerne eller processus mastoideus (det rundagtige knoglefremspring på kraniet bag øret).

Den naturlige tilførsel af Ra-226 andrager ifølge ICRP 23 til dagligt 2,3 µg respektive ca. 15 Bq årligt via næringen. Ved indtagelse gennem munden andrager tarmresorptionens andel ca. 20 %. Mere end 70 % af kroppens indhold på 31 µg svarende til ca. 850 mBq er aflejret i knoglerne. Den gennemsnitlige årlige effektive dosis ligger ved tilførsel af Ra-226 i normalt belastede områder på ca. 7 µSv, i højere belastede områder i Brasilien på 65 til 250 µSv.

Tilførslen var i 1925 hos urskive-malerne skønnet til at ligge på dagligt 3-43 µg radium. De første sundhedsproblemer førte allerede i 1926 til ændrede arbejdsanvisninger: „pointing” – fugtning af

penselspidserne med læberne – blev forbudt, da der især var opstået kæbenekroser. Endvidere blev der i tydeligt øget omfang fundet knogletumorer, primært osteosarkomer og næsebihule-karcinomer. I oversigterne fra [UNSCEAR 1994] og [BEWR IV 1988] blev der hos 85 af 4775 personer konstateret 87 knoglesarkomer mod forventede ca. 3 tilfælde! Ved eksposition i en yngre alder, især hos personer med stadig aktiv knoglevækst opstod der en højere risiko. I det væsentligste optrådte sarkomerne først over skønnede organdoser på 10 Gy, enkelte tilfælde og et tilfælde i en engelsk, ringere eksponeret gruppe, dog over ca. 1 Gy. Tydeligt mindre klart, men sandsynligvis stadig i øget omfang viste andre ondartede tumorer sig: tidlig forekomst af leukæmi hos kvinder og en ophobning af leukæmi hos mænd, dog findes der til dels modstridende undersøgelser. Endvidere viste der sig signifikante ophobninger af kræftmortaliteten ved colon- og lungekræft samt multipelt myelom; der er en problematisk association til brystkræft.

6.1.3 Ikke-ioniserende stråling (HF)

Virkningerne af elektromagnetiske felter på biologiske systemer er meget mangfoldige. De afhænger generelt set af de indvirkende felters frekvens og intensitet. Men også individuelle egenskaber (f.eks. kropshøjden) og andre fysiske randbetingelser (f.eks. jording, ensretning i forhold til feltet) kan også have indflydelse på dem.

Med hensyn til virkningen på mennesker skelnes der mellem tre frekvensområder:

Statiske felter

- Ved statiske magnetfelter forekommer der kvanteelektroniske og magnetomekaniske vekselvirkninger samt på bevægede ledere også induktive virkninger.
- Ved statiske elektriske felter kan der forekomme elektrisering og afladninger og håret kan rejse sig.

Lavfrekvente felter (op til ca. 30 kHz)

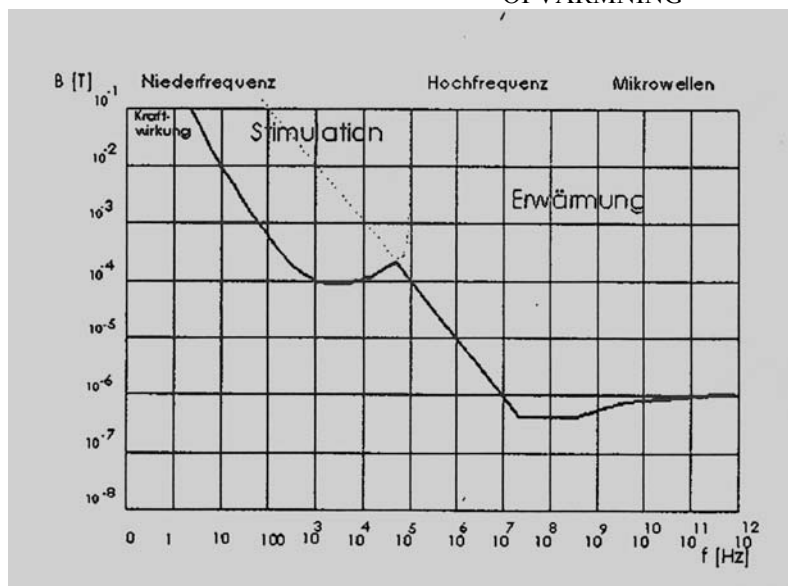
- Ved de akutte virkninger er det stimulanser af sanse-, nerve- og muskelcellerne, der er dominerende

Højfrekvens (30 kHz-300 GHz)

- Her er de termiske virkninger fremherskende.

I området 10 kHz - 100 kHz skal der afhængigt af frekvensen delvist tages højde for begge virkninger, da begge to kan levere relevante bidrag (Figur: 6-3 og 6-4).

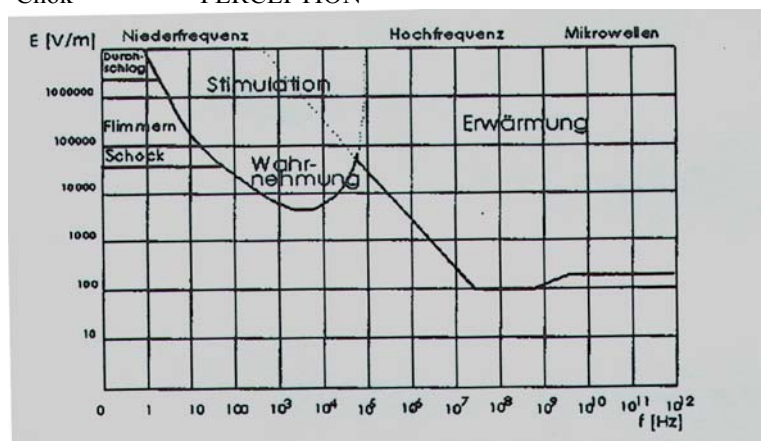
Lavfrekvens Højfrekvens Mikrobølger
Kraftvirkning STIMULATION OPVARMNING



Figur. 6-3 Skematisk frekvens- og intensitetsafhængighed af de stimulerende og termiske virkninger for den magnetiske virtuelle feltstyrke B (målt i tesla [T]) i frekvensområdet 0 Hz til 300 GHz.

Den nedre afgrænsning af området Stimulation / Perception er givet af en induceret kropsstrømtæthed på 1 mA/m² og af området Opvarmning ved en helkrops-SAR-værdi på 0,08 W/kg.

Lavfrekvens Højfrekvens Mikrobølger
Gennemslag STIMULATION OPVARMNING
Flimren PERCEPTION



Figur 6-4. Skematisk frekvens- og intensitetsafhængighed af de stimulerende og termiske virkninger for den magnetiske virtuelle feltstyrke B (målt i tesla [T]) i frekvensområdet 0 Hz til 300 GHz.

Den nedre afgrænsning af området Stimulation/Perception er givet af en induceret kropsstrømtæthed på 1 mA/m² og af området Opvarmning som følge af en helkrops-SAR-værdi på 0,08 W/kg.

Udover de anførte stimulerende og termiske virkninger beskrives der yderligere ikke-termiske (atermiske) virkninger i litteraturen. Ved effekter, som ikke kan indgrupperes som stimulerende eller termiske virkninger, undersøges for tiden den biologiske relevans intensivt.

Feltet kan indvirke direkte (direkte virkninger) eller indirekte på kroppen med strømme eller spændinger, som induceres i ledende formationer (indirekte virkninger).

Der foreligger p.t. kun få pålidelige udsagn om følgerne af langtidsekspositioner.

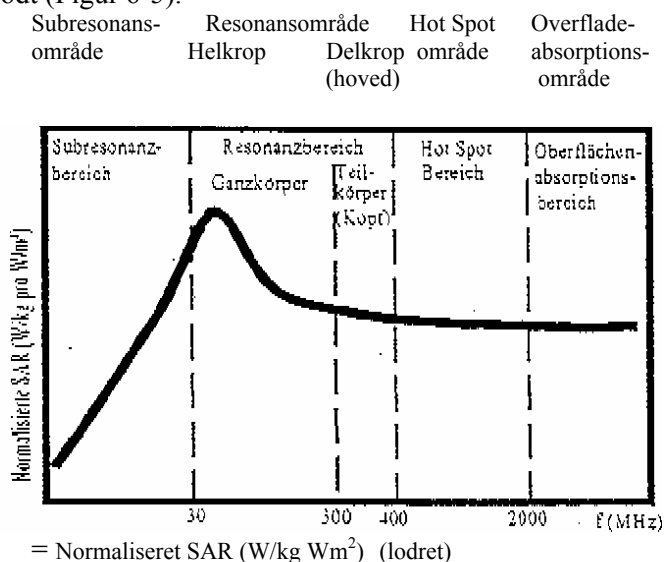
6.1.3.1 Højfrekvente felter

6.1.3.1.1 Direkte feltvirkninger

Termisk virkning

Energien fra højfrekvente elektromagnetiske felter absorberes af biologiske systemer. Energioverførslen sker frekvensafhængigt ved hjælp af forskellige mekanismer, hovedsagelig dog ved polarisation af bundne ladninger, orienteringssvingninger af permanente dipoler (f.eks. vand), svingnings- og rotationsbevægelser inde i molekyler eller forskydning af frie ladningsbærere. Ved disse processer opstår der varme som følge af friktionstab i vævet. På molekylært og cellulært niveau er den pr. tidsenhed absorberede energi afhængig af de dielektriske materialeegenskaber og den respektive feltstyrke i materialet. Som følge af de termiske effekter, som udløses af felterne i kroppen, kan der opstå lokale opvarmninger eller en opvarmning af hele kroppen eller en aktivering af temperaturreguleringen. Endvidere kan ladningsforskydninger i miljøet eller inde i en biologisk celle føre til, at membranspændinger ændrer sig (de deraf resulterende stimulerende virkninger er kun relevante under ca. 100 kHz). Begge effekter er stærkt frekvensafhængige, f.eks. [WHO 1993].

Den menneskelige krop udgør en antenne for det elektromagnetiske felt. Afhængigt af, hvilket forhold kropshøjden (også dele af kroppen) står i over for bølgelængden, kan kroppen optage energien fra feltet forskelligt godt (Figur 6-5).



Figur 6-5: Kvalitativt forløb for den i kroppen absorberede effekt (SAR) som følge af et menneskes absorptionskarakteristik. Forudsætning: Ens feltstyrker for de forskellige frekvenser

I det nedre frekvensområde (subresonansområde, under 30 MHz) tiltager den absorberede energi ca. med kvadratet af frekvensen. Indtrængningsdybden for disse felter i den menneskelige krop er stor. Fordelingen af den absorberede effekt i kroppen er meget inhomogen. I resonansområdet (30 - 300 MHz) er de absorberende strukturer (f.eks. højde af kroppen eller af kropsdele) og bølgelængden af lignende

størrelsesorden og kroppen kan mest effektivt absorbere energi fra feltet. Deraf følger, at resonansfrekvenserne for børn ligger højere end for voksne. Over resonansområdet (400 MHz - 300 GHz) er bølgelængden lille i sammenligning med de geometriske dimensioner, der findes hos mennesket. Indtrængningsdybden bliver stadig mindre (skin-effekt).

Tabel 6-4: Indtrængningsdybde (afsvækkelse til ca. 14%) for lige elektromagnetiske felter i biologisk væv med høj (f.eks. muskler) og lav (f.eks. knogler) væskeandel ved 37°C ifølge [Lin 2000].

Frekvens (MHz)	Indtrængningsdybde i væv i cm	
	Høj væskeandel i vævet	Lav væskeandel i vævet
27	14,3	77
433	3,6	18,3
915	2,5	12,8
2450	1,7	8,1
5800	0,8	4,7
10000	0,3	2,6

Over 10 GHz er temperaturforøgelsen i det væsentligste begrænset til den direkte overflade af kroppen, jf. f.eks. [WHO 1993] eller [Gezondheidsraad 1997].

Da vekselvirkningen mellem højfrekvensenergi og biologiske objekter er meget komplekst (f.eks. som følge af afhængigheden af ydre og indre geometri), forenkles systemet med henblik på personbeskyttelsen væsentligt som følge af, at der kun observeres konfigurationer med de maksimale energiabsorptioner. Ved bestråling af en hel person integreres den absorberede effekt rumligt over hele kroppen og divideres med kropsmassen (helkropseksposition). Denne størrelse er den gennemsnitlige specifikke absorberede rate (SAR), i watt pr. kilogram [W/kg]. Bestråles der kun dele af kroppen (f.eks. ved sendere i nærheden af kroppen) eller skal der tages hensyn til inhomogeniteter i kroppen (f.eks. øjets linse), så er det nødvendigt at bruge lokale SAR-værdier (delkropseksposition). I den forbindelse beregnes der et gennemsnit for en mindre masse (1, 10, 100 g).

Absorptionen i kroppen er afhængigt af den pågældende vævstype (frekvensafhængig vævsledeevne i Siemens pr. meter [S/m]), hvilket fører til meget uens SAR-værdier. Dette kan i dag beregnes med realistiske kropsmodeller og effektive computerprogrammer. Endvidere borttransporteres varmen forskelligt som følge af den forskellige blodgennemstrømning, hvilket kan føre til temperaturgradienter i kroppen. Fuldstændigt andre effekter kan forekomme som følge af implantater i metal.

Det gennemsnitlige energetiske standardstofskifte hos mennesket ligger på ca. 1 W/kg, når man går, øges organismens stofskifte til 3 - 5 W/kg. Bestrålingen på 4 W/kg som følge af elektromagnetiske felter førte i forskellige forsøg på frivillige ved forskellige frekvenser efter ca. 30 minutter til en gennemsnitlig temperaturforøgelse på mindre end 1 grad. Hvordan en organisme reagerer på den ekstra varmetilførsel, afhænger af forskellige parametre i omgivelserne (temperatur, luftfugtighed) samt af det pågældende individs termoregulation. Mennesket råder over en række temperatursensorer og -reguleringskredsløb. For at der selv hos mennesker med fejl i termoregulationen ikke skal opstå negative effekter som følge af den indstrålede højfrekvens, bør temperaturstigningen ikke andrage mere end hhv. 0,1 og 0,5 grad (helkropseksposition). I lokalt begrænsede områder kan temperaturøgningen være væsentligt højere som følge af en dårlig blodgennemstrømning og/eller beregning af den indfaldende bølge. I højfrekvens-varmeterapien bruges der lokalt SAR-værdier på 10 til 50 W/kg (delkropseksposition) for at opvarme det pågældende væv og således opnå en behandlingseffekt. Den letale dosis, der er fundet frem til i dyreforsøg, afhænger af dyreart, frekvens, effekttæthed, rumtemperatur og påvirkningens varighed.

For frekvenserne i resonansområdet (30 - 300 MHz) er overfladeperception af varme og hedsmerter en pålidelig indikator, da energien hovedsageligt absorberes i de dybere lag, det vil sige under hudreceptorerne for varme.

Ved frekvenser i GHz-området vises opvarmningen pålideligt af hudreceptorerne. Hudens stimulationstærskel for indstrålede elektromagnetiske felter er meget frekvensafhængigt og ligger på ca. 130 - 600 W/m² både for kontinuerlig og pulset stråling. Tidsforsinkelsen, indtil stimulationen mærkes, kan være flere sekunder. Smertegrænsen ligger ca. to størrelsesordere højere [Gezondheidsraad 1997]. Ved bestråling af dyr med elektromagnetiske felter viste det sig, at ved en gennemsnitlig SAR-værdi på 4 W/kg forekom der allerede temperaturforhøjelser i dele af kroppen, men der opstod ingen forhøjelse af kropstemperaturen. Hos aber blev der observeret varmeregulerende processer for hele kroppen, hvis temperaturen ved hypothalamus steg med 0,2 °C. Sundhedsrelevante termiske virkninger under 3 - 4 W/kg (helkrops-eksposition) er i litteraturen beskrevet af [WHO 1993], [ICNIRP 1998]. Observationen af adfærdssændringer hos dyr er derimod allerede beskrevet ved SAR-værdier på 0,3 - 0,7 W/kg (helkrops-eksposition).

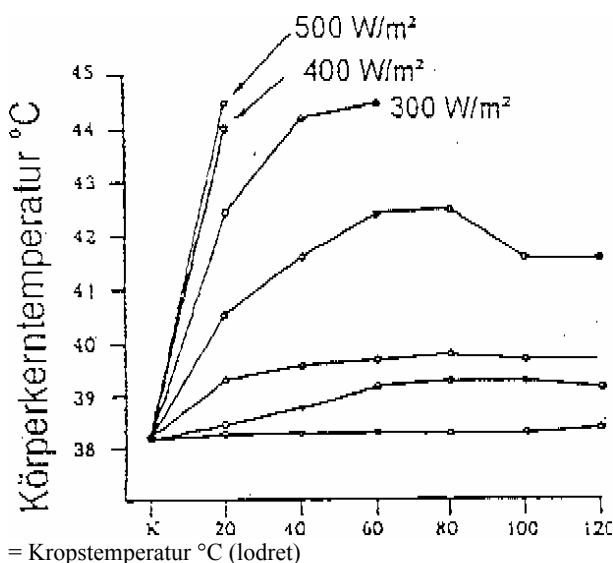
Et spørgsmål, som stadig diskuteres i forskerkredse, er om der udover den „akustiske effekt ved pulset stråling“ (jf. nedenfor) findes yderligere mikrotermiske virkninger ved lavere strålingsenergier og/eller ved pulset stråling, og hvilke virkninger de kan have.

Akustiske virkninger ved pulset stråling

Ved brydning kan der i frekvensområdet fra 400 - 6500 MHz forekomme rumligt snævert begrænsede opvarmninger i kroppen (Hot Spots). Fænomenet med at "høre" pulset amplitudemoderet højfrekvensstråling (1 - 500 µs-pulser), sådan som den kan optræde ved radarstråling i frekvensområdet 200 - 6500 MHz, kan ligeledes forklares med termisk udløste virkninger, også selvom temperaturstigningen i den forbindelse kun andrager 5×10^{-5} grad. Størrelsen af effekten er meget afhængig af frekvensen, intensiteten og den respektive impulsrepetitionsfrekvens. Hos mennesker andrager den udløsende tærskel ca. 16 mJ/kg pr. puls. Ved 2,45 GHz ligger høretærsklen for denne effekt (pulsbredder på 1- 32 µs) ved spidsimpulseffekttætheder på mellem 10 og 400 kW/m². I dyrestudier blev der fundet udløsende bølger på op til 0,9 mJ/kg. Med kontinuerlig mikrobølgeindstråling kunne der aldrig fremkaldes en hørebegivenhed [Gezondheidsraad 1997]. En sundhedsmæssig relevans af dette akustiske fænomen er ikke kendt.

Øje

På grund af øjets dårlige evne til at afgive varme, kan der som følge af indstråling af elektromagnetiske felter let opstå signifikante temperaturstigninger (Figur 6-6).



Figur 6-6 Kropstemperaturen i forhold til den indstrålede effekttæthed

Hvorvidt elektromagnetiske felter ved akut eksposition kan udløse en katarakt i linsen, er oftere blevet undersøgt i litteraturen. Der skal i den forbindelse skelnes mellem forskellige ekspositionsbetingelser. Under 1,5 GHz er øjets dimensioner for små til lokale feltkoncentrationer. Over 10 GHz er indtrængningsdybden på grund af „skin-effekten“ for lille til at føre til en tilstrækkelig dosisabsorption i linsen, effekten absorberes allerede i hornhinden.

Ved effekttætheder på mere end 1500 W/m^2 (SAR ca. 100 W/kg delkropseksposition) over nogle minutter til nogle timer forekommer der hos kaniner dannelse af katarakt i øjets linse. I den forbindelse stiger temperaturen i linsen til $41 - 42^\circ \text{C}$. Hos rotter kunne der med 100 W/m^2 (2,45 GHz) opnås en temperaturstigning på ca. 1 grad i linsen. Fra 200 W/m^2 blev der efter 20 minutter overskredet 40°C [Djordjevic 1983]. Ved forsøg på aber kunne der ikke udløses katarakter under 5000 W/m^2 [WHO 1993].

I de fleste epidemiologiske studier, der er gennemført med henblik på denne problematik, kunne der ikke findes nogen forskel mellem eksponerede og ikke-eksponerede grupper. I den forbindelse var den eksponerede gruppe eksponeret med fra hhv. 2 W/m^2 til 60 W/m^2 og 100 W/m^2 (helkropseksposition) [Siekierzynski 1974], [Appleton 1975], [Shacklett 1975], [Djordjevic 1983]. Ved medicinsk sikrede katarakter blev den tilhørende eksposition vurderet til mere end 1000 W/m^2 (delkropseksposition) [WHO 1993]. Men denne effekttæthed ligger i reglen over perceptionstærsklen for opvarmningen.

Ved undersøgelsen af erhvervsbetingede sygdomme blev der i 3 tilfælde fundet, at sammenhængen mellem en langvarig eksposition for effekttætheder i området på $10\text{-}100 \text{ W/m}^2$ og forekomsten af linseuklarhed anses for at være sandsynlig [Issel 1981]. Ved en undersøgelse af arbejderne på en svensk fabrik, som reparerede mikrobølgeapparater, fandt [Aurell 1973] i øget omfang katarakter og ændringer ved retina. For disse undersøgelser findes der ingen oplysninger om dosimetrien.

Efter ekspositionen af aber med pulsede elektromagnetiske felter (gennemsnitlig effekt $2,6 \text{ W/kg}$) har Kues og medarbejdere [Kues 1985] observeret en histologisk sikret stigning i kar-utætheder i iris.

Om der i forbindelse med kronisk eksposition eller pulset stråling selv ved lavere effekttætheder på 1000 W/m^2 også forekommer virkninger ved øjet, er endnu ikke afklaret.

Forplantningsevne

Det er kendt, at varme, sådan som den også forårsages af elektromagnetiske felter, kan reducere forplantningsevnen.

I dyreeksperimenter (primater) blev der ved dårlig termoregulation (narkotiserede dyr) først fundet en effekt (reduceret spermieantal etc.) over 30 W/kg og ekspositionstider på 30 minutter. Ved pulsede felter androg tærsklerne $8 - 10 \text{ W/kg}$ [Gezondheidsraad 1997].

I nogle arbejder fra den tidligere østblok f.eks. [Lancranjan 1975] blev der påvist effekter (libidotab, reduktion i spermieantallet etc.) allerede fra feltstyrker på $100 \mu\text{W/m}^2$ (3,6 - 10 GHz), men den dosimetri, der blev anvendt, var meget diskutabel. I tre aktuelle undersøgelser på soldater viste det sig, at det kun var hos den gruppe med højest eksposition, der kunne ses en statistisk signifikant effekt. Da ekspositionen af US-soldater i arbejderne fra Schrader [Schrader et al. 1998] og Weyandt [Weyandt et al. 1996] var hemmeligtstemplett af militæret, kan der ikke siges noget om den tilsvarende tærskeldosis. Radaranlæggene, hvor der blev vist en effekt, blev betegnet som overvågningsradaranlæg ”intelligence radar”. I det danske arbejde af [Hjollund 1997] blev der hos en enhed med raket-ildlederradar ved gennemsnitlige ekspositioner på $0,1 \text{ W/m}^2$ ikke fundet virkninger for forplantningsevnen. Med hensyn til dette spørgsmål eksisterer der stadig et videnskabeligt afklaringsbehov.

Dataene for en påvirkning af forplantningsevnen ser ikke entydige ud.

Kredsløbssygdomme

De i den videnskabelige litteratur offentliggjorte arbejder vedrørende sammenhængen mellem HF-eksposition og blodtryk og andre parametre, der er relevante for kredsløbssygdomme, er meget inkonsistente og der er flere arbejder, der taler for en sammenhæng end imod.

Blod-hjernebarrierens permeabilitet

I forbindelse med sygdomme i centralnervesystemet (CNS) diskuteres blod-hjernebarrierens øgede permeabilitet under feltpåvirkning igen og igen. I flere undersøgelser blev det påvist, at hvis forsøgsdyr blev opvarmet til over 40°C (med HF eller hed luft), gav blod-hjernebarrierens spærrevirkning efter, f.eks. [Merrit 1978]. Lange og Sedmak [Lange et al. 1991] påviste, at hos mus steg modtageligheden for en virusinfektion i hjernen efter en kropstemperaturforhøjelse på 1,5°C med HF.

Konklusion for HF-ændret permeabilitet af blod-hjernebarrieren

Ved meget høje feltstyrker, langt over 4 W/kg, er der en sammenhæng mellem ekspositionen og permeabiliteten af blod-hjernebarrieren. Men i reglen kan så høje feltstyrker udelukkes, undtagen i hypertermi. Ved mindre feltstyrker er videnskabelige undersøgelser p.t. ikke tilstrækkelige til at være et bevis. Ved de feltstyrker, der kan forventes ved de diskuterende radaranlæg, er en påvirkning af blod-hjernebarrieren usandsynlig.

6.1.3.1.2 Cellulære og molekylærbiologiske effekter samt dyreeksperimentelle undersøgelser vedrørende karcinogenitet

Genotoksiske virkninger beror på molekylære ændringer i desoxyribonukleinsyren (DNA). De skyldes enten ionisationer eller stimuli af molekylets elektroniske niveauer og derpå følgende fotokemiske processer (pyridindimere efter UV). Forudsætning for disse processer er en tilstrækkelig størrelse af den stråling, der forårsager kvanteenergien. Den ligger ved ioniserende stråler i området på tusinder elektronvolt (eV), ved ultraviolette stråler, hvis karcinogene virkning ligeledes er godt dokumenteret, på 4-8 eV og mere. HF-stråling, som f.eks. bruges ved mobiltelefoni men også ved radar, har kvanteenergier i området 1/1000 til 1/10 eV, altså med mindst en størrelsesorden mindre end de overfor nævnte energirige stråler. En direkte genotoksisk virkning synes derfor alene af fysiske årsager at være udelukket. Udover den direkte genotoksiske virkning kan agens også være involveret i kræftforekomsten, kræftvæksten eller metastasedannelsen som promoverende eller medpromoverende.

Ved meget høje ekspositioner med HF-stråling, som forårsager en forhøjelse af temperaturen på mere end 1°C i cellen, blev der i et større antal arbejder konsistent fundet en forhøjelse af mikrokerneraten. Selv ved undersøgelser af kromosomaberrationer findes der nogle undersøgelser, som viser virkningerne i det termiske område. Disse undersøgelser er dog endnu ikke blevet gentaget uafhængigt.

Ved feltstyrker, som ikke kan forårsage nogen relevant temperaturstigning (ikke-termisk område), foreligger der ikke nogen konsistente data. Flere arbejder taler for en sammenhæng end imod. Der forskes p.t. i dette tema.

Selv undersøgelserne vedrørende cellevækst, cellecyklus, gen-ekspression, protein-ekspression og ændring af transformationsfrekvensen er i deres resultater meget selvmodsigende og tillader ud fra videnskabens nuværende stade ingen valide udsagn.

Selv langtids-dyreeksperimenter giver ingen klare udsagn med hensyn til en mulig øgning af tumorraten. Ved undersøgelser, hvor dyr fik injiceret tumorceller, fandtes der en række eksperimenter, som viste en ændring i vækstraten og overlevelsesraten for tumorcellerne ved eksposition for højfrekvente elektromagnetiske felter ved feltstyrker i det termiske område. I det ikke-termiske område var der ikke noget klart billede.

Temaet kræftpromotion som følge af højfrekvente elektromagnetiske felter er p.t. genstand for den aktuelle videnskabelige forskning, men der kan endnu ikke fremlægges noget afsluttende udsagn; der findes kun få oversigtsarbejder, som tillige ofte kun behandler delaspekter, f.eks. [Juutilainen 1997], [Verschaeve 1998].

Undersøgelser med specifik radarstrålingseksposition er ikke kendte.

Sammenfattende kan det konstateres, at der i givet fald ved meget høje feltstyrker, som fører til SAR-værdier på over 4 W/kg, kan være en sammenhæng mellem eksposition for HF og kræftpromotion. Men i reglen kan så høje feltstyrker, undtagen i hypertermi, udelukkes. Ved lavere feltstyrker taler de fleste arbejder imod en sammenhæng.

6.1.3.2 Epidemiologiske studier

6.1.3.2.1. Problematikken vedrørende elektromagnetiske felter som risikofaktorer i epidemiologiske studier

Vurderingen af epidemiologiske studier med hensyn til sammenhængen mellem elektromagnetiske felter (EMF) og ondartede tumorer støder på en række problemer:

1. Den patofysiologiske mekanisme for initiation eller promotion af ondartede tumorer som følge af elektromagnetiske felter er uklar. Hidtil har der også manglet en reproducerbar dyremodel.
2. Det er tvivlsomt, om de ved lavfrekvente elektromagnetiske felter (LF) i mange epidemiologiske studier observerede virkninger tillader, at man slutter sig til sammenlignelige virkninger som følge af højfrekvente felter (HF). Der foreligger ganske vist en række epidemiologiske studier med hensyn til ekspositioner over for LF, men disse har på grund af problematikken med registreringen af ekspositionen med henblik på risikovurderingen hidtil ikke været entydige.
3. Beregningen af ekspositionen over for EMF er til dels behæftet med væsentlige usikkerheder. Som ækvivalente mål for den direkte måling af EMF bruges ofte beskrivelser af arbejdsaktiviteterne (Job Title) eller deraf afledte Job-Exposure-Matricer (JEM). Få studier, både med hensyn til vurderingen af EMF i det hjemlige miljø og på arbejdspladsen kan støtte sig på målinger. Den vej, som Floderus og medforfattere [Floderus et al. 1996] har valgt, betragtes som exceptionel, idet de ved hjælp af mange individuelle målinger har opstillet en JEM for 90% af de arbejdsaktiviteter, der er normale i Sverige.
4. Der er relativt få meta-analyser og systematiske reviews til rådighed, som beskæftiger sig med lavfrekvente felter [Kheifets et al. 1995], [Hardell et al. 1995], [Kheifets et al. 1997], [Angelillo et al. 1999], [Ahlbom et al. 2001], [Erren 2001], [IARC 2001]. Disse fremviser til dels huller og metodiske mangler.
5. Med hensyn til højfrekvente elektromagnetiske felter er der hidtil offentliggjort relativt få veldokumenterede epidemiologiske studier.

Den mest omfattende evaluering af LF blev offentliggjort af IARC i 2001. For lavfrekvente elektromagnetiske felter kom IARC-arbejdsgruppen til den vurdering, at de muligvis var humankarcinogener ("possibly carcinogenic to humans (Group 2B)"). Denne vurdering støttes på "begrænset evidens" ("limited evidence") med hensyn til en sammenhæng med børneleukæmi og på utilstrækkelig evidens ("inadequate evidence") med hensyn til alle andre tumorer. Da lavfrekvente felter inden for rammerne af vurderingen af radarrisikoen højst er af underordnet betydning, renonceres der her på en mere detaljeret redegørelse. Den er dokumenteret i bilagene (appendiks).

6.1.3.2.2 Specifikke epidemiologiske studier af højfrekvente EMF, case-kontrol-studier af ondartede tumorer i centralnervesystemet, øjnene og testiklerne

Med hensyn til højfrekvente EMF foreligger der relativt få epidemiologiske studier, som tillader valide konklusioner, dog ingen omfattende meta-analyser. I det følgende diskuteres nogle nyere arbejder.

Kohortestudier

Indtil slutningen af 2002 var der offentliggjort resultater af ni kohortestudier af de sundhedsmæssige risici som følge af ekspositioner med højfrekvente elektromagnetiske felter. Disse studier vil blive kort beskrevet og der vil især blive rapporteret om iøjnefaldende resultater, for det meste om øgede sygdomsrisici.

Artiklerne vedrørende kohortestudierne blev fundet i litteraturdatabaserne Medline, CancerLit og HealthStar og i WHO's EMF-database.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Tabel 6-5: Kohortestudier

Studie	Kohorte	Eksposition	Outcome	Metode
Groves et al. 2002 USA	Ansatte i den amerikanske marine 40.890 mænd 1950/54-1997	Mikrobølgeområde (radaranlæg) Højt og lavt eksponeret gruppe Ingen information om den individuelle eksposition	Mortalitet ud fra dødsårsag	SMR, RR, Intern sammenligning og eksterne sammenligninger (med aldersspecifikke dødsårsager for hvide mænd)
Morgan et al. 2002 USA	Ansatte hos Motorola 195.775 personer (2,7 mio. personår) 1976-1996	Højfrekvens (trådløse kommunikationsteknologier) 4 grupper ud fra erhvervsbetegnelse, varighed af eksposition Kvalitative JEM, ingen informationer om den individuelle eksposition	Samlet mortalitet og mortalitet differentieret efter kræft- sygdomme	SMR, RR Interne og eksterne sammenligninger
Finkelstein 1998 Canada	Politibetjente fra Ontario 22.197 mænd 1970-1995	Mikrobølgeområde (håndholdte radarer til fartkontrol) Beskæftigelsesår / Optagelse af politistationen i studiet Ingen informationer om den individuelle eksposition	Kræftincidens	SIR Eksterne sammenligninger
Lagorio et. Al. 1997 Italien	Funktionærer i en kunststofforarbejdende virksomhed 481 kvinder (10.609 personår) 1962-1992	Højfrekvens (dielektrisk plastiksvejsmaskiner) Højt og lavt eksponeret gruppe, beskæftigelsens varighed Ingen informationer om den individuelle eksposition	Samlet mortalitet og mortalitet diffentieret efter kræft- sygdomme	SMR Interne og eksterne sammenligninger
Tynes et al. 1996 Norge	Kvindelige radiotele- grafister på handelsskibe 2.169 kvinder (72.105 personår) 1961-1991	Højfrekvens (kunstig belysning og til dels lavfrekvens) Punktmålinger af ekspositionen, beskæftigelsens varighed Ingen informationer om den individuelle eksposition	Brystkræftincidens og kræftincidens for andre lokalisationer	SIR, OR Interne og eksterne sammenligninger
Szmigielski 1996 Polen	Ansatte i den polske hær 128.000 mænd i gennemsnit pr. pr 1971-1985	Højfrekvens og mikrobølgeområde Højt og lavt eksponeret gruppe Ingen informationer om den individuelle eksposition	Kræftmortalitet	OER Interne sammenligninger

Rapport fra den tyske Radarkommission

Tabel 6-5: Kohortestudier

Studie	Kohorte	Eksposition	Outcome	Metode
Muhn 1992 USA	Ansatte elektromag. puls-test-prog. 304 mænd (3.362 personår) 1970-1986	Elektromagnet. impulser som efter atombombe- eksplosioner Potentielt eksponeret mindst 30 dage pr. halvår Ingen information om den individuelle eksposition	Mortalitet ud fra dødsårsag	SMR Eksterne sammenligninger
Tynes et al. 1992 Norge	Ansatte i elektro- industrien 37.945 mænd (824.321 personår) 1961-1985	Højfrekvens og lavfrekvens 5 ekspositions-kategorier ud fra erhverv i h.t. erhvervstælling Ingen information om den individuelle eksposition	Kræftincidens (leukæmi og hjernetumorer)	SIR Interne og eksterne sammenligninger
Milham 1988 USA	Radioamatører 67.829 mænd (232.499 personår) 1979-1984	Højfrekvens Gyldig licens som indikator for ekspositionen Ingen informationer om den individuelle eksposition	Mortalitet ud fra dødsårsag	SMR Interne og eksterne sammenligninger
Robinette et al. 1980 USA	Ansatte i den amerikanske marine 40.890 mænd 1950/54-1974	Mikrobølgeområde (radaranlæg) Højt og lavt eksponeret gruppe Ingen information om den individuelle eksposition	Mortalitet ud fra dødsårsag Hospitalsindlæggelser	MR (observed/expected) Interne sammenligninger

Kvindelige arbejdere på dielektriske plastiksvejsmaskiner (Italien)

[Lagorio o.a. 1997] undersøgte påvirkningen af højfrekvent (HF) stråling fra de dielektriske plastiksvejsmaskiner for dødelighed som følge af kræft for ansatte i et plastikbearbejdende firma i Italien. I studiet blev samtlige kvindelige og mandlige medarbejdere undersøgt, som var ansat mellem den 1. oktober 1962 (produktionens start) og den 30. september 1992. Beregningen af personårene var baseret på tidsrummet mellem beskæftigelsens start og "slutningen af studiet", den 30. december 1992.

Undersøgelserne blev begrænset til 481 ansatte kvinder (10.609 personår), da det næsten udelukkende var kvinder der var ansat i det eksponerede produktionsområde og som ydermere udgjorde mere end tre fjerdedele af alle personårene. Ekspositionen blev fastlagt ved ansættelsens varighed i tre erhvervsgrupper (kvindelige arbejdere på plastiksvejsmaskinerne, kvindelige arbejdere med andet arbejde, andre ansatte). Undergruppen af ansatte blev ikke medtaget i undersøgelsen på grund af det ringe antal på 29 kvinder. Af de resterende 452 kvinder var 302 kvinder som følge af deres arbejde på plastiksvejsmaskinerne eksponeret med højfrekvente elektromagnetiske felter.

Sammenlignet med regionens mortalitetsrate er der en forhøjet dødelighed i den højfrekvent belastede kohorte med ondartede neoplasier (SMR: 2,0; 95% konfidensinterval [KI] :0,7-4,3), ulykker (SMR: 2,4; 95 % KI: 0,3-8, 7) og ved alle dødsårsager (SMR: 1,4; 95 % KI: 0, 7-2, 7). SMR for samtlige dødsårsager afvikler sig ikke her ikke fra SMR for de kvinder, der ikke arbejder ved disse maskiner (SMR: 1,3; 95 % KI: 0,4-3,1).

Både kohortens størrelse samt det ringe antal personer, der var afgået ved døden, (n=14) gør at studiet ikke har megen virkning. Det blev for 5 kvinder, som ikke kunne følges indtil slutningen af studiet (lost to follow-up), antaget, at de endnu var i live ved slutningen af studiet. Denne antagelse kan medføre en forvrængning af resultaterne, da det ikke kan udelukkes, at en eller flere af disse kvinder alligevel kan være afgået ved døden som følge af kræft. Derudover medfører denne antagelse en lettere overvurdering af personårene under risiko.

Der foreligger ingen informationer, der kan fuldføre personalejournalerne (de ansattes data). En individuel eksposition for højfrekvente elektromagnetiske felter blev ikke fastlagt. I stedet for blev der anvendt tre erhvervsgrupper samt ansættelsens varighed til ekspositionsbedømmelsen. En eksposition for kræftfremkaldende vinylampe blev ikke medtaget i undersøgelsen.

Radioamatører (USA), kvindelige radiotelegrafister på handelsskibe (Norge)

Påvirkningen fra radioapparaters højfrekvente elektromagnetiske felter var kernen i to studier [Milham 1988], [Tynes et al. 1996]. I USA blev der i en kohorte på 67.829 registrerede radioamatører (232.499 personår) for perioden fra 1979 til 1984 fastslået 2.485 mænd, der var afgået ved døden i de amerikanske forbundsstater Washington og Californien. Kvinder blev udelukket fra denne analyse på grund af det ringe antal tildelte radiolicenser. Grundlaget for fastlæggelsen af personårene "at risk" var tidsrummet fra tidspunktet for opnåelsen af radiolicensen til den 31. december 1984 eller til dødsdagen. Alle personer med gyldig licens blev anset som eksponerede. Dødsårsagerne for de afgåede mandlige radiooperatører blev sammenholdt med de ovenfor nævnte amerikanske forbundsstaters dødsårsagsstatistikker.

Antallet af tilfælde var nok til at differentiere de ondartede tumorer efter ramte organer/væv. Den samlede mortalitet hos radioamatørerne var tydeligt lavere end for sammenligningsbefolkningen (SMR: 0,71; 95 % KI: 0,69-0,74). Der blev konstateret en forhøjet mortalitetsrisiko som følge af tumorer på det lymfatiske og bloddannende væv (SMR: 1,23; 95 % KI: 0,99-1,52) samt i undergrupperne leukæmi (SMR: 1,24; 95% KI: 0,87-1,72), akut myeloid leukæmi (SMR: 1,76; 95 % KI: 1,03-2,85) samt ved øvrige tumorer i det lymfoide væv.

Der blev ikke angivet informationer om kohortemedlemmernes alder; og det til trods for at disse data blev

Rapport fra den tyske Radarkommission

registreret ved licensudstedelsen og dermed var til rådighed.

Der blev gået ud fra en eksposition for alle licenserede radioamatører. Dog er det her noget uklart, hvor mange radioamatører, der rent faktisk sender eller hvor mange der kun aflytter radioen, da personer under en ren aflytning ikke udsættes for eksposition. Det vides ikke, hvornår en person for første gang fik udstedt en licens og dermed hvor mange år der rent faktisk var en eksposition. Alternativt kunne en differentiering efter licensklasser have været anvendt som en overordnet estimering.

Det kan ikke udelukkes at resultaterne forvrænges, da ca. 30 % af alle radioamatører, men kun 3% af den befolkning, der blev inddraget til sammenligning, faktisk arbejder i elektronikindustrien og dermed også her udsættes for potentielle lav- og højfrekvente felter. En ekstra intern sammenligning havde her kunnet give oplysninger om forvrængningens omfang.

I det andet studie [Tynes et al. 1996] blev incidensen for brystkræft hos kvinder fastlagt, som arbejdede med radioapparater og/eller fjernskrivere i skifteholdsarbejde på handelsskibe, og som derudover var udsat for kunstig belysning om natten. Studiet undersøgte tre kohorter, som delvist overlappede hinanden. Derudover var der inddraget et case-kontrol-studie.

I det følgende opstilles nogle resultater fra den såkaldte Telekom-kohorte, som er den omfangsrigeste af de tre kohorter, samt fra det inddragede case-kontrol-studie. Kohorten bestod af 2.619 kvinder (72.105 personår), som blev certificeret mellem 1920 og 1980. I tidsrummet for follow-up-perioden fra 1961 til 1991 blev der registreret 140 nye kræfttilfælde. Studiet registrerede en forhøjet SIR for det samlede antal ondartede tumorer (SIR: 1,2; 95 % KI: 1,0-1,4) samt for undergruppen brystkræft (SIR: 1,5; 95 % KI: 1,1-2,0). De beregnede SIR er baseret på Norges kvindelige befolkning som reference.

Inden for rammerne af et inddraget case-kontrol-studie blev der udført interne sammenligninger. 50 kvinder med en kræftsygdom blev hver især matchet med 4 til 7 kontroller. Der var detaljerede oplysninger om erhvervsarbejdet til rådighed med det såkaldte "Matros-register".

Arbejdets eller skifteholdsarbejdets varighed blev defineret som eksposition og underinddelt i 3 kategorier efter ekspositions-dosis (i år). For kvinder på 50 år og ældre var der et dosis-virkningsforhold mellem risikoen for brystkræft og ansættelsens varighed i år (ingen beskæftigelse OR: 1,0; op til 3,2 år OR: 1,9; mere end 3,2 år OR: 5,9; p for tendens: 0,02) samt mellem risikoen for brystkræft og skifteholdsarbejde (intet skifteholdsarbejde OR: 1,0; op til 3,1 år OR: 3,3; mere end 3,1 år OR: 6,1; p for tendens: 0,01). Efter en gensidig justering var tendensberegningen dog ikke længere af statistisk betydning.

Politifolk (Canada) / teknikere i søværnet I (USA) / teknikere i søværnet II (USA)

Der foreligger tre undersøgelser om strålingens sundhedsskadelige påvirkning inden for mikrobølgeområdet (radar). I et canadisk studie blev 1.596 kvindelige politifolk og 20.601 mandlige politifolk undersøgt [Finkelstein 1998] med henblik på at fastslå, om denne erhvervsgruppe led under et forhøjet antal kræftsygdomme. Strålingen fra håndholdte radarapparater til fartmåling blev anført som mulig årsag. Optagelse i et follow-up, der forløb fra 1970 til 1995, skete enten med ansættelsesdatoen eller det tidspunkt, fra hvilket politistationen også kunne identificere de tidligere medarbejdere. For de stationer, som kun kunne levere data om de p.t. ansatte politifolk, blev begyndelsesdatoen fastsat til 1. januar 1992. På grund af kønsfordelingen begrænsedes undersøgelsen til de mandlige ansatte politifolk. Der blev dannet to grupper til studieinterne sammenligninger: Personer, hvis follow-up varede mindre end 10 år, og personer med et follow-up på 10 år eller mere. Befolkningsrelaterede data blev anvendt som reference for fastlæggelsen af SIR.

Erhvervsarbejdet ansås som eksposition, der foretoges dog ingen præcisere vurdering af ekspositionen. Politimændene blev – for 561 tilfælde under follow-up-perioden – sjældnere kræftsye end den samlede befolkning (SIR: 0,90; 90 % KI: 0,83-0,98). Dette resultat førte forfatterne tilbage til en "healthy worker effect", da bl.a. andelen af rygere er tydeligt lavere blandt politimænd end blandt den almindelige befolkning. Studiet konstaterede en forhøjet risiko for ondartede tumorer i prostata (SIR: 1,16; 90% KI: 0,93-1,43), for testikelkræft (SIR: 1,3; 90% KI: 0,89-1,84) og for melanomer (SIR: 1,45; 90% KI: 1,10-1,88).

Problemet er dog at ikke alle politistationer deltog i studiet. På grund af den valgte selektion kan det ikke udelukkes, at resultaterne forvrænges. Derudover vidste man på tidspunktet for offentliggørelsen heller ikke hvor mange politimænd, der har anvendt radarapparaterne, dvs. om overhovedet, af og til eller hyppigt.

Da kræftregisteret i Ontario registrerer flere nye svulster på samme person, blev personer med en kræftsygdom videreobserveret med den antagelse, at de har risiko for yderligere kræftsygdomme(at risk). Dette gør en sammenligning af resultaterne med resultater fra andre incidensstudier umuligt.

Robinette o.a. (1980) udførte et studie med 40.890 personer i det amerikanske søværn, som havde tjent under Korea-krigen. Follow-up-perioden var ca. 20 år (1950/54 - 1974).

På basis af de målinger, søværnet udførte på skibene, blev der dannet to undergrupper på hver ca. 20.000 personer fra tre arbejdsgrupper for at fastlægge ekspositionens virkning med radar: Grupperne elektrotekniker (reparationer af radarmoduler), "ildleder-teknikere" og elektroteknikere fra luftfarten med maksimal eksposition, samt radiooperatører, radarpersonellet samt flyelektrikere med potentiel minimal eksposition.

Den potentielle eksposition blev vurderet via tilhørsforholdet til de oven over anførte erhvervsgrupper og med såkaldte "hazard numbers". Disse "hazard numbers" fås af summen af alle værdier (power ratings) for de radaranlæg, der er om bord på et skib, ganget med antallet af tjenestemåneder ombord på dette skib. En sammenligning inden for den potentielle højteksponerede gruppe efter "hazard numbers" viser en stor forskel ved de ondartede tumorer i luftvejene med en mortalitetsrate på 2,2 (10 tilfælde).

Der blev ikke gennemført en sammenligning med eksterne data (dødsårsager), men derimod blev de opståede tilfælde i hele kohorten anvendt som reference til beregningen af mortalitetsraten. Resultaterne påviser ingen skadelige effekter for den højt eksponerede gruppe: Ved ondartede tumorer (i alt 202 tilfælde) er der for gruppen med ringe eksposition en mortalitetsrate (MR) på 1,04 og for de højteksponerede en MR på 0,96.

Fastlæggelsen af ekspositionen var begrænset til tidsrummet mellem 1950-1954. Derfor vides det ikke om medlemmer af kohorten var i berøring med emitterende kilder i det militære eller civile område efter 1954. Det drejer sig her kun om en korterevarende eksposition for højfrekvente elektromagnetiske felter.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Resultaterne for en forlænget follow-up (1950/54 - 1997) for personer i søværnets kohorte blev offentliggjort af [Groves o.a. 2002]. I modsætning til Robinettes offentliggørelse blev der i dette arbejde taget hensyn til mulige confounder og effektmodifikatorer. Derudover blev mortalitetsdata sammenlignet med eksterne data.

For de fleste sygdomme blev der i undergruppen af de højteksponderede konstateret lavere mortalitetsrater end for den potentielt lavere eksponerede undergruppe med undtagelse af de meget højere rater for leukæmisygdomme (RR 1,48, 95 % KI 1,01-2,17) og i undergruppen for ikke lymfatiske leukæmisygdomme (RR 1,82, 95% KI 1,05-3,14).

De standardiserede mortalitetsrater (ekstern sammenligning) viste statistisk meget lavere SMR eller SMR nær 1 for det potentielt højteksponderede stratum.

Der var ingen informationer om ekspositionen med mikrobølger til rådighed for tiden omkring Korea-krigen (1950-1954). Der fandtes heller ingen informationer om yderligere ekspositioner (f.eks. kemiske stoffer).

Militærpersoner (Polen)

I et polsk studie blev kræftsygdomme for alle personer i hæren registreret mellem 1971 og 1985 [Szmigielski 1996]. Af de i gennemsnittet 128.000 personer var ca. 3.700 udsat for højfrekvente strålinger eller mikrobølger hvert år. Hæren stillede data til rådighed om ekspositioner på arbejdspladserne med emitterende udstyr. Det var dog ikke muligt, at fastlægge personellens individuelle eksposition.

Analyserne begrænsede sig til kohorteinterne sammenligninger af højteksponderede med referencegruppen. Ved beregningen af OER (observed/expected ratio) blev undergruppen af ikke eksponerede personer anvendt som reference. OER svarer dermed til odds ratio. Der blev konstateret forhøjede morbiditets-risici for alle ondartede tumorer (OER: 2,07; 95 % KI: 1,12-3,58), herunder for colorektale tumorer (OER: 3,19; 95 % KI: 1,54-6,18), tumorer på øsofagus og i maven (OER: 3,24; 95 % KI: 1,85-5,06), tumorer på nervesystemet og i hjernen (OER: 1,91; 95% KI: 1,08-3,47) samt for tumorer på det lymfatiske og bloddannende væv (OER: 6,31; 95 % KI: 3,12-14,32).

Dette studies resultater skal fortolkes forsigtigt, da studiepopulationen ændredes fra år til år, den nøjagtige aldersfordeling for begge kohorter ikke vides og frem for alt fordi, der for personer, der blev kræftsyge, er anvendt ekstra informationskilder for at fastslå en mulig eksposition for højfrekvens/mikrobølger og dermed negativt påvirkede en grundlæggende metodisk forudsætning for gennemførelsen af kohortestudierne.

Elektromagnetisk puls-test program (USA)

Et studie, der på grund af den sjældne eksposition og dermed nødvendigvis ringe antal deltagere, og som hermed er begrænset oplysende, er [Muhm's 1992] undersøgelse på 304 mænd (3.362 personår), som deltog i et firma i tests til simulering af elektromagnetiske impulser – svarende til en atombombe.

Mændene blev identificeret ved hjælp af de udførligt dokumenterede sundhedsundersøgelser, som blev foretaget på de eksponerede personer. De personer, der deltog i studiet, var kun dem, der påviseligt havde fået foretaget en sådan undersøgelse mellem 1970 (undersøgelsestart) og den 31. december 1986.

Kvinder blev udelukket fra studiet, da de udgjorde mindre end 2 % af de eksponerede.

Til beregningen af SMR blev USA's alders-, køns-, års- og racespecifikke rater anvendt som reference. Resultaterne bør fortolkes forsigtigt, da kun to af de i alt 14 dødsfælde kunne føres tilbage til ondartede tumorer. For alle dødsårsager ligger SMR med 0,56 (95 % KI: 0,31-0,95) lavere end forventet, for leukæmisygdomme med 4,37 (95 % KI: 0,11-24,33) meget højere. Denne rate blev dog beregnet på grundlag af et enkelt tilfælde.

Der blev ikke taget tilstrækkeligt hensyn til andre eventuelt sundhedsskadelige ekspositioner i dette studie.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Således havde man tal for en eksposition for kemiske substanser for 46 mænd og for en eksposition for ioniserende stråling for 73 mænd.

Ansatte i den elektroindustrien (Norge)

I Norge blev der fastlagt en incidens for leukæmi og hjernetumorer i en kohorte på 37.945 ansatte (824.321 personår) inden for elektroindustrien [Tynes et al. 1992].

Informationerne om det erhvervsmæssige arbejde var til rådighed med erhvervs-tællingen fra 1960 samt tællingen fra 1970.

Alle mænd, der var optaget i studiet, arbejdede i 1960 i erhverv, i hvilke de var udsat for potentielt elektromagnetiske felter. Undersøgelserne blev udført med data fra hele kohorten (follow-up 1961-1985 og 3.806 kræftsyge) samt data fra en undergruppe (follow-up 1970-1985 og 2.065 kræftsyge). Undergruppen bestod af mænd, som stadigt var erhvervsmæssigt aktive i 1970.

Der blev skelnet mellem 5 typer ekspositioner: ringe magnetisk eksposition (f.eks. elektriker, installation), jævn magnetisk eksposition (f.eks. sporvognsfører), eksposition som følge af højfrekvens (f.eks. radiotelegrafisk), ringe magnetisk og elektrisk eksposition (f.eks. sporarbejder) eller kraftig magnetisk og elektrisk eksposition (f.eks. ledningsmester). Erhvervene blev indordnet i en af disse grupper. Som reference anvendtes kræftincidensen for den erhvervsmæssigt aktive mandlige befolkning til beregningen af det forventede antal kræftsyge.

Analysen af hele kohorten efter erhvervsgrupper viste for leukæmi den højeste SIR (2,56; 95 % KI: 0,94-5,58) for radio- og fjernsynsteknikere. I undergruppen havde den ovenover nævnte erhvervsgruppe ligeledes med en værdi på 3,18 (95 % KI: 1,03-7,43) den største SIR. For hjernetumorer var der en erhvervsgruppe med påfaldende værdier: For sporarbejderne udregnede forfatterne en SIR på 2,20 (95 % KI: 1,10-4,18). Derudover blev dataene fortolket efter ekspositionens art (se foroven). Ved en eksposition for højfrekvens eller kraftige magnetiske og elektriske felter fandtes der en SIR på 2,85 (95 % KI: 1,30-5,41) eller 1,79 (95 % KI: 1,09-2,76) for leukæmi og ved en eksposition som følge af ringe magnetiske og elektriske felter en SIR på 2,20 (95% KI: 1,01-4,18) for hjernetumorer.

Anvendelsen af erhvervsbetegnelsen i 1960 som indirekte indikator for ekspositionen med elektromagnetiske felter indeholder en risiko for en lavere nøjagtighed, især hvis arbejdets varighed og den individuelle ekspositions størrelse ikke vides.

Ansatte hos Motorola (USA)

[Morgan o.a. 2000] gennemførte et follow-up mellem 1976 og 1996 med 195.775 ansatte (2,7 millioner personår) i Motorola koncernen. Målet for undersøgelsen var dødeligheden som følge af hjernetumorer og ondartede tumorer på det lymfatiske og bloddannende væv. Under follow-up perioden døde 6.269 ansatte. I 52 tilfælde var dødsårsagen en hjernetumor, i 193 tilfælde var ondartede tumorer på det lymfatiske og bloddannende væv dødsårsagen.

Ved brug af en (kvalitativ) Job-Exposure-Matrix og ved hjælp af en ekspertklassificering blev de 9.724 erhvervsgrupper inddelt i grupperne: høj, jævn, ringe eksposition eller basiseksposition.

I kohorten medtoges alle ansatte, som mindst havde arbejdet i seks måneder hos Motorola og deraf mindst en dag under follow-up perioden fra 1976 til 1996. Den samlede kohortes og den eksponerede undergruppes rate (jævn eller høj eksposition) blev sammenlignet både internt og med mortalitetsdataene for staterne Arizona, Florida, Illinois og Texas. Grunden hertil var, at de fleste Motorola-produktionsanlæg befinder sig i disse forbundsstater.

De fleste af de beregnede SMR lå for hele kohorten nær ved 1 (ekstern sammenligning). En sammenligning af undergruppens rater med de eksterne rater gav et lignende resultat. Ved de interne sammenligninger

kunne der ligeledes ikke påvises en forhøjet risiko for den eksponerede gruppe, undtagen for sygdommen Morbus Hodgkin i tidsrummet fra 1975 til 1985 med en SMR på 2,25 (95% KI: 0,4-10,4).

Anvendelse af mobiltelefoner som en anden ekspositionskilde blev ikke behandlet. Det synes dog rimeligt at antage, at medarbejdere i en koncern inden for trådløs kommunikation både arbejdsmæssigt og også privat brugte mobiltelefoner tidligere og hyppigere end den almindelige befolkning.

Konklusion

For de ni undersøgte kohortestudier drejer det sig om studier, hvis resultat blev offentliggjort mellem 1980 og 2002. Kohorternes størrelse ligger på mellem 304 mænd med 3.362 personår [Muhm 1992] og næsten 200.000 personer med 2,7 millioner personår [Morgan o.a. 2000]. Som eksposition defineredes både pulsede samt ikke pulsede højfrekvente elektromagnetiske felter: dielektrisk metode i en plastforarbejdende virksomhed, arbejde med radioapparater (professionelle og amatører), produktionen af trådløs kommunikation, håndholdte radaranlæg i det canadiske politi, radarmoduler i hæren samt kunstigt skabte elektromagnetiske impulser, der ligner en atombombeeksplosions impulser. Kun et af studierne arbejdede med en (kvalitativ) Job-Exposure-Matrix. De øvrige studier baseredes enten på fastlæggelsen af varigheden, i hvilken arbejdet blev udført, eller på en ja/nej-undersøgelse baseret på en definition af de eksponerede erhverv.

Alle studier måler som "målvariabel" (outcome) enten den samlede mortalitet, kræftmortaliteten, kræftincidensen eller flere af de anførte punkter. Differentieret efter enkeltdiagnoser er hjernetumorer og leukæmi i fokus. Ingen af de nærværende højfrekvensstudier undersøgte de kardiovaskulære tilfælde (incidenser), komplikationer under graviditeten eller subjektive aspekter af sundheden som et "outcome".

I de fleste af studierne blev der fundet en forhøjet risiko for de eksponerede personer for enkelte sygdomme. Når alle resultater i studierne betragtes som helhed, stilles der dog spørgsmål ved disse diagnoser, da der for næsten alle sygdomme foreligger inkonsistente resultater. De manglende informationer for en individuel eksposition samt det delvist ringe antal tilfælde [Lagorio et al. 1997], [Tynes et al. 1992], [Muhm 1992], manglende viden om mulige ekspositioner efter militærtiden [Robinette 1980], manglende biologiske modeller [Finkelstein 1998] samt den erhvervsmæssige eksposition som følge af højfrekvente elektromagnetiske felter ved ca. en tredjedel af radioamatørerne [Milham 1988] gør ligeledes, at resultaterne skal fortolkes forsigtigt.

Case-kontrol-studier:

[Grayson 1996] offentliggjorde resultater af et „integreret“ case-kontrol-studie af mandlige ansatte ved US-Airforce, hvor samtlige ansatte ved US-Airforce, som mellem 1970 og 1989 havde været ansat mindst et år (ca. 880.000 mand = ca. 11,2 million mandår), indgik i kohorten. 230 incidente tilfælde af hjernetumorer med komplette data (missing values i 16 tilfælde) blev matchet med kohortens 920 sammenligningspersoner. Til ekspositions vurderingen blev der anvendt en Job-Exposure-Matrix (JEM), ved hvis udfærdigelse der for 552 forskellige arbejdsaktiviteter i 1950 kategorier blev fundet frem til sandsynligheden for ekspositionen over for lav lavfrekvente EMF, højfrekvente EMF (radiofrekvenser, radarfrekvenser) respektive ioniserende stråling. Resultaterne viste for lavfrekvente EMF en odds ratio på 1,28 (95% KI 0,95-1,74), for højfrekvente en odds ratio på 1,39 (95%-KI 1,01-1,90), mens der for ioniserende stråling ikke blev fundet nogen risiko-øgning. Den således eksponerede gruppe af tilfælde og kontroller var dog meget lille. For officererne blev der fundet en væsentlig højere odds ratio med hensyn til CNS-tumorer end for mandskabsgraderne. Akkumulerede ekspositions-scores for lav- og højfrekvente EMF (justeret for etniske tilhørsforhold, alder og tjenestegrader) viser en sammenhæng mellem odds ratios og ekspositionen. En differentiering af resultaterne ud fra de ondartede tumors histologisk type har ikke fundet sted i dette studie.

Tumorer i centralnervesystemet

Med hensyn til sammenhængen mellem brug af mobiltelefoner og tumorer i centralnervesystemet foreligger der for nærværende kun 4 case-kontrol-studier, som hidtil har ført til inkonsistente resultater (dokumentation i Appendiks).

Øjen-melanomer

I et lille case-kontrol-studie blev der af [Stang et al. 2001] observeret en statistisk sammenhæng mellem brugen af mobiltelefoner og melanomer på hornhinden. Dog blev registreringen af telefonvanerne kun begrænset til erhvervsmæssig brug og der blev ved analysen af studiet ikke taget hensyn til andre risikofaktorer for det maligne melanom, især ikke til UV-belastningen. Hidtil er denne sammenhæng ikke blevet bekræftet i noget andet epidemiologisk studie og den videre forskning vil vise, om det drejer sig om et tilfældigt undersøgelsesresultat eller om en kausal sammenhæng.

Ondartede testikeltumorer

Fra årene 1990-2003 foreligger der en række data fra case-kontrol-studier. Eksposition for EMF (radiofrekvens (RF) eller NF) omtales kun i få studier. Det vides ikke, om der i de andre studier også er indhentet data om denne eksposition, da disse (endnu) ikke er offentliggjort. Undersøgelsen nævner eksplicit sammenhængen mellem EMF og testikeltumorer i arbejderne af [Hardell et al. 1998] og [Hayes et al. 1990].

I Hardells studie blev der inkluderet 148 tilfælde med testikeltumorer og 363 kontroller, som er forekommet mellem 1989 og 1992 i Sverige (Midt- og Nordsverige). Ved hjælp af et spørgeskema blev der registreret en række erhvervsmæssige faktorer, bl.a. også den erhvervsmæssige eksposition som følge af arbejde med radar-udstyr. De relevante målinger foreligger ikke. Alt i alt var 2 tilfælde og 3 kontroller eksponeret. Den odds ratio for „radararbejdere“, der kun er justeret for alder, andrager 2,0 med et meget bredt konfidensinterval (0,3-14,2).

Hardell registrerede desuden data vedrørende arbejdsaktiviteterne i telekommunikationsindustrien. 8 tilfælde og 9 kontroller var eksponeret (odds ratio 2,3; 95 % konfidensinterval 0,8-6,7). Som radioamatører var 2 tilfælde og 2 kontroller eksponeret. Odds ratio ligger på 2,2 med et 95 % konfidensintervall på 0,7 til 6,6. Odds ratios blev ikke tilpasset for andre kendte risikofaktorer.

Hayes har i sit case-kontrol-studie i USA ialt inkluderet 271 testikeltumorer, deraf 60 seminomer og 206 ikke-seminomer, som er forekommet mellem 1976 og 1981 i tre af de medicinske institutioner i Washington DC, som deltog i studiet. Den erhvervsmæssige eksposition for radiofrekvens/mikrobølger, som blev nærmere undersøgt i interviews, gav for begge sygdomme en øget risiko, som på grund af det større antal tilfælde kun er statistisk signifikant for ikke-seminomer. De angivne odds ratios er justeret for alderen. Et odds ratio nær 1,0 var der for personer, som angav at arbejde med radar-udstyr. En analyse af ekspositionen ud fra den erhvervsmæssige historik gav kun en ringe overensstemmelse med den selvrapporterede eksposition (Spearman 0,4) med radiofrekvens/mikrobølger.

Hvorvidt der findes en kausal sammenhæng mellem radarekspositionen og forekomsten af testikeltumorer, kan hverken bekræftes eller udelukkes ud fra de to case-kontrol-studier. Hovedproblemerne ligger i registreringen af ekspositionen, som kun beror på personens eget skøn, samt i det ringe antal eksponerede personer i arbejdet fra Hardell (1998).

6.1.3.3 Indirekte feltvirkninger

Også i det højfrekvente område kan der opstå *indirekte feltvirkninger*. Således kan der ved berøring af ledende formationer opstå forbrændinger (såkaldte højfrekvensforbrændinger) eller chok. Antændelige luftblandinger kan eksplodere. Disse effekter afhænger meget af den ledende formations geometri (optimal afstemning med den respektive sender). Det er også muligt at påvirke pacemakere, f.eks. med sendere i nærheden af kroppen

6.1.4 Synergistiske effekter

Der foreligger ingen solid viden om synergistiske effekter mellem ioniserende og ikke-ioniserende stråling under den termiske virkningstærskel.

7 RISIKOVURDERING I FORBINDELSE MED ANSØGNINGERNE FRA TIDLIGERE ANSATTE I BUNDESWEHR/NATIONALE VOLKSARMEE

7.1 DATASITUATION

Radarkommissionen har bestræbt sig på at få en så fuldstændig registrering af de foreliggende data som muligt. Bearbejdningen af disse data var besværlig, da de kun forelå som Excel-filer, hvilket ikke var særligt velegnet for den videre analyse.

Denne problematik kan tydeliggøres ud fra et eksempel med de mest omfattende data, som "Bundeswehr" stillede til rådighed (WDB-listen).

Der blev fremlagt data på 1.736 personer, som har indgivet ansøgning, fordi de mener, at deres sygdom kan være forårsaget på grund af ekspositioner eller arbejdsbetingelser i "Bundeswehr". Hos 127 personer angives der ingen diagnose, for 215 personer angives der diverse tilstandsforstyrrelser og forskellige symptomer, 27 personer vedrører immunsystemet, 82 personer angiver neurologiske, psykiatriske sygdomme, 15 personer langesygdomme, 200 personer hjerte-kredsløbssygdomme. Alle andre oplysninger vedrører forskellige tumorer, hvor den største andel (n = 235) vedrører testikelsygdomme, 84 gange angives lungekræft og 80 gange tarmtumor. Disse data kan ikke bruges som grundlag for udsagn om, hvorvidt hyppigheden af bestemte tumorer er over- eller underpræsenteret. Grundene hertil, som til dels allerede er anført ovenfor, er følgende:

- Der foreligger ingen oplysninger om den tilgrundliggende helhed. Det samlede antal eksponerede personer og det samlede antal ikke-eksponerede kendes ikke. Endvidere er aldersfordelingen for helheden ikke kendt. Der mangler oplysninger om, hvor lang tid personerne har været under risiko. Der mangler ligeledes oplysninger om, fra og til hvilket tidspunkt, alle sygdomme er blevet registreret.
- Til dels er diagnosen uspecifik og det vides ikke, om der foreligger en bekræftelse fra en læge.
- Der foreligger ikke tilstrækkelige oplysninger om diagnosetidspunktet.
- Det er uklart, om den angivne „tilskadekomstperiode“ er identisk med tidsrummet for den mulige eksposition. Dermed kan man ikke finde frem til det tidsrum, der er gået mellem en eksposition og forekomsten af tumoren. Det er således umuligt at beskrive en kronologi over begivenhederne.
- Listen er formodentlig ikke nogen fuldstændig registrering af sygdommene og fører til en udvælgelse, som afstedkommer en forvrænget hyppighedsfordeling. Den procentuelle andel af en tumortype ud af det samlede antal tumorer siger ikke noget. Denne sammenligning ville også kun være mulig, hvis alle tumorer virkeligt registreres og hvis størrelsen og aldersfordelingen af den tilgrundliggende population kendes.

Problematikken tydeliggøres ud fra følgende simple modelregning:

Rapport fra den tyske Radarkommission

(Antagelse: 50 000 personer; alder 20 - 29)

	Follow-up tid		
	1960 – 2000	1970 – 2000	1980 - 2000
Hjernetumorer	145	68	40
Lungekræft	1148	340	50
Testikeltumorer	202	198	172
Leukæmi	91	35	20
Tarm (colon)	439	133	33
Mave	225	80	29

Tabel 7-1: Forventede tilfælde af sygdomme i en kohorte, som observeres fra henholdsvis 1960/70/80 til år 2000 (incidensdata fra kræftregistret i Saarland)

Går man ud fra 50.000 personer, som i 1960 var mellem 20 og 29 år gamle. I denne gruppe af personer opstår der „normalt“ (spontanrisiko) indtil år 2000 ca. 202 testikeltumorer og 1148 lungekræfttilfælde. Ville man kun observere den samme gruppe i 20 år, det vil sige fra 1980 til år 2000, reduceres antallet af spontane testikeltumorer kun uvæsentligt (til 172), mens der i denne gruppe så kun skal forventes 50 lungekræfttilfælde. Dette skyldes, at personer, som i 1960 var ca. 25 år gamle, i år 2000 i gennemsnit er 65 (60 - 70) år gamle. I denne aldersgruppe optræder lungekræfttilfælde allerede i vidt omfang. I det andet eksempel er alle personer i år 2000 mellem 40 og 49 år gamle, således at der forekommer færre, nemlig 50 lungekræfttilfælde. For testikelkræfttilfælde gælder det, at disse hovedsageligt forekommer indtil det 40. leveår og således at en forlængelse af den samlede tid ikke influerer væsentligt på antallet af testikelkræfttilfælde i denne gruppe. Man skal være opmærksom på disse forskellige aldersfordelinger, når man i en kohorte sammenligner antallet af sygdomme. Den samlede antal, som vi ikke er helt præcist bekendt med, kan derfor ikke vurderes, hvis man ikke også kender den tilgrundliggende population og dens aldersfordeling.

7.2 KRITERIER FOR ANERKENDELSE AF EN SYGDOM

Den principielle basis for erstatningen for erhvervsmæssigt betingede sundhedsskader er „Berufskrankheitenrecht“ (erhvervssygdomsretten). I det foreliggende tilfælde drejer det sig specielt og udelukkende om følgerne af en påvirkning fra ioniserende stråler og højfrekvente elektromagnetiske felter.

De mulige sundhedsskader som følge af ioniserende stråling har principielt været kendt i lang tid og kan f.eks. studeres i anvisningen for den lægelige undersøgelse til nr. 2402 bilag 1 BeKV (BArbBL 7-8/1991 side 72). Med hensyn hertil foreligger der ingen mere aktuel videnskabeligt anerkendt viden (jf. UNSCEAR 2000 eller offentliggørelse af IARC 2000/2001).

For højfrekvente elektromagnetiske felter kan det konstateres, at der ud fra det nuværende vidensstade ikke er dokumenteret – bortset fra katarakt (uklarhed i øjets linse) som følge af varmepåvirkning og evt. andre termiske virkninger – en sammenhæng mellem højfrekvensstråling og sundhedsskader.

Ved ioniserende stråler skal der skelnes mellem stokastiske og deterministiske skader. I det givne tilfælde udgør leukæmi og maligne tumorer de væsentligste skader.

Eventuelle indskrænkninger skal diskuteres på grundlag af de hidtil foreliggende epidemiologiske fakta og den forskellige strålefølsomhed for væv eller organer.

Således betragtes kronisk lymfatisk leukæmi (KLL) ikke som radiogen.

Mindre entydig er situationen med hensyn til tumorer i organer, hvor der i de hidtil foreliggende studier ikke er konstateret en sikker ophobning som følge af eksposition for ioniserende stråling, eller også kun ved

Rapport fra den tyske Radarkommission

meget høje doser. Dette problem kan tilnærmelsesvis klares ved kendte eller estimerbare ekspositions-doser ved brug af den inden for erstatningsretten fastsatte beregning af årsagssandsynligheden.

Der skal i alle tilfælde stilles **strengt krav til diagnosen**.

Der skal forelægges patologisk-anatomiske diagnoser med specifikation af histologi og væv. Oplysninger som tumor eller kræft eller også adenocarcinom (oversætterkommentar: adenocarcinom = kræftvæv der udgår fra kirtelceller) uden angivelse af organ er ikke tilstrækkeligt. Da KLL lejlighedsvis anføres under de maligne non-Hodgkin-lymfomer, skal dette kontrolleres og i givet fald udelukkes.

Mellem tidspunktet for stråleekspositionen og den maligne sygdom skal der på grundlag af den strålebiologiske og epidemiologiske viden ligge en minimumsperiode, hvor den ondartede tumor kan udvikle sig. Denne andrager for leukæmi og osteosarkomer mindst 2 år, for andre ondartede tumorer mindst 5 år.

Sundhedsskader med overskridelse af tærskelværdier, såkaldte **deterministiske stråleskader** kan forekomme akut eller kronisk og forudsætter høje hel- eller delkropsdoser.

I det foreliggende tilfælde foreligger der kun enkeltvist ansøgninger med mulige kroniske skader på hud, øjelinser og fertilitet. Som deterministiske stråleskader kommer følgende skader på tale:

Kronisk stråleskade på huden - såkaldt radiodermatitis – med tegn på hudatrophia som følge af en bestråling af huden med høje doser.

Katarakt begyndende på den bageste linsepol, i det senere forløb kan den ikke skelnes fra andre årsager til uklarhed i øjets linse som følge af en bestrålingsdosis på $\gg 2$ Sv.

Blivende sterilitet i betydningen oligo- til azoospermi, det vil sige, at der er et tydeligt reduceret antal spermier eller der evt. helt mangler spermier i sæden, som følge af en bestrålingsdosis på 3,5-6 Sv. En mulig forbigående fertilitetsforstyrrelse, der kan opstå ved en bestråling på ca. 150 mSv eller mere, kan på grund af det lange tidsrum siden ekspositionen, ikke mere vurderes.

Ved at bruge et eksempel med sterilitet skal det tydeliggøres, at uafhængigt af den principielle mulighed for en radiogen årsag kan og skal andre årsager udelukkes differentialdiagnostisk.

Med hensyn til **sterilitet hos manden** er det nødvendigt med nogle begrænsende bemærkninger:

Ud fra den her foreliggende datasituation blandes diagnoser som impotens og infertilitet.

Desuden foreligger der ved **den mandlige infertilitet** komplekse afhængigheder af forskellige organskader og funktionsforstyrrelser, som er fuldstændig uafhængigt af strålevirkningen.

Således skelnes der mellem prætestikulære og testikulære og posttestikulære fertilitetsforstyrrelser.

Blandt de testikulære forstyrrelser, der er relevante her, er det udover bestråling (også medicinsk begrundet) medfødte kromosomanomalier som Klinefelter's eller Down's syndrom, kryptorkisme (tilbageholdelse af testiklerne i underlivet) også infektioner, som f.eks. orchitis, ulykker, sædstrengstorsion, medicinbivirkninger eller blodtilførselsforstyrrelser, der kommer i betragtning.

På dette sted skal især nævnes **varicocele**, en for det meste asymptomatisk, overvejende venstresidet dilatation af venerne i testikelsækkens pl. pampiniformis. Varicocele findes hos 15% af mændene, og den er hos 30-35 % medansvarlig for den primære og hos 75-85% for den sekundære mandlige infertilitet. Postoperativt normaliseres sædsammensætningen hos 40 - 70 % og hos 40 % finder der et svangerskab sted uden behandlingsmæssige tiltag.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Alle andre diagnoser, tilstande eller ytringer om lidelser (med undtagelse af katarakt) skal på grund af manglende videnskabeligt grundlag betragtes som værende ikke strålebetinget. Hertil hører følgende angivelser, såfremt de ikke kan være forårsaget af ovennævnte anerkendte sygdomme:

- „ingen sundhedsskade"
- Sindstilstandsforstyrrelser som hovedpine, svimmelhed, tinnitus, mave-tarmforstyrrelser, rygsmerter, muskel- og ledsmerter, soveforstyrrelser, træthed, koncentrationsforstyrrelser, ligevægtsforstyrrelser, udmattelsessyndrom, modtagelighed over for infektioner;
- Funktionsforstyrrelser i de endokrine organer som f.eks. overfunktion eller forstørrelse af skjoldbruskkirtel, primær hyperparathyreoidismus, diabetes mellitus, morbus Addison;
- Systemdiagnoser som „Svækkelse af immun- og nervesystemet";
- Degenerative eller betændelsesmæssige/rheumatiske sygdomme i bevægelsesapparatet som artroser, arthritis og hvirvelsøjleskader, gigt, osteoporose, muskeldystrophia, autoimmunsygdom, fibromyalgi;
- Hjerter- kredsløbssygdomme som arteriosklerose, dens følger og risikofaktorer: koronar hjertesygdom, blodprop i hjertet, slagtilfælde, embolier og andre karlukninger, hjerterytmeforstyrrelser, for højt blodtryk, fedtstofskifteforstyrrelser; kardiomyopati; hjerteklapsygdomme;
- Lungesygdomme og sygdomme i åndedrætsvejene som astma bronchiale, følger af infektøse lungebetændelser, sarkoidose, kronisk bronchitis, emphysem;
- Neurologiske påfaldende symptomer som paraspastik, Parkinson-syndrom, tosidet følelsesforstyrrelse i foden, nerveskader, polyneuropati, anfald, migræne, Alzheimers syge;
- Psykiatriske eller psykosomatiske diagnoser som depression, neurovegetativ dystoni, neurasthenia, medicinafhængighed, angstneurose;
- Hudsygdomme som eksem, udslag, allergi, psoriasis, Dupuytren's kontraktur;
- Infektionssygdomme og deres følger som hydatidcyster, AIDS, herpesvirusinfektion, flåtbid, aphtha, meningitis, multipel sklerose, hepatitis;
- Nyresygdomme som nyreinsufficiens, nyrecyster, glomerulonephritis;
- Mave-tarmsygdomme som colitis ulcerosa, M. Crohn, perityphlitisk absces, ulcera ventriculi og duodeni, divertikulitis, pankreatitis og følger, levercirrhose;
- Ikke nærmere betegnede forstyrrelse af sanseorganerne øje, øre, lugtesans og smagssans;
- Traumafølger f.eks. efter knoglebrud.

I hvert enkelt tilfælde skal der tages hensyn til, om andre sygdomsårsager og/eller eksisterende sundhedsrisici (generelt konkurrerende faktorer) kan være årsag til sygdommen

8 SAMLET VURDERING AF DET TYSKE FORSVARS-MINISTERIUMS FREMGANGSMÅDE OG SAMMENLIGNING MED ANDRE PROCEDURER

8.1 SOCIAL- OG ARBEJDSSKADEMEDICINSKE ASPEKTER

For de berørte soldater fra Forbundsværnet udgør den sociale erstatningsret - især soldaterpensionsloven - den nuværende basis for udbetaling af erstatning i tilfælde af erhvervsbetingede sygdomme som følge af stråleeksposition forårsaget af radaranlæg. For andre berørte personer gælder henholdsvis den lovpligtige ulykkesforsikring og proceduren til konstatering af en erhvervsbetinget sygdom.

I begge tilfælde skal der i første omgang dokumenteres en såkaldt ansvarspådragende kausalitet i form af et fuldgældigt juridisk bevis, det vil sige en forsikret arbejdsaktivitet inkl. de sundhedsskadelige faktorer.

Den ansvarspådragende kausalitet foreligger, når der kan dokumenteres definerede sundhedsskader (fortegnelse over erhvervsbetingede sygdomme) ligeledes i form af et fuldgældigt bevis. Sammenhængen skal altså ikke kun dokumenteres i form af en evt. mulig årsag - der skal være mere, der taler for end imod sammenhængen ($> 50\%$). Når der foreligger konkurrerende mulige udløsere skal der foretages en vurdering. I tvivlstilfælde må der ikke tages stilling til fordel for den sygdomsramte.

En særegenhed ved den sociale erstatningsret er den såkaldte "Kann-Versorgung" (tilkendelse af en social ydelse med arbejdsministeriets samtykke): Når den sandsynlighed, der er nødvendig for at kunne anerkende en sundhedsskade som værende forvoldt af en skade, ikke kan dokumenteres alene af den grund, at der hersker uvished om årsagen inden for den medicinske videnskab, kan sundhedsskaden anerkendes som værende forvoldt af en skade.

Så længe en årsagssammenhæng med sandsynlighed kan efterprøves, må arbejdsministeriet ikke samtykke i tildelingen af en social ydelse. En manglende sandsynlighed erstattes i påkommende tilfælde af en kvalificeret mulighed for en årsagssammenhæng. I forbindelse med dosisafhængige noxer (skadelige faktorer) ligger ekspositions-mængden så ganske vist under sandsynlighedstærsklen, men den må på den anden side ikke være så lille, at den ikke kan tillægges væsentlig betydning i forhold til sammenlignelige noxer (skadelige faktorer), der optages til daglig. I første omgang skal årsagssammenhængen altid kontrolleres med hensyn til sandsynlighed.

Erhvervsbetingede sygdomme er i denne forstand oplyste sygdomme, der på basis af videnskabelige resultater – især undersøgelser på det epidemiologiske område – dokumenterbart optræder hyppigere i forbindelse med erhvervsmæssigt eksponeret beskæftigelse end i den almene befolkning. Før der i henhold til § 9, stk. 2, i den tyske sociallovbog (SGB VII) kan udbetales erstatning for en erhvervsbetinget sygdom, skal der derfor foreligge nye videnskabeligt generelt anerkendte resultater vedrørende eksposition og virkninger for en bestemt eksponeret gruppe af personer. Disse resultater skal adskille sig væsentligt fra resultaterne for den almene befolkning. Dette anerkendes principielt, hvis en mistænkt sygdom optræder mindst dobbelt så ofte i den eksponerede gruppe som i den almene befolkning. I forbindelse med kvantificerbare ekspositioner kan dette bestyrkes gennem koncentrations- eller dosismålinger.

For erhvervsbetingede sygdomme inden for området BK 2402 „Sygdomme forårsaget af ioniserende stråler“ sker anerkendelsen af stokastiske stråleskader – først og fremmest kræftsygdomme og leukæmisygdomme – på basis af årsagssandsynligheden eller den såkaldte fordoblingsdosis. Ved fordoblingsdosis forstår man den dosisværdi, der hos eksponerede personer fører til en fordobling af sandsynligheden for, at en bestemt sygdom pådrages.

Årsagssandsynligheden angiver altså, hvor stor sandsynligheden er for, at den pågældende tumor blev forårsaget af stråleeksposition. En årsagssandsynlighed på 50% betyder, at en person, der blev eksponeret for denne dosis, har en dobbelt så høj risiko for at blive syg som en ikke-eksponeret person. Denne „attributable risk“ respektive årsagssandsynligheden „probability of causation“ fastlægges på basis af

Rapport fra den tyske Radarkommission

statistisk beregning, da det i det enkelte tilfælde ikke er muligt at foretage en individuel skelnen fra ikke-strålebetingede stokastiske skader. PC bestemmer på tidspunktet (levealder) for en kræftsygdoms optræden den andel af sandsynligheden, der skyldes den erhvervsmæssige eksponering, og er en størrelse, der kun kan beregnes statistisk.

Alle metoder er baseret på vurdering af de eksisterende humandata vedrørende sundhedsmæssige følger af stråleeksposition, dvs. stadig først og fremmest „Life Span Study“ (livstidsstudiet) af de overlevende efter atombombeangrebene på Hiroshima og Nagasaki. Risikoberegninger i så henseende er på internationalt plan tilgængelige hos ICRP, UNSCEAR og USAs National Research Council (BEIR V - rapport). På basis af disse risikoanalyser blev der allerede i 80'erne i Storbritannien og USA udviklet beregningsmetoder til bestemmelse af „PC“ i erstatningssager med erhvervsmæssigt stråleeksponerede personer. I USA udarbejdede det Nationale Sundhedsinstitut (NIH) for første gang stråleepidemiologiske tabeller i 1983. For Tysklands vedkommende offentliggjorde Chmelevsky et al. en tilsvarende metode i 1995. I 1996 har IAEA fremlagt en tilsvarende dokumentation til international anvendelse. Det nyeste koncept stammer fra USA, hvor de ovennævnte radioepidemiologiske tabeller blev fornyet i fællesskab af NIOSH og CDC (se nedenfor). Alle nævnte metoder er først og fremmest baseret på relative risikomodeller fra BEIR V. Dette giver også den fordel, at man, såfremt der ikke eksisterer nationale kræftregistre, som det er tilfældet i Tyskland, alligevel kan klare sig uden at have data fra den almene befolkning som sammenligningsgrundlag.

Der skal tages hensyn til følgende faktorer:

- alder ved eksposition
- køn
- strålerne type og omfang samt tidsmæssig og rumlig fordeling af dosis
- diagnose, dvs. kræftsygdommens art
- alder ved diagnose
- latensid mellem ekspositionens påbegyndelse og sygdommens optræden: for leukæmisygdomme (og knoglesarkomer) mindst 2 år,
- for alle andre solide tumorer mindst 5-10 år
- andre risikofaktorer ud over ioniserende stråling

Der er grundlæggende usikkerhedsfaktorer med hensyn til de epidemiologiske data hvad angår

- forskellige slutpunkter: mortalitet eller incidens
- for lille antal af sjældne kræftsygdomme
- vanskelige ekstrapolationer med hensyn til berørte populationer, aldersgrupper og dosisområder.

På basis af de epidemiologiske data kommer man dog i de forskellige nævnte sammenfattende publikationer i varierende omfang frem til, at nogle kræftsygdomme ikke er strålebetingede: der er kun overensstemmelse med hensyn til kronisk lymfatisk leukæmi. Derudover nævnes i forskellige kombinationer også Morbus Hodgkin, non-Hodgkin-lymfomer, malignt melanom. Testikelkræft figurerer ikke som udelukkelses-kriterium i nogen af oversigtsrapporterne. I UNSCEAR 2000-rapporten, der er den nyeste oversigt, henvises der på den ene side til den principielle radiogene årsag til kræftsygdomme, og på den anden side nævnes der ganske vist den indtil nu manglende talrige forekomst af bestemte kræftdiagnoser. Dette skyldes dog hovedsageligt statistiske usikkerheder og bør derfor ikke vurderes som absolut udelukkelseskriterium.

Beregningen af PC giver i første omgang ikke svar på, ved hvilken størrelse der skal ydes hvilken erstatning. F. eks. ydes der i Storbritannien (se næste afsnit) ved overskridelse af 50% fuld erstatning og mellem 20 og 50% stigende erstatning i forhold til den beregnede sandsynlighed. Som nævnt kan der, hvad angår den tyske lovpligtige ulykkesforsikring, først komme en erstatning i betragtning, når sandsynligheden overstiger 50%. .

8.2 FREMGANGSMÅDE I ANDRE LANDE

8.2.1 OECD (undtagen USA)

8.2.1.1 Generelt

I det følgende skal der behandles fremgangsmåder i OECD-lande [CRPPH 2001]. På grund af de meget detaljerede ordninger i USA vil de blive behandlet i et særligt afsnit (8.2.2).

De følgende bemærkninger er hovedsageligt baseret på resultaterne fra en rundspørge foretaget i foråret 2003 blandt medlemmerne af OECD/NEA Committee on Radiation Protection and Public Health. I denne komité sidder der medlemmer fra landene Tyskland, Østrig, Belgien, Luxembourg, Holland, Danmark, Sverige, Schweiz, Slovenien, Tjekkiet, Sydkorea, Frankrig, Italien, Storbritannien, Irland, Canada, USA, Japan og Ungarn samt observatører fra WHO, IAEA, EU, ICRP og IRPA.

I et studie fra OECDs atomenergiagentur (NEA) fra år 2000 blev der foretaget en undersøgelse af kompensationsreglerne for ansatte med stråleeksposition i de enkelte lande, og der blev udgivet en oversigt. I første omgang vil dette dokument blive sammenfattet her. Dernæst vil de informationer blive kommenteret, der fremkom på basis af den ovennævnte rundspørge i dette forår, og som i nogle tilfælde har ført til ny viden.

Det er påfaldende i oversigten, at der i vid udstrækning er tale om manglende nationale kompensationsregler for stråleeksponerede ansatte. I de fleste OECD-medlemslande – med undtagelse af Sydkorea og Storbritannien – behandles stråleeksponerede ansatte efter de almindelige kompensationsregler for ansatte og ikke efter specielle, strålespecifikke regler, som erstatter de almindelige. I de fleste lande finder lovgivningen anvendelse på alle ansatte uafhængigt af beskæftigelsens art. I nogle lande findes der dog inden for rammerne af de almindelige kompensationsregler tabeller eller fortegnelser over de erhvervsbetingede sygdomme, som man formoder skyldes ioniserende stråling. Sådanne tabeller eller fortegnelser eksisterer f. eks. i Frankrig og i Tjekkiet (regeringsforordning bekendtgørelse nr. 290/1995/Coll). Andre lande (f. eks. Danmark) opstiller kun kategorien ”sygdomme, der skyldes eksposition for ioniserende stråling” i deres fortegnelse eller tabel over erhvervsbetingede sygdomme uden dog at specificere disse yderligere.

Et andet fællestræk ved OECD-landenes fremgangsmåde er, at der ydes kompensation uafhængigt af, om der foreligger ansvarspådragende adfærd: Såfremt de påkrævede kriterier er opfyldt, skal den ansatte ikke dokumentere ansvarspådragende adfærd fra arbejdsgiverens side for at få kompensation.

Med undtagelse af Korea og USA synes der ikke at være mange lande, der behandler ansatte inden for kerneindustrien på anden måde end stråleeksponerede ansatte andetsteds, f. eks. på sygehuse, i laboratorier, industriel radiografi osv. Det skal også fremhæves, at den Europæiske Union ikke selv har foreslået kompensationsregler for skader opstået som følge af stråleeksposition i Euratomtraktatens kapitel 3 og heraf afledt lovgivning. Heller ikke EU-lovgivningen på kerneenergiområdet indeholder regler, der kunne være interessante i denne sammenhæng. Efter den Europæiske Kommissions opfattelse henhører sådanne regler under national lovgivning. Kun medlemmer af den Europæiske Kommission, der arbejder i det Europæiske Fællesskabs fælles forskningsinstitution, er undtaget herfra: Kommissions-medlemmernes risiko dækkes af det interne forsikringssystem og er ikke underlagt medlemslandenes nationale regler.

8.2.1.2 *Skader, der ydes kompensation for*

Generelt ydes der kompensation for blivende fysiske og psykiske skader, økonomiske tab (f. eks. ringere betaling) og medicinske omkostninger. Generelt ydes der også kompensation for både deterministiske skader (f. eks. stråleinducerede forbrændinger) og stokastiske virkninger (kræftsygdomme, der ofte opstår lang tid efter ekspositionen). Kriterierne for kompensation skelner hyppigt mellem disse to situationer. Der ydes ofte også kompensation for uheld på vejen til arbejde.

8.2.1.3 *Kompensationens art*

I de fleste lande ydes der fuld kompensation for medicinske udgifter. I nogle lande betales der et fast dagligt beløb pr. dag, sygdommen varer. Ofte er der et fastsat beløb for bestemte skader, som f. eks. tab af et øje eller af et ben baserende på omfanget af den blivende skade. I nogle tilfælde specificerer lovgivningen kompensationsbeløbet for økonomiske tab, baserende på tabt arbejdsfortjeneste. Af og til, f. eks. i Australien, fastlægges der en øvre grænse for kompensation for kvæstelser og økonomiske skader. Overalt er der regler for permanent uarbejdsdygtighed. Frankrig beskytter yderligere delvis den ansattes arbejdskontrakt.

8.2.1.4 *Kriterier for tilkendelse af kompensation*

Eksisterende risiko

I henhold til de af OECD indsamlede oplysninger fra forskellige lande er der ikke mange lande, der synes at gøre en mulig erstatning betinget af, at den udøvede beskæftigelse tilhører en allerede kendt risikogruppe. Dog forlanger den franske lovgivning, at skadelidte udøver et erhverv, hvor skaden overhovedet kan optræde.

Bevis for eksposition

På dette område er der forskelle: Nogle lande (f. eks. Spanien) kræver dokumentation for, at dosis-grænseværdier er blevet overskredet, medens andre (f. eks. Storbritannien) også kan yde kompensation, når dosis-grænseværdier ikke blev overskredet.

Bevis for en årsagssammenhæng

Der kræves altid bevis for, at der eksisterer en årsagssammenhæng mellem skaden og skadelidtes erhverv. Generelt anses en sådan årsagssammenhæng i tilfælde af deterministiske virkninger for at være dokumenteret, hvis tærskelværdien for den dosis, over hvilken sådanne deterministiske skader overhovedet er blevet observeret, er overskredet. På dette område findes der velkendte strålebiologiske data vedrørende tærskelværdi-doser (f. eks. IAEOs tabel IV-1 for internationale Basic Safety Standards fra 1999).

I tilfælde af stokastiske sen-skader kan (PC-) tabeller eller individuelle vurderinger eller begge dele benyttes med henblik på at afklare, om der foreligger en erhvervsmæssig årsag. I de tilfælde, hvor der foretages en individuel vurdering, kan kompensationen baseres på en beregning af årsagssandsynligheden. Dette gennemføres f. eks. i Tjekkiet ud fra individuel dosimetri og epidemiologiske data. I de fleste lande skal den beregnede værdi for årsagssandsynligheden ligge over 50%. Der findes undtagelser med værdier under 50%, når særlige forudsætninger er opfyldt. Det kan f. eks. være, at der optræder andre, erhvervsmæssigt betingede karcinogener, ufuldstændig dosimetri osv.

I Frankrig er der to metoder: for det første er der en tabel over skader, der skyldes ioniserende stråling, og der gives eksempler på beskæftigelser, der kan forårsage sådanne skader. Når en skadelidt har en af de oplistede sygdomme og var beskæftiget inden for et af de oplistede erhverv og der foreligger yderligere overensstemmende betingelser som oplistede tidslimits, skal den ansatte ikke føre yderligere bevis for, at sygdommen skyldes hans beskæftigelse. Når denne forenklede situation ikke foreligger, skal der også i Frankrig dokumenteres, at der foreligger en erhvervssygdom.

I Storbritannien indeholder kompensationsreglerne for strålebetingsede sygdomme (CSRLD) forholdsmæssig kompensation startende med en årsagssandsynlighed (PC) på 20%, i hvilken forbindelse erstatningens størrelse er gradueret som følger:

Rapport fra den tyske Radarkommission

$pc < 20\%$	ingen kompensation
$20\% \leq pc < 30\%$	1/4 kompensation
$30\% \leq pc < 40\%$	1/2 kompensation
$40\% \leq pc < 50\%$	3/4 kompensation
$50\% \leq pc$	fuld kompensation

Disse regler i Storbritannien er frivillige og er ikke juridisk bindende. Fagforeningerne, som effektuerer metoden sammen med de deltagende arbejdsgivere, anbefaler dog, at disse regler benyttes. Denne metode er et alternativ til egentlige retssager for domstolene.

I Danmark tager lovgivningen hensyn til, at også ikke-erhvervsmæssigt betingede faktorer kan have betydning. I sådanne tilfælde ydes der kun kompensation for den del af sygdommen, der skyldes den erhvervsmæssige eksposition. Situationen i Norge er lignende: her skal det bevises, at stråleekspositionen var så stor, at et ansvar synes rimeligt, selv hvis stråleekspositionen ikke nødvendigvis var den primære årsag til sygdommen.

8.2.1.5 Konklusioner i OECDs studie fra år 2000

Dette resumé viser, at der på nogle områder hersker overensstemmelse i OECD-landene med hensyn til kompensation til erhvervsmæssigt stråleeksponerede personer:

- Kompensationen behandles uafhængigt af ansvarspådragende adfærd fra arbejdsgivers side,
- kravet om, at der føres bevis for årsagssammenhængen mellem skaden og den erhvervsmæssige beskæftigelse. Dog er der stor forskel på de metoder, der anvendes til at bestemme sådanne årsagssandsynligheder,
- arten af kompensation, som den ansatte kan få.

Det er blandt andet på følgende områder, at der hersker store forskelle:

- Eksistensen af omfattende eller repræsentative tabeller med sygdomme, som sandsynligvis skyldes erhvervsmæssige faktorer,
- ikke-erhvervsmæssige risikofaktorerets betydning for afgørelsen om kompensation og dennes størrelse,
- hvor vanskeligt det er at få godkendt et kompensationskrav, især i forbindelse med stokastiske skader.

8.2.1.5.1 Supplerende bemærkninger på basis af en rundspørge i 2003: detaljer vedrørende situationen i Danmark

Den danske arbejdsskadestyrelses bekendtgørelse nr. 357 af 17. maj 2001 om fortegnelse over erhvervsbetingede sygdomme indeholder en fortegnelse over erhvervsbetingede sygdomme. De generelle betingelser for, at en sygdom kan anerkendes som erhvervsbetinget, er:

Rapport fra den tyske Radarkommission

- Den skadelige eksposition skal styrkemæssigt og tidsmæssigt svare til en bestråling, for hvilke der er godtgjort en årsagsmæssig sammenhæng mellem eksposition og sygdom.
- Der skal være tale om et sygdomsbillede, der svarer til det sygdomsbillede, for hvilket der er godtgjort en årsagsmæssig sammenhæng mellem eksposition og sygdom.
- Der må ikke være oplyst forhold, der gør det overvejende sandsynligt, at sygdommen skyldes andre forhold end de arbejdsmæssige.

Når ikke-erhvervsbetingede faktorer har bidraget til sygdommen, ydes der kun erstatning for den del af sygdommen, som skyldes den erhvervsmæssige eksposition.

For enkelte punkter på fortegnelsens vedkommende kræves der yderligere specielle betingelser. Fortegnelsen omfatter flere grupper. Underpunkter nævnes her kun, hvis de vedrører ioniserende stråling:

Gruppe A: Sygdomme, som efter medicinsk og teknisk erfaring kan forårsages af kemiske stoffer,

Gruppe B: Hudsygdomme forårsaget af stoffer og ekspositioner, der ikke er nævnt andetsteds,

Gruppe C: Sygdomme fremkaldt ved indånding af stoffer, der ikke er nævnt andetsteds,

Gruppe D: Infektiose og parasitære sygdomme,

Gruppe E: Sygdomme forårsaget af fysiske påvirkninger: sygdomme forårsaget af ioniserende stråling

(Kommentar: Sygdommens art: bestemte former for akut leukæmi og kronisk myeloid leukæmi),

Gruppe F: Kræftlidelser, der ikke er nævnt andetsteds:

Kræftlidelser forårsaget af et stof eller en eksposition, der er optaget på IARC's til enhver tid gældende liste over kræftfremkaldende stoffer og ekspositioner under kategori 1 og 2a, når der er en veldokumenteret sammenhæng mellem en erhvervsmæssig udsættelse og en øget risiko for den pågældende kræftlidelse hos mennesker, jf. bilag 2.

Det betyder, at for kategori 1's vedkommende er de stoffer og ekspositioner udeladt, hvor der som udgangspunkt ikke er tale om en erhvervsmæssig udsættelse. I kategori 2a er de stoffer og ekspositioner udeladt, hvor der som udgangspunkt ikke er en erhvervsmæssig udsættelse, samt de stoffer og ekspositioner, hvor der heller ikke er en veldokumenteret sammenhæng mellem en erhvervsmæssig udsættelse og en øget risiko for den pågældende kræftlidelse hos mennesker.

Gruppe G: Sygdomme i tænder og tandkød,

Gruppe H: Fosterskader.

Underpunkt 3. Andre skadelige ekspositioner:

(a) stråling (radioaktivitet), sygdommens art: microcephalia, maligne sygdomme

Det bilag, der henvises til i gruppe F, giver et uddrag af IARC's liste (IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, IARC Monographs, Volumes 1-67, Lyon 1996). Under kategori 1 finder man punktet: radon og dets henfaldsprodukter: sygdommens art: lungekræft. I kategori 2a er ioniserende stråling ikke nævnt.

Den danske bekendtgørelse på engelsk kan findes på adressen:

<http://www.ask.dk/English/Udgivelsereng/erhvervsygdforteng.htm>.

(Oversætterkommentar: Bekendtgørelsen findes på dansk på adressen:

<http://www.retsinfo.dk/DELFIN/HTML/B2002/0091805.HTM>),

8.2.2 USA

I USA har Kongressen indført et nationalt kompensationsprogram for arbejdere i uranminer, militærpersonel ved atomprøvesprængninger i atmosfæren og amerikanske borgere, der boede i nedfaldsområdet for disse prøvesprængninger. Det indeholder også specielle regler for det amerikanske søværn. Der er bestræbelser (status år 2000) i gang med henblik på at yde ansatte inden for produktion, udforskning og testning af kernevåben erstatning inden for rammerne af et nationalt program. For alle andre ansatte henhører erstatningsreglerne under de enkelte forbundsstater. Den amerikanske regering intervenserer kun, når flere forbundsstater er omfattet i større omfang. Det nationale kompensationsprogram i USA benytter enten metoden med årsagssandsynlighed eller en metode med formodninger, der er baseret på ekspositions-historien og sygdommens art. Den første metode benyttede NIHs „radioepidemiologiske tabeller“ fra 1985, der i år 2000 (da denne OECD-rapport blev udarbejdet) var ved at blive revideret (i 2002 var revideringen afsluttet). I de enkelte forbundsstater i USA er reglerne meget forskellige. Det påhviler den ansatte at dokumentere skaden (sygdommen) og dens årsager, og hvert tilfælde behandles særskilt. Alt efter hvilken forbundsstat, det drejer sig om, kan der påhvile den ansatte en vanskelig bevisbyrde, når vedkommende skal dokumentere, at sygdommen er forårsaget af stråling.

Kompensationsprogrammet for funktionærer ansat af Forbundsmyndigheder (FECA) dækker alle funktionærer ansat af Forbundsmyndigheder. Der er også et specielt program for ansatte i det amerikanske søværn.

Reglerne i de enkelte stater varierer stærkt. Generelt benytter hver stat en test, der er baseret på sygdomme og tilskadekomster, der kunne være erhvervsbetingede, for at fastslå, om en erhvervsmæssig eksposition fører til en kompensation. Det påhviler generelt den ansatte at dokumentere sygdommen og sammenhængen med den erhvervsmæssige eksposition. Hvert enkelttilfælde behandles særskilt.

I USA har Kongressen i 1984 indført et nationalt kompensationsprogram for arbejdere i uranminer, militærpersonel, der deltog i atomprøvesprængninger i atmosfæren, og amerikanske borgere, der boede i nedfaldsområdet for disse prøvesprængninger (RECA: Radiation exposure compensation program). Der er også bestræbelser i gang med henblik på at indføre et nationalt erstatningsprogram for ansatte i produktion, udforskning og testning af kernevåben (se nedenfor). For alle andre ansatte henhører erstatningsreglerne under de enkelte forbundsstater. Flere forbundsstater har specielle regler for sygdomme induceret af ioniserende stråling. Dette kan både være en positivliste og en negativliste. Der findes også regler for tidsrum og tærskelværdier, der varierer fra stat til stat.

Det nationale kompensationsprogram RECA benytter enten metoden med årsagssandsynlighed eller en metode med formodninger, der er baseret på ekspositions-historien og sygdommens art. Metoden med årsagssandsynlighed benyttede NIHs „radioepidemiologiske tabeller“ fra 1985, der blev revideret i 2002. Denne nye version benytter et computerprogram, som spørger om personlige data som køn, fødselsår, kræfttype, detaljer vedrørende kræftdiagnosen og i tilfælde af lungekræft rygehistorien. Programmet beder også om ekspositionsdata, ekspositionens antal og år, doserate, strålingstype og dosis. På basis af dette udregner programmet en punktvurdering for årsagssandsynligheden. Der beregnes også et usikkerheds-område for denne vurdering. I den forbindelse indgår usikkerheden vedrørende dosen, den relative biologisk effektivitet, den oprindelige relative risiko pr. Sv og den benyttede justerede relative risiko pr. Sv. Når usikkerhedsområdets øvre 95 (eller 99) % percentil når eller overstiger 50%, vil der være tale om et kompensationstilfælde.

Endvidere skal der bemærkes følgende:

a) RECA-program

Den 15. oktober 1990 vedtog den amerikanske kongres loven om kompensation for følgerne af stråle-eksposition (Radiation Exposure Compensation Act, RECA). Målet var at udligne urimelighederne for

Rapport fra den tyske Radarkommission

personer, der som følge af, at de var udsat for stråleeksposition under og efter atomprøvesprængninger i atmosfæren eller under deres arbejde i uranminer, udviklede bestemte cancerformer eller andre alvorlige sygdomme. Den 10. juli 2000 trådte supplerende bestemmelser til denne lov i kraft. De vidtrækkende ændringer omfatter nye berettigede grupper, yderligere sygdomme, lavere stråle-grænseværdier, ændrede krav til den medicinske dokumentation og fjernelse af indskrænkninger for sygdommenes vedkommende. I lovens nye ordlyd er der fem grupper af berettigede: arbejdere i uranminer, arbejdere i uranmalmsværker, malmtransportører, beboere i regioner med nedfald fra atomprøvesprængninger i atmosfæren og deltagere i disse prøvesprængninger:

I henhold til RECA 2000 modtager berettigede arbejdere i uranminer US\$ 100.000. For at kunne få dette skal de pågældende personer have været beskæftiget i en uranmine (over eller under jorden) i en af 11 specificerede forbundsstater (i andre forbundsstater er det muligt efter ansøgning) på et eller andet tidspunkt mellem 1.1.1942 og 31.12.1971. Ekspositionen i minen skal have ligget over 40 WLM (working level months, en ekspositionsenhed for radon og henfaldsprodukter). Sygdommene inkluderer lungekræft og nogle ikke-maligne lungesygdomme.

Der gælder lignende regler for uranmalmværks-arbejdere og transportørerne. For begge gruppers vedkommende erstattes ekspositions-betingelsen af mindst et års relevant beskæftigelse.

Beboere i regioner med nedfald kan modtage US\$ 50.000 i erstatning, hvis de boede i en af de berørte regioner (en specificeret liste over amter (counties)) i specificerede perioder i mindst 2 år og derefter har fået bestemte sygdomme. Sygdommene er leukæmisygdomme (undtagen kronisk lymfatisk leukæmi), kræft i skjoldbruskkirtlen, leverkræft osv. I den forbindelse skal yderligere betingelser opfyldes, som f.eks., at sygdommen skal optræde mindst 5 år efter den første eksposition i tilfælde af kræft i skjoldbruskkirtlen eller af leverkræft: samme minimale latenstid og ingen tegn på hepatitis B eller levercirrose.

Deltagere i atomprøvesprængninger kan modtage US\$ 75.000 i erstatning. Dette kræver, at de skal have befundet sig inden for eller over de officielle grænser for det pågældende testområde under en test, have deltaget i detonationen af en nuklear sprængsats i atmosfæren og siden hen have udviklet en sygdom opført i en fortegnelse over kræftformer.

Under bestemte betingelser kan også en afdød berettigets ægtefælle modtage erstatningen.

Frem til 12.5.2003 blev der indgivet 16.942 ansøgninger under denne ordning, hvoraf 9.342 blev anerkendt og 4.810 blev afvist. Den godkendte erstatningssum lå på over 616 millioner US\$, hvoraf over 559 millioner allerede er udbetalt. De største erstatningssummer er blevet tilkendt beboere i nedfaldsområder (over 300 millioner) og arbejdere i uranminer (over 248 millioner).

RECA-programmets hjemmeside kan findes under det amerikanske justitsministerium og er: <http://www.usdoj.gov/civil/torts/const/reca/>. Her kan man også finde et link til den pågældende lovtekst (28 CFR part 79; Claims under the Radiation Exposure Compensation Act Amendments of 2000; Final Rules and Proposed Rule, 7. august 2002). Ordningen henhører under det amerikanske justitsministerium. Tabel 8-1 giver en oversigt over de forskellige programmer for skadeserstatningsordninger efter stråleeksposition i USA.

b) EEOICPA:

Den gældende lov er „Energy Employees Occupational Illness Compensation Program Act" (EEOICPA, Public Law 106-398, October 2000). Denne lov giver ansatte på „Department of Energy's" anlæg til fremstilling af atomvåben og civil ansatte på atomvåbentestområdet i Nevada og Alaska mulighed for erstatning. Det skønnes, at der kan blive tale om op til 180.000 ansøgninger under dette program. EEOICPA-ordningen adskiller sig fra den tyske ved, at lovgiver har fastlagt et præcist numerisk kriterium for godkendelse: Skadeserstatning kommer til udbetaling, såfremt det øvre 99-percentil for „uncertainty interval" for årsagssandsynligheden („probability of causation" eller PC) overstiger en værdi på 50%. På den måde vil man tage højde for det princip, at usikkerhederne med hensyn til dosisrekonstruktionen og dosis-virkningsrelationen skal fortolkes generøst til fordel for ansøgeren.

Begrebet „probability of causation" (PC) anvendes ofte synonymt med „assigned share". Medens „probability of causation" strengt taget kun kan relateres til et individ, er „assigned share" den andel af en sygdom i en heterogen befolkning, der uden ekspositionen ikke var optrådt (relateret til individer i samme ekspositionskategori (det vil sige dosis, køn, alder ved eksposition og alder ved diagnose, etc.).

I henhold til EEOICPA er det kun kræftlidelser, der kvalificerer til en erstatning som følge af ioniserende stråling. I den forbindelse anses alle kræftformer med en enkelt undtagelse, kronisk lymfatisk leukæmi (KLL), for at kunne fremkaldes af ioniserende stråling. Denne i sammenligning vidtgående liste over kræftlidelser forårsaget af stråleeksposition begrundes videnskabeligt af en arbejdsgruppe under „National Cancer Institute" (NCI) og „Center for Disease Control"(CDC) bl.a. med den kendsgerning, at der tages hensyn til den samlede usikkerhedsmargin for incidens i epidemiologiske undersøgelser [Land 2002] (udkast). I den forbindelse lægger man først og fremmest resultaterne af epidemiologiske undersøgelser af overlevende fra atombombeangrebene på Hiroshima og Nagasaki til grund. Efter den statistiske bearbejdning af de indsamlede data kan der under hensyntagen til usikkerhederne også beregnes dosis-virknings-funktioner for sådanne kræftlidelser, som der tidligere ikke kunne angives statistisk signifikante dosis-virknings-funktioner for (f. eks. testikelkræft, malignt melanom, Hodgkin-lymfom).

Fastlæggelsen af detaljerne i gennemførelsesbestemmelserne påhviler „Department of Health and Human Services" (DHHS) og blev publiceret i maj og juni 2002 i „Code of Federal Register" [CFR 2002a], [CFR 2002b].

Det centrale element er det interaktive beregningsprogram „Interactive RadioEpidemiological Risk Tables" (IREP), der som udkast er disponibelt på internettet (<http://www.cdc.gov/niosh/ocas/ocasirep.html>). IREP giver mulighed for at bestemme årsagssandsynligheden for et bestemt kræfttilfælde som funktion af dosis (under hensyntagen til dosishastigheden og strålingstypen), af køn, alder ved eksposition og diagnose samt rygevanerne i tilfælde af lungekræft. Ved leukæmi og knoglekræft er en minimal latenstid på 2 år påkrævet, medens den for alle andre kræftformer er på 5 år. IREPs metodik og datagrundlag blev vurderet positivt af en kommission under „National Academy of Sciences" [NAS 2000]. Yderligere karakteristika ved programmet er den forpligtende høring af ansøger, den videnskabelige kvalitetskontrol i forbindelse med dosisrekonstruktion og beregning af årsagssandsynlighed og forpligtelsen til løbende at tilpasse programmet til nyeste viden.

For at kunne udlede risikofaktoren „excess relative risk" (øget relativ risiko) afhængigt af stråleekspositionen (ERR/Sv) har forfatterne i NCI-CDC arbejdsgruppen fulgt konventionen om at danne kategorier med mindst 5 sygdomsramte i denne gruppe, der var eksponeret for > 5 mSv. Hvis man tager tumorer i de mandlige kønsorganer som eksempel, så bliver antal tilfælde for tumorer i prostata (ICD-9:185), testikler (ICD-9:186), samt penis og andre mandlige kønsorganer (ICD-9:187) analyseret som gruppe. Efter matematisk hensyntagen til usikkerheder med hensyn til (a) den individuelle dosis hos overlevende efter atombombeangreb, (b) overførsel af ERR fra den japanske til den amerikanske befolkning, (c) dosishastighedsreduktionsfaktor (DDREF), og (d) den relative biologiske virkning af forskellige strålingstyper („radiation effectiveness factor", REF) blev ERRs fordelingsfunktion beregnet. Der blev ikke taget hensyn til følgende usikkerheder: (e) diagnostisk fejlklassificering hvad angår de overlevende efter atombombeangreb, og (f) ekstrapolation af risikoen til de overlevende efter atombombeangrebets resterende levetid, for hvilket der indtil nu ikke foreligger data. For lavenergetisk fotonstråling <250 keV udledes der ifølge [Kocher et al. 2002] værdier for REF i forhold til Co-60 gammastråling. REFs medianværdi for fotonenergier <30 keV bliver i den forbindelse angivet til 2,4, 95%-konfidensområdet ligger mellem 1,1 og 6,1.

Usikkerhederne vedrørende indgangsdata beregnes med et statistisk program med Monte-Carlo-metoden, som giver mulighed for at kombinere forskelligartede fordelingsfunktioner. Der opstilles beregningsresultater for årsagssandsynligheden (PC) ud fra et eksempel på en referenceperson (hankøn, ikke-ryger, akut eksposition for røntgenstråling, organdosis 100 mSv, alder ved ekspositionen 20 år, alder ved diagnosen 40 år) i tabel 8-2. I den forbindelse er percentilværdierne for fordelingen (1%, 5%, 50%, 95%, 99%) for de i

Rapport fra den tyske Radarkommission

IREP fastlagte klasser for fotonenergi (<30 keV, 30-250 keV, >250 keV) angivet som parametre. Det viser sig for det nævnte eksempel, at PC-værdien i 99%-percentilen for en række solide tumorer (f. eks. mave, lever, galdeblære, knogler, melanom, skjoldbruskkirtel, nyre) ligger klart over 50%. I figur 8-1 er resultaterne for fotonenergi <30 keV vist grafisk. Ud fra eksemplet med kræftlidelser i de mandlige kønsorganer i figur 8-2 bliver det tydeligt, at der ifølge EEOICPA ved eksposition for ca. 150 mSv lavenergetisk røntgenstråling for 99-percentilen bliver beregnet en PC>50%, og at der således i tilfælde af testikelkræft i dette eksempel ifølge EEOICPA ville komme skadeserstatning til udbetaling. For 50-percentilen ville en PC>50% først nås ved ca. 1,5 Sv.

Fremgangsmåden for dosisrekonstruktionen ifølge EEOICPA er reguleret i 42 CFR Part 82 ; de væsentlige arbejdsstrin er vist i figur 8-3. Den kompetente myndighed „National Institute for Occupational Safety and Health“ (NIOSH) placerede i 2002 en ordre hos „Oak Ridge Associated Universities“ (ORAU) til en værdi af ca. \$70 mio. på rekonstruktion af ca. 40.000 tilfælde, der skal bearbejdes inden for 5 år. Arbejds-metodikken, datagrundlaget og metoderne overvåges af et uafhængigt rådgivende organ med deltagelse af fagforeningsrepræsentanter. Bearbejdningen hos ORAU kræver specialister med mindst 3 års erhvervs-erfaring inden for dosimetri. Et repræsentativt „peer review“ med repræsentative dosisrekonstruktioner foretaget af uafhængig tredjepart gives om kort tid i opdrag af NIOSH. Rekonstruktionen starter med, at ansøger interviewes, at hans oplysninger verificeres og med en skriftlig rapport over resultaterne vedrørende arbejdspladsoplysningerne, der sendes tilbage til ansøgeren. Efter at dosisrekonstruktionen er foretaget, får ansøgeren tilsendt et udkast over beregningerne, som han så tager stilling til. Dette kan ske i en iterativ proces. Dosisrekonstruktionen sendes ikke til den myndighed, der træffer afgørelse om skadeserstatning (Department of Labor, DOL), uden en dokumentation for, at ansøgeren har taget dosisrekonstruktionen til efterretning.

Relevante data for dosisrekonstruktion er:

- arbejdspladsbeskrivelse (sted, tid, aktivitet osv.)
- personspecifikke data vedrørende eksternt og intern eksposition
- arbejdspladsspecifikke data (f.eks. rumluftovervågning)
- data til karakterisering af belastningen på arbejdspladsen (f.eks. strålingstype, partikelstørrelse)
- data til beskrivelse af arbejdsprocessen (f.eks. typiske arbejdsforløb)

Manglende data suppleres med plausible eller „worst case“-antagelser (f.eks. benyttes sammenlignelige måneder, hvis der mangler eksterne dosimeterdata; ved værdier under dokumentationsgrænsen beregnes den interne dosis på basis af dokumentationsgrænsen). I tvivlstilfælde skal der foretages konservative skøn og lægges tilsvarende data til grund.

Dosisrekonstruktionen afsluttes, når en beregnet deldosis allerede viser, at værdien for PC overskrider 50% i 99-percentilen for konfidensintervallet, eller en „worst case“-vurdering viser, at den pågældende værdi for PC er mindre end 50%. I tilfælde af, at de pågældende data til en dosisrekonstruktion er utilstrækkelige, dokumenteres dette ud fra de foreliggende data med påvisning af de nødvendige, men ikke disponible data. I sidstnævnte tilfælde skal DOL afvise ansøgningen, da PC ikke kan beregnes. Ansøgeren kan anmode om optagelse i et „special exposure cohort“. I henhold til EEOICPA er der i de tilfælde, hvor databasis ikke gør en tilstrækkeligt nøjagtig rekonstruktion af stråleekspositionen mulig, mulighed for at fastlægge en klasse for eksponerede, når der foreligger „fornuftig sandsynlighed for, at stråling har skadet medlemmerne af denne klasses sundhed“. I loven er der allerede fastlagt flere klasser, hvis medlemmer i tilfælde af en kræftlidelse automatisk får tilkendt erstatning: stråleeksponerede ansatte, der før den 01.02.1993 har arbejdet mindst 250 dage i uranberigningsanlæggene i Paducah, Portsmouth og Oak Ridge, samt ansatte hos DOE (eller hos firmaer, der arbejdede for DOE) i Amchitka, Alaska i forbindelse med atomprøvesprængningerne Long Shot, Milrow og Cannikin før den 01.01.1974.

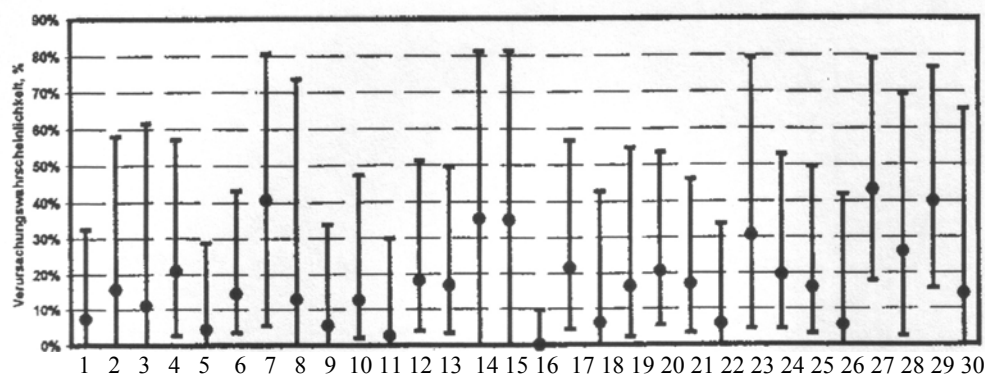
Proceduren til fastlæggelse af „special exposure cohorts“ skal reguleres ifølge udkastet til 42 CFR 83 [CFR 2002b]. I den forbindelse skal der findes ud af, om en eksposition har været muligt for klassen af eksponerede, som for en given kræftsygdom resulterer i en PC>50% i 99-percentilet. Derefter skal der

Rapport fra den tyske Radarkommission

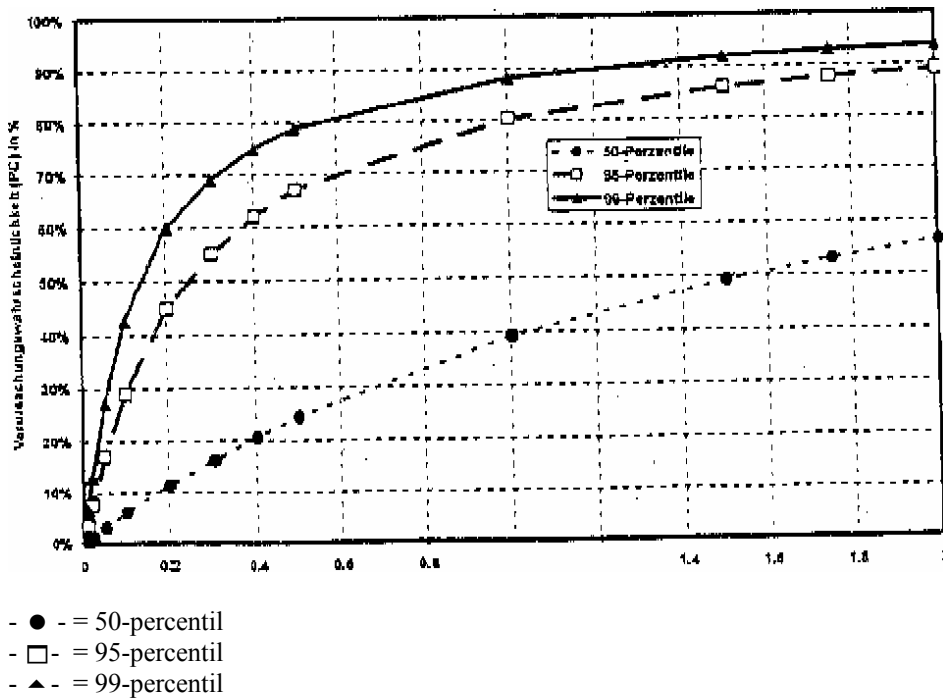
finde en præcis fastlæggelse af kohorterne sted. Det er åbenlyst, at fastlæggelsen af kohorterne kun til dels kan begrundes naturvidenskabeligt præcist.

Figur 8-1: Årsagssandsynlighed for kræftsygdomme hos en mand 0,1 Sv organdosis, akut eksposition, fotoner <30 keV, ikke-ryger, alder ved eksposition 20 år, alder ved diagnose 40 år, beregnet med NIOSH-IREP v 5.2 (medianværdi, 1-percentil, 99-percentil)

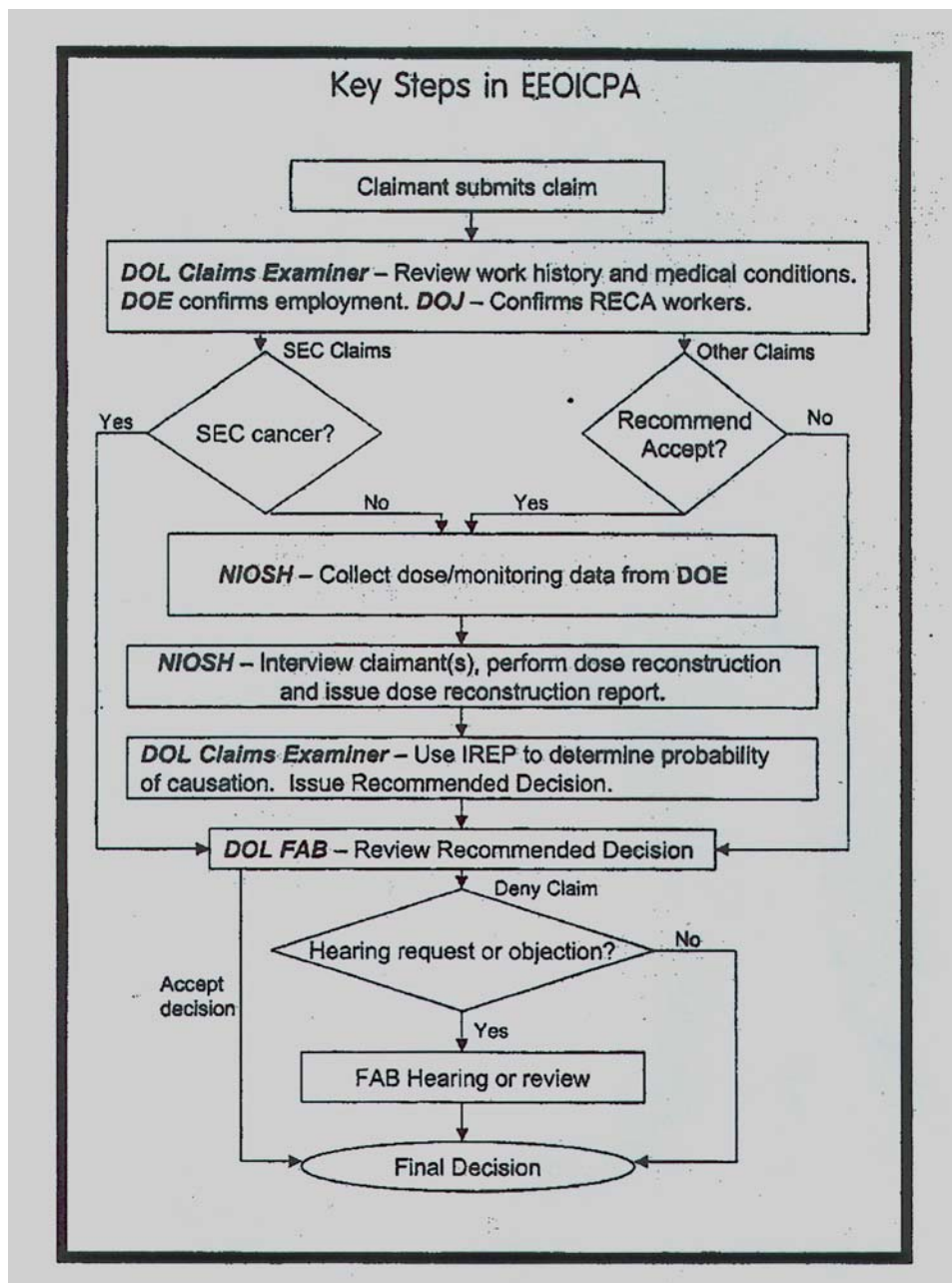
Årsagssandsynlighed % (lodret)



- | | | | |
|----|--------------------------------|----|--------------------------------|
| 1 | Mundhule og svælg | 16 | Seglcellekarcinom |
| 2 | Spiserør | 17 | Mandligt bryst |
| 3 | Mave | 18 | Mandlige kønsorganer |
| 4 | Tyktarm | 19 | Urinblære |
| 5 | Rektum | 20 | Nyre og øvrige urinvejsorganer |
| 6 | Fordøjelsesorganer, uspec. | 21 | Øje |
| 7 | Lever | 22 | Hjerne, øvrige nervesystem |
| 8 | Galdeblære | 23 | Skjoldbruskkirtel |
| 9 | Bugspytkirtel | 24 | Øvrige endokrine kirtler |
| 10 | Luftør, bronkier, lunger | 25 | Øvrige og mangelfuldt betegnet |
| 11 | Andet væv i åndedrætsorganerne | 26 | Lymfomer og multipelt myelom |
| 12 | Knogler | 27 | Leukæmi, undtagen KLL |
| 13 | Bindevæv | 28 | Akut lymfatisk leukæmi |
| 14 | Ondartet tumor i huden | 29 | Akut myeloid leukæmi |
| 15 | Basalcellekarcinom | 30 | Kronisk myeloid leukæmi |



Figur 8-2: Årsagssandsynlighed (PC) for kræftsygdomme i de mandlige kønsorganer (bl.a. prostata, testikler, penis efter aktuel eksposition (fotonenergi <30 keV, alder ved eksposition 20 år, alder ved diagnose 40 år, beregnet med NIOSH-IREP v 5.2)



Figur 8-3: Forløbet af en procedure i EEOICPA [Walchuk 2003]

Rapport fra den tyske Radarkommission

Tabel 8-2: Årsagssandsynlighed (PC) for kræftsygdomme hos en mand (ikke-ryger) ifølge [NIOSH 2002] (eksempel: akut eksposition for 0,1 Sv organdosis som følge af fotonstråling med forskellig energi, alder ved eksposition 20 år, alder ved diagnose 40 år); i den forbindelse er årsagssandsynligheden for forskellige percentilværdier for fordelingen angivet)

Kræfttype	ICD-9 kode	Fotonenergi <30 Kev					Fotonenergi 30-250 keV					Fotonenergi >250 Kev				
		Percentil for fordelingen					Percentil for fordelingen					Percentil for fordelingen				
		1%	5%	50%	95%	99%	1%	5%	50%	95%	99%	1%	5%	50%	95%	99%
Mundhule og svælg	140-149	0,00%	0,94%	7,33%	23,12%	32,73%	0,00%	0,70%	5,73%	18,84%	27,73%	0,00%	0,46%	3,24%	8,40%	11,50%
Spiserør	150	0,00%	0,15%	15,77%	44,52%	57,93%	0,00%	11,00%	12,60%	38,53%	51,89%	0,00%	0,07%	7,55%	20,16%	26,71%
Mave	151	0,00%	0,43%	11,14%	46,80%	61,66%	0,00%	35,00%	8,74%	40,64%	55,67%	0,00%	0,22%	4,83%	23,45%	31,22%
Tyktarm	153	2,58%	6,05%	20,96%	45,57%	56,95%	1,75%	4,77%	16,85%	39,02%	49,78%	1,02%	3,30%	10,03%	20,07%	24,27%
Rectum	154	0,00%	0,00%	4,31%	19,74%	28,94%	0,00%	0,00%	3,35%	15,70%	23,90%	0,00%	0,00%	1,93%	7,17%	10,42%
Fordøjelsesorganer uspec.	150-159	3,49%	5,14%	14,57%	22,63%	43,28%	2,69%	4,05%	11,54%	27,70%	36,21%	2,13%	3,00%	6,66%	12,90%	16,54%
Lever	155.0	5,42%	11,12%	40,70%	71,83%	80,53%	4,28%	8,66%	34,42%	66,18%	75,74%	2,95%	5,77%	23,07%	44,75%	54,32%
Galdeblære	155.1, 156	0,00%	0,00%	12,98%	56,78%	73,60%	0,00%	0,00%	10,40%	50,39%	68,44%	0,00%	0,00%	6,59%	31,90%	44,24%
Bugspytkirtel	157	0,00%	0,00%	5,43%	23,19%	33,77%	0,00%	0,00%	4,20%	18,60%	27,45%	0,00%	0,00%	2,55%	8,77%	12,16%
Lufttrør, bronchier, lunger	162	1,90%	3,36%	12,66%	35,94%	47,19%	1,44%	2,60%	10,09%	29,73%	40,52%	0,99%	1,78%	5,83%	14,28%	18,73%
Åndedrætsorganer	160, 161, 163.165	0,00%	0,00%	2,52%	19,50%	29,98%	0,00%	0,00%	1,92%	15,53%	24,81%	0,00%	0,00%	1,14%	7,47%	11,20%
Knogler	170	3,98%	6,35%	18,12%	40,26%	51,11%	3,00%	5,05%	14,64%	34,23%	45,18%	2,50%	3,57%	8,48%	16,42%	21,02%
Bindevæv	171	3,29%	5,62%	16,72%	38,72%	49,49%	2,65%	4,45%	13,40%	32,90%	43,67%	2,11%	3,19%	7,73%	15,72%	20,23%
Melanom i huden	172	0,00%	3,26%	35,20%	72,81%	81,18%	0,00%	2,44%	39,59%	67,58%	76,66%	0,00%	1,51%	19,40%	45,37%	55,44%
Basaliom i huden	173	0,00%	2,30%	34,91%	72,77%	81,04%	0,00%	1,78%	29,37%	67,47%	76,56%	0,00%	1,09%	19,30%	45,14%	55,67%
Spinaliom i huden	173	0,00%	0,00%	0,00%	4,30%	9,64%	0,00%	0,00%	0,00%	3,27%	7,38%	0,00%	0,00%	0,00%	1,77%	3,33%
Mandligt bryst	175	4,18%	7,27%	21,58%	45,36%	56,56%	3,35%	5,74%	17,39%	38,77%	48,39%	2,48%	4,30%	10,78%	18,49%	21,45%
Mandlige kønsorganer	185-187	0,00%	0,00%	6,08%	29,04%	42,85%	0,00%	0,00%	4,75%	24,68%	36,66%	0,00%	0,00%	2,69%	12,15%	17,79%
Urinblære	188	2,07%	4,54%	16,33%	39,60%	54,54%	1,56%	3,57%	12,97%	33,47%	44,68%	1,21%	2,57%	7,60%	16,07%	20,74%
Nyre, øvrige urinorg.	189	5,38%	7,89%	20,59%	43,09%	53,25%	4,30%	6,30%	16,61%	36,65%	46,42%	3,42%	4,72%	9,67%	17,49%	21,55%
Øje	190	3,26%	5,72%	16,95%	39,56%	45,99%	2,60%	4,46%	13,47%	33,52%	44,48%	1,87%	3,14%	7,84%	15,96%	20,47%
Hjerne, øvr. nervesyst.	191, 192	0,00%	45,00%	5,79%	22,10%	33,71%	0,00%	0,34%	4,54%	17,72%	28,36%	0,00%	0,24%	2,58%	8,26%	11,79%
Skjoldbruskkirtel	193	4,39%	8,22%	30,64%	68,40%	79,26%	3,60%	6,57%	25,08%	62,35%	74,63%	2,55%	4,32%	15,08%	41,21%	55,05%
Øvrige endokr. kirtler	194	4,40%	7,15%	19,60%	42,33%	52,69%	3,38%	5,62%	15,80%	36,05%	45,51%	2,80%	4,07%	9,24%	17,98%	22,08%
Øvrige	195	3,11%	5,21%	16,01%	38,44%	49,52%	2,44%	4,14%	12,85%	32,16%	43,63%	1,98%	2,98%	7,35%	15,54%	20,29%
Lymfomer, multipelt myelom	200-203	0,00%	0,00%	5,42%	27,58%	41,90%	0,00%	0,00%	4,25%	22,66%	36,10%	0,00%	0,00%	2,52%	11,57%	17,15%
Leukæmi, undt. KLL	204-208	17,73%	21,41%	42,99%	70,76%	78,86%	14,27%	17,59%	35,76%	63,47%	71,93%	12,03%	14,77%	22,38%	31,48%	34,59%
Akut lymfatisk leukæmi	204.0	2,44%	6,12%	25,96%	58,26%	69,19%	1,82%	4,98%	21,24%	51,75%	63,91%	1,09%	3,13%	12,99%	30,47%	39,35%
Akut myeloid leukæmi	205.0	15,68%	19,56%	39,89%	68,18%	76,59%	12,55%	15,75%	32,82%	60,18%	68,89%	10,521 %	13,02%	20,01%	28,85%	33,01%
Kronisk myeloid leukæmi	205.1	6,00%	1,59%	14,24%	52,02%	65,18%	0,40%	1,19%	10,84%	43,56%	57,65%1	0,19%	0,70%	6,03%	21,35%	30,71%

8.3 DET TYSKE FORSVARSMINISTERIUMS HIDTIDIGE PROCEDURE OG ÆNDRINGSFORSLAG

(a)

Ved rundskrivelse af 13.05.2002 fra det tyske arbejdsministerium (BMA) blev der i "Bundesarbeitsblatt" offentliggjort holdepunkter for det lægelige ekspertarbejde i forbindelse med vurderingen af ondartede kræftsvulster efter indvirkning fra ioniserende stråler fra radaranlæg tilhørende "Bundeswehr" inden for den sociale erstatningsret". Den dosisafhængige anerkendelse af indvirkningen som følge af uønsket røntgenstråling og radioaktive stoffer blev først undersøgt på grundlag af en høring af erfarne social- og arbejdsmedicinske eksperter i det tyske arbejdsministerium, hvorimod termiske skader som følge af højaktiv eksposition blot kunne forekomme for højfrekvente elektromagnetiske felter i henhold til det daværende vidensstade. Endvidere blev der udført følgende.

På trods af de ioniserende strålers generelle cancerogenitet kommer forårsagelsen af følgende maligne tumorer ikke i betragtning: Kronisk-lymfatisk leukæmi, Hodgkin-lymfom (lymfogranulomatose), malign melanom samt testikeltumorer.

For leukæmi og myelodysplastiske syndromer er årsagssammenhængen sandsynlig ved en organdosis (knoglemarv) på 0,2 Sv og derover. For at nå dette har det for strålesensible væv (skjoldbruskkirtel, urinblære, ovarium, bryst, hud) været nødvendigt med mindst 1 Sv. For mindre følsomme væv (f.eks. pankreas, lever, prostata) har det været nødvendigt med væsentligt højere organdoser. Under en organdosis på 0,02 Sv ved akut leukæmi og 0,1 Sv ved maligne solide tumorer er den kausale sammenhæng usandsynlig.

Hvis ovennævnte sandsynlighedsundergrænser ikke nås i det første kontroltrin, der skal foretages i anerkendelsessagen, kan "Kann-Versorgung" (tildeling af en social ydelse med arbejdsministeriets samtykke) indtræde inden for rammerne af et andet kontroltrin, hvis ovennævnte usandsynlighedsgrænser på 0,02 respektive 0,1 Sv overskrides. I tilfælde af akut leukæmi gælder dette uindskrænket. For maligne tumorer skal der foretages en ekstra vurdering i hvert enkelt tilfælde.

(b)

Kommissionen mener, at der på grund af den forklarede epidemiologiske usikkerhed og i overensstemmelse med [UNSCEAR 2000] og den amerikanske fremgangsmåde skal renonceres på generelle udelukkelser af ondartede tumorer, bortset fra KLL.

Med hensyn til den hidtidige anvendelse af "en tildeling af en social ydelse med arbejdsministeriets samtykke" skal man på trods af den forbløffende overensstemmelse med fremgangsmåden ifølge EEOICPA i USA være opmærksom på:

- Sundhedsfarlige effekter under 0,1 Sv har for voksne hidtil hverken kunnet bevises ved erhvervsmæssig eller miljøbetinget menneskelig eksposition.
- Max. 2% af kræfttilfældene i den tyske befolkning kan være forårsaget af ioniserende stråling (inkl. UV og radon). Normalt ligger de erhvervsmæssige livsstråledoser under dosen fra naturlige og medicinske strålekilder, hvor der ikke skal ydes erstatning. For en borger i Forbundsrepublikken Tyskland, der i en alder af 50 år bliver syg af en ondartet tumor, udgør den på naturlig vis optagne effektive dosis gennemsnitligt 120 mSv med et interval på +/- 15 mSv, hvis der ses bort fra medicinske strålekilder. Ganske vist reduceres den naturlige organdosis for det meste med den andel på ca. 50% af den effektive dosis, der er betinget af radonindånding indendørs. Alligevel bliver det tydeligt, at minimums-organdosen for knoglemarv på 20 mSv ligger tæt på intervallet for den naturlige stråleeksposition. Muligheden for, at der ydes skadeserstatning for sygdomme blot på grund af evt. naturlig eksposition kan dermed ikke udelukkes.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Ved den planlagte prøvning i det enkelte tilfælde findes der efter kommissionens skøn diverse mulige alternativer under hensyntagen til fremgangsmåden i andre lande, når det drejer sig om solide tumorer. Udgangspunktet er, hvis der foreligger bæredygtige organdosisværdier, at vurdere årsagssandsynligheden (PC). Organdoser skal bestemmes under hensyntagen til strålekvaliteten, idet man skal lægge mærke til vurderingen af fotondosen. Årsagssandsynligheden skal undersøges ud fra epidemiologiske risikodata. De tyske radioepidemiologiske tabeller kan f.eks. anvendes hertil i henhold til den tyske lov om erhvervsbetingede sygdomme, eller den amerikanske metode, der ikke lægger den gennemsnitlige risiko ved undersøgelsen til grund, men derimod en percentil af risikofordelingen. Hvilken metode der vælges, hvilken værdi respektive hvilken percentil, der anvendes ved undersøgelsen, kan ikke afgøres ved videnskabelige overvejelser, men er, når det kommer til stykket, en politisk afgørelse. Det skal under alle omstændigheder sikres, at der for al personel anvendes en ensartet metode, der ikke afhænger af, hvilken beskæftigelsesgruppe de placeres under.

9. KONKLUSION OG ANBEFALINGER

9.1 EKSPOSITIONER

9.1.1 Røntgenstråling

I det tyske "Bundeswehr" kan håndteringen af komponenter, der udsender uønsket stråling, i radarvåbensystemer efter kommissionens viden historisk opdeles i tre faser.

Fase 1 er kendetegnet ved, at måleværdier, som efterfølgende ville gøre det muligt at finde frem til ekspositionen, ikke foreligger og, målt ud fra dagens målestok, at der ikke var nogen adækvat strålebeskyttelse.

Ganske vist blev der allerede i 1958 med ZDv 44/20 udstedt en tjenesteforskrift, i hvilken der blev henvist til uønsket røntgenstråling fra effektive radarsendere. Men dette førte ikke til, at der for de radarvåbensystemer, der blev indført i hær, luftvåben og søværn efter etableringen af "Bundeswehr", i større omfang blev foretaget målinger af dosishastigheden på arbejdspladsen, og på basis deraf blev der foretaget vurderinger af mulige arbejdsplads-ekspositioner. I henhold til de analyserede papirer er der for tiden frem til 1975 kun dokumenteret enkeltstående målinger. Disse dokumenterer ganske vist, at der er forekommet ekspositioner som følge af den uønskede stråling, men gør det ikke muligt at foretage en ekspositionsrekonstruktion¹⁶ for nogen af våbensystemerne. Det er i reglen ikke muligt at overføre resultaterne fra senere målinger til tidligere ekspositionsperioder, da et stort antal påvirkningsfaktorer ikke længere kan rekonstrueres.

Der foreligger ikke persondosimetriske data, der kan bruges til noget¹⁷.

Fase 2 markerer overgangsperioden, hvor der, efter de alarmerende målinger på marinens radar SGR-103, lidt efter lidt blev gennemført systematiske målinger af dosishastigheden for den uønskede stråling fra vigtige våbensystemer inden for hær, luftvåben og søværn og etableret foranstaltninger til beskyttelse mod stråling. I 1975 havde 2 dødsfald blandt de ansatte ved marinearsenalet i Wilhelmshaven som følge af maligne sygdomme ført til uro og spekulationer om belastningerne på arbejdspladserne. Dette førte til, at der blev foretaget målinger på senderen, en SGR-103, og disse viste en værdi på ca. 40 R/h (svarende til ca. 400 mSv/h). Dette alarmerende resultat samt resultaterne fra yderligere målinger på SGR-103 senderen, hvor der blev målt lignende værdier, førte til en række tekniske og administrative ekspresforanstaltninger med det formål at reducere ekspositionerne på arbejdspladserne så hurtigt som muligt – eksempelvis ved at anbringe ekstra afskærmningsplader, indrette kontrollerede områder eller ved at instruere om, at der kun må arbejdes på åbne apparater med blyforklæder. Disse tildragelser i marinearsenalet i Wilhelmshaven øgede hos det tyske forsvarsministerium og "Bundeswehr" bevidstheden om mulige ekspositioner som følge af uønskede røntgenstråling fra radaranlæggene.

Perioden, som fase 2 dækker, skal specifikt fastlægges for hvert enkelt radaranlæg/våbensystem.

-
- 16 en eneste undtagelse, som kommissionen er vidende om, udgøres af våbensystemet MPS-14, på hvilket der mellem 1958 og 1966 blev gennemført i alt 33 målinger (delvist foretaget af strålingsmåleinstansen PTB).
- 17 Således også den daværende leder af strålingsmåleinstans nord i "Bundeswehr" i en rapport udfærdiget i 1983 vedrørende anmodning om pension i h.t. III del i tysk lov om soldaterpension. Ansøgeren havde arbejdet med vedligeholdelse og istandsættelse af våbensystemet HAWK.
- 18 Et ophold i dette strålefelt førte til en dosis, som afhængigt af de præcise ekspositionsbetingelser allerede efter nogle få timer kunne overskride den årsgrænseværdi, der i henhold til den tyske røntgenforordning gælder for personer, der erhvervsmæssigt er stråleeksponerede.

Fase 3 kan karakteriseres som den periode, hvor der med hensyn til den uønskede stråling var etableret adækvat strålebeskyttelse i "Bundeswehr".

Begyndelsen af denne fase er for et våbensystem/radaranlæg bestemt ved, at de – eventuelt nødvendige – tekniske foranstaltninger (som kunne være et resultat af de i fase 2 gennemførte målinger) til reduktion af følgerne af dosishastigheden på arbejdspladserne var afsluttet, og at det ved hjælp af relevante kontrolmålinger var kontrolleret, at disse foranstaltninger fungerede. Tekniske forbedringer koncentrerer sig i den forbindelse om yderligere afskærmninger og udskiftning af dele, der udsender uønsket stråling, med halvlederkomponenter, hvor der fysisk betinget ikke mere kan optræde uønsket stråling, eller i det mindste med forbedrede rør, hvor den uønskede stråling er blevet mærkbart reduceret som følge af brugen af keramik i stedet for glas.

For de mange enheder, der udsender uønsket stråling, for hvilke der ikke eller kun i ringe omfange findes målinger af dosishastigheden på stedet¹⁹, kan der ikke fremsættes udsagn om ekspositioner. De henhører derfor under fase 1.

For radaranlæg, som tidligere var blevet brugt af "Nationale Volksarmee", anbefaler kommissionen principielt, at der anvendes en analog fremgangsmåde. Dette afstedkommer, at anlæggene i det tidligere DDR generelt hører hjemme i fase 1, idet kommissionen hverken har fået oplysninger om systematiske undersøgelser af disse anlægs udsendelse af uønsket røntgenstråling eller om at der skulle være gennemført tilsvarende foranstaltninger til beskyttelse mod stråling.

9.1.2 Radioaktive stoffer og radium-holdig selvlysende maling

Beregningen af radarpersonellets strålebelastning som følge af radioaktive stoffer kan koncentrerer om brugen af radiumholdig selvlysende maling. Kommissionen er overbevist om, at der ikke kan forventes radiologisk relevante akkumulerede doser fra andre radioaktive stoffer.

Ekspositioner fra radiumholdig selvlysende maling var primært et problem hos "Bundeswehr". Kommissionen har ikke fået oplysninger om, at "Nationale Volksarmee" har anvendt radioaktiv selvlysende maling.

Oprindelsen og brugen af selvlysende maling og med den mulige ekspositioner er kun kontrolleret summarisk af "Arbeitsgruppe Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse" (AG RADAR). På den ene side har arbejdsgruppen ikke udviklet nogen metodik til systematisk registrering af eksistensen af radiumholdig selvlysende maling i de radaranlæg, arbejdsgruppen skulle registrere, og på den anden side mangler der vurderinger af de mulige ekspositioner som følge af afkradsningen og genpåføringen af radiumholdig selvlysende maling (tidligere ansatte har berettet troværdigt om afkradsning og genpåføring af den radiumholdige selvlysende maling).

Brugen af radiumholdig selvlysende maling hos "Bundeswehr" kan ud fra det, som kommissionen har fundet frem til, inddeles i to perioder:

19 I henhold til kapitel 3 er det nødvendigt med et stikprøveomfang på $n > 20$.

Perioden indtil 1980

Denne periode er karakteriseret af en vidt udbredt brug af radiumholdig selvlysende maling. Det er forekommet, at radarteknikere har afkradset, afslebet og til dels genpåført denne selvlysende maling uden adækvate foranstaltninger til strålebeskyttelse er forekommet. I det enkelte tilfælde kan en optagelse af radiumholdig selvlysende maling under sådanne arbejder - i modsætning til ekstern eksposition og berøring af ikke afdækkede radiumholdige kontakter - føre til høje belastninger.

Bundeswehr var allerede på et tidligt tidspunkt bekendt med den potentielle fare ved $^{226}\text{radium}$. Efter oplysninger fra "Bundeswehr" blev en instruks, som netop af denne grund blev udstedt i midten af 60'erne, vedrørende udskiftning af denne substans ikke umiddelbart og fuldstændigt udført på grund af hensynet til militærets indsatsberedskab. Dette skete først i løbet af 70'erne. Udskiftningen med andre stoffer varede ved til ind i 1980'erne og blev meldt afsluttet i slutningen af 1989. Senest fra 1980 skete arbejdet med at kradse den selvlysende radiumholdige maling af ifølge kommissionens viden i reglen med beskyttelsesudstyr.

Perioden fra 1980

Også efter 1980 var der hos "Bundeswehr" stadig beholdninger af dele med radiumholdig selvlysende maling. Selvom deres antal var stort nok til, at der i 2000 blev udstedt en ny ordre om at frasortere dem, anser kommissionen risikoen for en radium-optagelse i denne periode for at være ringe.

I modsætning til ekspositioner over for ekstern ioniserende stråling er der ved optagelsen af radioaktive stoffer principielt mulighed for ved en helkropsmåling retrospektivt at vurdere den optagne aktivitet og - ud fra modelantagelser - den dermed forbundne dosis. Vurdering af de muligvis tilførte aktiviteter bliver mere unøjagtig, hvis tidspunktet respektive tidsrummet samt tilførselsvejen er ukendt. Endvidere kan metodiske dokumentationsgrænser blive underskredet i analysen, hvis der er gået flere årtier mellem undersøgelsestidspunktet og tilførslen.

9.1.3 Højfrekvensstråling

Ud fra videnskabens stadi i dag er det kun varmepåvirkningen fra HF-strålingen, der med rimelig sikkerhed kan betragtes som mulig skademekanisme. Ved høje effekttætheder kan der opstå en uklarhed i øjets linse (katarakt). Det relevante frekvensområde for det er 0,9 – 10 GHz. Kommissionen betragter en årsags-sammenhæng mellem HF-ekspositioner og optræden af katarakt for sandsynlig ved

- en gennemsnitlig effekttæthed over 100 W/m^2 og en eksposition over længere perioder (flere timer pr. dag over flere måneder) eller
- en gennemsnitlig effekttæthed over 1000 W/m^2 over få minutter.

Den berørte person burde være bevidst om akutte ekspositioner i den nævnte størrelsesorden over 1000 W/m^2 på grund af en mærkbar varmepåvirkning i ansigtsområdet.

Med hensyn til muligheden for at opnå eller overskride en effekttæthed på 100 W/m^2 kan der foretages en kategorisering ud fra tjenestetid, tjenestested og våbensystem.

Tjenestetid

Det er efter kommissionens opfattelse fornuftigt at skelne mellem tidsrummet før indførelsen af beskyttelsesforskrifter og -foranstaltninger og tidsrummet, efter at sådanne er blevet iværksat. Før indførelsen af sådanne foranstaltninger anser kommissionen lejlighedsvis eller hyppige ekspositioner med stor overskridelse af de senere grænseværdier for at være sandsynlig.

Bundeswehr

Med ZDv 44/20 fra 1958 blev den første forskrift om beskyttelse mod HF-stråling indført i "Bundeswehr". Indtil da fandtes der ingen ordninger med hensyn til begrænsning af ekspositionen. Kommissionen har ikke modtaget målinger til etablering eller kontrol af personbeskyttelsen.

Tidsrummet derefter er kendetegnet af den successive etablering af et beskyttelsessystem. Der blev i første omgang gennemført enkelte sporadiske målinger med hensyn til bestemmelsen af ekspositionen. Der fandt ikke systematiske målekampagner sted før ca. 1976, da det ansvarlige område hos "Bundeswehr" ikke havde specielle strålingsmåleinstanser eller personel, der var uddannet specifikt hertil. Situationen forbedredes med etableringen af de to strålemålingsinstanser hos "Bundeswehr", som i slutningen af 70'erne gennemførte systematiske målinger på kritiske våbensystemer. Videre udviklingstrin er indførelsen af et omfattende beskyttelsessystem for personalet med anvendelse af standardiserede ordninger inden for rammerne af NATO-samarbejdet (STANAG / 1979). Disse ordninger er senere blevet suppleret med nationale forskrifter. Det er dog kommissionens opfattelse, at overekspositioner har været mulige for bestemte ekspositionslokaliteter og våbensystemer.

Nationale Volksarmee

Ifølge kommissionens oplysninger fandt de første målinger af HF-strålingen sted hos "Nationale Volksarmee" (den mobile måleenhed) omkring midten af 70'erne, som delvist medførte anbefalinger med hensyn til beskyttelse mod højfrekvent stråling. Den tidligste forskrift fra "Nationale Volksarmee", som kommissionen er bekendt med, stammer fra 1976 [NVA 1976].

Tjenestested

Tjenestestederne kan opdeles i to kategorier: en for de lokaliteter, hvor risikoen for en overeksposition kan betragtes som høj, og en for de lokaliteter, hvor risikoen kan betragtes som lav.

Den første kategori omfatter arbejdspladser i ringe afstand fra CW-radarantennener eller kraftige antenner på søgeradaranlæg og arbejdspladser i lukkede rum, hvor muligheden for refleksion af strålingen til bygningsstrukturerne ikke kan udelukkes. Her skal især nævnes reparationshaller, hvor potentialet for refleksioner sammen med den af kommissionen gentagne gange skildrede praksis om til testformål at lade søgeradarer stråle konstant i en rumvinkel og derved ubetænksomt eksponere arbejdspladser i nærheden, kan have medført overekspositioner.

I den anden kategori indplaceres tjenestesteder ved radaranlæg, som befandt sig i stillinger i en afstand til radarsendere, hvor der på grund af afstanden og lokale forhold kan udelukkes en relevant opholdstid på lokaliteten med kritiske gennemsnitlige effekttætheder.

Våbensystem

En – i det enkelte tilfælde betragtelig – risiko for overekspositioner udgøres af våbensystemer, hvor der i mobile stillinger blev opstillet CW-radaranlæg i utilstrækkelig afstand fra andre dele i det respektive våbensystem, hvor der befandt sig arbejdspladser. Ifølge kommissionens viden er det eksempelvis i forbindelse med HAWK-våbensystemet i hele tjenestetiden hos "Bundeswehr" i mange stillinger forekommet, at de minimumsafstande, der er fastlagt i "Bundeswehr" for at undgå kritiske effekttætheder, ikke er blevet overholdt. I mindre omfang gælder det samme også for våbensystemet NIKE.

9.2 SUNDHEDSMÆSSIGE RISICI

For at kunne vurdere sygdomsbillederne har kommissionen fået stillet anonymiserede data til rådighed fra "Bundeswehr". Disse data har dog hverken muliggjort en nøjagtig beskrivelse af hyppigheden af de enkelte sygdomme eller udsagn om statistiske ophobninger af enkelte sygdomme inden for den eksponerede gruppe,

da registreringen af de syge personer er ufuldstændig, og omfanget og aldersfordelingen af den tilgrundliggende population ikke er kendt.

Udsagnene og anbefalingerne med hensyn til sundhedsrisikoen baserer kommissionen derfor udelukkende på stedet for den videnskabelige forskning, sådan som det er dokumenteret i den internationale faglitteratur. Den biologiske, medicinske og epidemiologiske viden om virkningen af ioniserende stråling og HF-stråling er med hensyn til den foreliggende problematik udførligt beskrevet i kapitel 6. Med hensyn til den ioniserende stråling er det anerkendt, at den selv i ringe doser kan medføre kræftsygdomme. Ved HF-stråling er det efter det man ved i dag kun varmekvirkningen, der er af betydning, som ved høje doser kan føre til uklarhed i øjets linse (katarakt).

9.3 ANBEFALINGER

9.3.1 Røntgenstråling

Kommissionen anbefaler følgende principielle fremgangsmåde i forbindelse med vurderingen af de sygdomsbilleder, der er anført i ansøgningerne:

1. Som kvalificerende sygdomme betragtes alle maligne tumorer – med undtagelse af Kronisk Lymfatisk Leukæmi (CLL) – samt katarakter.
2. Det er en forudsætning, at der foreligger lægeligt attesterede diagnoser med patologisk-histologisk undersøgelsesresultat.
3. Latenstiderne, dvs. tiden mellem ekspositionens påbegyndelse og tumorens manifestation, skal for solide tumorer være mindst 5 år, for leukæmi og knoglesarkomer 2 år.

Fase 1:

Personer, som i løbet af denne fase har arbejdet på SGR-103, og for hvem betingelserne 1-3 er opfyldt, bør anerkendes. Kommissionen baserer denne anbefaling på, at de i 1975 beregnede dosishastigheder på arbejdsstedet nåede et niveau, ved hvilket der ved korte opholdstider i strålefeltet blev beregnet doser, som eksempelvis overskrider grænserne, som er fastlagt i cirkulæret fra det tyske arbejdsministerium af 13.05.2002²⁰. Kommissionen er endvidere blevet overbevist om, at den stråling, der udgår fra komponenten med det dominerende dosisbidrag, en clipperdiode, fremviser en energifordeling og en indtrængningsdybde i menneskeligt væv, som tillader en beskadigelse af selv dybere liggende enkeltorganer.

Personer, som har arbejdet på andre radaranlæg, bør anerkendes, hvis de udover de 3 oven for anførte principielle betingelser til sygdomsbillederne også opfylder følgende kriteriekatalog:

- a) Som kvalificerende betragtes arbejde som tekniker/mekaniker eller operatør på radaranlæg.
- b) På grundlag af uønskede røntgenstrålings energiafhængige indtrængningsdybde i menneskeligt væv kommer, afhængigt af den maksimale driftsspænding, kun bestemte tumorlokalisationer i betragtning. For de i følgende tabel anførte organer er dette markeret med et "X":

20 Holdepunkter for det lægelige ekspertarbejde i den sociale erstatningsret i forbindelse med vurdering af ondartede svulster efter påvirkning fra ioniserende stråling fra militære radaranlæg.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Tabel 9-1: For de organer, der er anført i tabellen, kommer, afhængigt af den maksimale driftsspænding kun de med "X" markerede lokalisationer/organer i betragtning som værende forårsaget som følge af eksposition for komponenter, der udsender uønsket røntgenstråling.

Lokalisation	Maksimal driftsspænding				
	≤ 10 kV	10-15kV	15-20 kV	20-30 kV	> 30 kV
Øjets linse	X	X	X	X	X
Blære	O	X	X	X	X
Tyktarm	O	O	X	X	X
Hud	X	X	X	X	X
Knogleoverflade	X	X	X	X	X
Lever	O	O	X	X	X
Lunge	O	O	X	X	X
Mave	O	X	X	X	X
Skjoldbruskkirtel	X	X	X	X	X
Spiserør	O	O	O	O	X
Testikler	X	X	X	X	X
Thymus	O	X	X	X	X

Tabellen er opstillet på grundlag af oplysningerne i ICRU 57. Det er maksimalenergien for mono-energetisk fotonstråling, korresponderende til den maksimale driftsspænding, der konservativt er lagt til grund. Som skillekriterium er der brugt følgende definition: i de tilfælde, hvor dosen for tumorvævet andrager <10% af dosen for knogleoverfladen, er der indsat et "O". Det skal bemærkes, at der i tabellen kun er medtaget de organer, for hvilke der foreligger numeriske værdier i henhold til ICRU 57. For alle andre organer er det nødvendigt med et studie af det enkelte tilfælde.

Alle de komponenter, der udsender uønsket stråling, som den pågældende erstatningssøger har arbejdet ved, skal medtages.

- c) En anerkendelse kan udelukkes, såfremt "Bundeswehr" dokumenterer, at der på det relevante tidspunkt kun var tale om en eksposition af dele af kroppen, som ikke vedrørte det syge organ.
- d) For beskæftigelsestidspunkter, hvor der ikke eksisterer målinger af dosishastigheden på arbejdsstedet, kan der finde en erstatningsdosisbestemmelse sted, sådan som kommissionen anbefaler det for fase 2, hvis (a) der for de komponenter, der udsender uønsket stråling, som der her er tale om, er dokumenteret et tilstrækkeligt stort antal måleværdier (mere end 20, jf. kapitel 3) fra senere tid, og (b) "Bundeswehr" dokumenterer, at de for dosen relevante parametre (afskærmninger, konstruktiv detailudførelse af rørene osv.) på de relevante beskæftigelsestidspunkter ikke har ændret sig i forhold til betingelserne under målingerne. En sådan dokumentation skal ligeledes tilvejebringes ud fra det aktuelle tidspunkt.
- e) En anerkendelse kan udelukkes, hvis "Bundeswehr" kan dokumentere, at arbejde på det åbne anlæg ved tilsluttet højspænding i nærheden af den uafskærmede komponent, der udsender uønsket stråling, af konstruktionsmæssige årsager ikke var muligt og at dosishastigheden ved det afskærmede anlæg ikke kunne overskride en værdi på 5 µSv/H. Således findes der for eksempel udstyr hos "Nationale Volksarmee", hvor de relevante komponenter, der udsender uønsket stråling, var godt afskærmet, og hvor der ekstremt sjældent blev arbejdet på det åbne anlæg.

Fase 2:

Såfremt de ovennævnte betingelser 1-3 er opfyldt, er fremgangsmåden følgende:

Såfremt der fra denne fase er dokumenteret tilstrækkeligt med målinger af dosishastigheden for en komponent med uønsket stråling til, at man med tilstrækkelig statistisk sikkerhed kan registrere de forekomne dosishastigheders variabilitet (mere end 20 måleværdier, jf. kapitel 3), bør der for tidsrummet for fase 2 gennemføres en beregning af erstatningsdosen under hensyntagen til de i kapitel 4 anførte forbedringsforslag fra kommissionen.

Såfremt der foreligger for få eller ingen målinger for en komponent med uønsket stråling til, at man med tilstrækkelig statistisk sikkerhed kan gengive variabiliteten af de forekomne dosishastigheder, bør man, analogt til fase 1, gå frem på basis af det der anførte kriteriekatalog.

Fase 3:

For arbejder under fase 3 ser kommissionen ingen holdepunkter for, at der i den forbindelse har foreligget ekspositioner som følge af røntgenkomponenter, der udsender uønsket stråling, som er relevante for anerkendelsessagen.

Dette skal dokumenteres over for de erstatningssøgende personer ved hjælp af dokumentation for de trufne foranstaltninger og deres effektivitet, som f.eks. brugen af halvledere i stedet for rør eller ekstra afskærmninger. Såfremt en relevant eksposition ikke kan udelukkes, bør der gennemføres en vurdering af erstatningsdosen under hensyntagen til de i kapitel 4 anførte forbedringsforslag.

Det er over for kommissionen i høringerne vedrørende de forskellige våbensystemer blevet forklaret, at efter den principielle indførelse af forbedrede komponenter, som f.eks. af keramiksenderør, er de udskiftede komponenter delvist blevet genbrugt som reservedele i en årrække. Det anbefales derfor at ansætte begyndelsen af fase 3 som det tidspunkt, hvor en brug af de udskiftede komponenter kan udelukkes.

9.3.2 Radioaktive stoffer og ^{226}Ra -holdig selvlysende maling

Med hensyn til problematikken omkring selvlysende maling anbefaler kommissionen følgende fremgangsmåde:

1. Knoglekræft (sarkomer udgående fra knogler og omgivende bindevæv) betragtes som specifik kvalificerende sygdom som følge af indtagelse ved afkradsning og/eller påføring af radiumholdig selvlysende maling.
2. I det enkelte tilfælde skal det ved hjælp af arbejdspladsanamnese kontrolleres, om den pågældende person før 1980 har været eksponeret for denne selvlysende maling som følge af afkradsning, afslibning eller genpåføring. Ved forekomst af lungekræft skal det i den forbindelse også kontrolleres, om den radiumholdige selvlysende maling forelå i en form, der kan indgå i lungerne. Såfremt anamnesen viser, at pågældende arbejdsaktiviteter blev gennemført i tidsrummet før 1980 uden relevante beskyttelsesforanstaltninger, bør den indtagne aktivitet beregnes i en helkropstæller.
3. For stofskifteparametre, der skal lægges til grund, skal der, såfremt sådanne findes, bruges individuelle værdier. I givet fald skal der lægges konservative antagelser til grund.
4. Ud fra de med disse antagelser tilførte aktiviteter (dokumentationsgrænsen benyttes som undergrænse) skal de tilhørende doser udledes.
5. For bestemmelsen af den eksterne eksposition skal de i de pågældende delrapporter dokumenterede aktiviteter og dosishastigheder lægges til grund for de radaranlæg med radiumholdig selvlysende maling, som AG RADAR har registreret. Beregningen af erstatningsdosen bør gennemføres under hensyntagen til de i kapitel 4 beskrevne forbedringsforslag. Der skal bruges samme fremgangsmåde ved de arbejdspladser efter 1980, for hvilke "Bundeswehr" ikke kan dokumentere, at udskiftningen af radiumholdig selvlysende maling var afsluttet.
6. For radaranlæg, for hvilke brugen af radiumholdige selvlysende maling ikke kan dokumenteres men heller ikke kan udelukkes fra "Bundeswehrs" side ved hjælp af egnet dokumentation, skal der for erstatningsdosisberegningen gås ud fra ekspositionen fra en urskive indeholdende selvlysende maling. I den forbindelse kan den i delrapporten fra AG RADAR vedrørende AN/CPN-4 dokumenterede dosishastighed anvendes.

7. For radaranlæg, for hvilke eksistensen af kontakter med ikke berøringssikkert afdækket ²²⁶Ra-holdig selvlysende maling ikke kan dokumenteres men dog ikke kan udelukkes fra "Bundeswehrs" side med dokumentation, skal der gås ud fra et indtag som følge af slid ved berøringen af kontakterne i samme omfang som den, der er beskrevet i AG RADAR's delrapport vedrørende våbensystemet HAWK.

9.3.3 Højfrekvensstråling

For håndteringen af ansøgninger fra personer, som gør en skade som følge af overekspositioner i højfrekvensfelter gældende, anbefaler kommissionen følgende fremgangsmåde:

- Som kvalificerende sygdom er det kun katarakter, der kommer i betragtning.
- Som kvalificerende arbejde betragtes arbejder som radarmekaniker og –operatør. Forekomsten af overekspositioner for andre erhvervsgrupper skal i givet fald afklares i det enkelte tilfælde.

Såfremt der foreligger forekomst af en katarakt, bør sygdommen anerkendes, såfremt følgende kriterier er opfyldt:

- Ved dokumentation af et kvalificerende arbejde i tidsrummet før indførelsen af sikkerhedsforskrifterne og –foranstaltningerne bør ansøgningerne uden undtagelse anerkendes.
- Ved dokumentation af et kvalificerende arbejde efter indførelsen af sikkerhedsforskrifter og –foranstaltninger bør der udbetales erstatning, såfremt arbejdet i et væsentligt omfang omfattede tjenestetider på tjenestesteder og på våbensystemer, som i henhold til kommissionens undersøgelser var forbundet med en ikke uvæsentlig risiko for overekspositioner.

Der bør ses bort fra en anerkendelse, hvis den kompetente myndighed kommer til den slutning, at der (a) enten fysisk ikke skulle forventes overekspositioner og dette kan bevises med egnede målinger eller beregninger, eller (b), såfremt overekspositioner fysisk ikke kan udelukkes, at de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger (afspærringer, mærkninger, instrukser) var truffet på arbejdspladsen og det kan dokumenteres, at de er ført ud i livet. Dette skal dokumenteres i forbindelse med skrivelsen, hvori afvisningen meddeles.

9.4 VURDERING AF FREMGANGSMÅDEN I ANERKENDELSESSAGERNE OG ÆNDRINGSFORSLAG

9.4.1 Hidtidig fremgangsmåde

- a) Med hensyn til analysen af den nuværende fremgangsmåde i forbindelse med beregningen af erstatningsdoserne har der vist sig at være en række metodiske mangler samt afvigelser i fremgangsmåderne hos forskellige administrative enheder inden for militæret. Radarkommissionen finder endvidere, at de berørte personer er blevet inddraget utilstrækkeligt i sagerne. Dette gælder især i betragtning af problemerne med at rekonstruere arbejdspladsforholdene i de tidlige år.
- b) Man skal være opmærksom på, at der ved den såkaldte "Kann-Versorgung" (tilkendelse af en social ydelse med arbejdsministeriets samtykke) kan meddeles en anerkendelse ved stråleekspositioner, som ligger i en størrelsesorden, som svarer til intervallet for livstidsdosen som følge af den naturlige strålingseksposition over levetiden.
- c) Den nuværende fremgangsmåde indeholder udelukkelse af bestemte sygdomme over en kam (eksempelvis testikeltumorer) uden entydigt videnskabeligt grundlag.
- d) P.t. behandles de erstatningssøgende forskelligt afhængigt af (beskæftigelses-)status.

9.4.2 Forslag til en regulering af sagerne

- Kommissionen kan ikke finde nogen faglig grund, som gør forskellige vurderinger i sagerne plausible på grundlag af de erstatningssøgendes tjenesteretlige stilling.
- De erstatningssøgende bør ved forekomst af de tre i begyndelsen af afsnit 9.3.1 specificerede betingelser høres ved rekonstruktionen af arbejdspladsforholdene og før meddelelsen af den endelige afgørelse.
- Der bør indføres en effektiv kvalitetssikring, i særdeleshed i forbindelse med beregningen af erstatningsdosen under hensyntagen til de metodiske forslag.
- Yderligere videnskabelige undersøgelser inden for individuel ekspositionsrekonstruktion for fase 1 betragter kommissionen ikke som lovende. Af den grund fraråder kommissionen at foretage sådanne undersøgelser.

Ved forekomst af belastende erstatningsdosisværdier skal der foretages en vurdering af årsags-sandsynligheden (PC). Organdoserne skal bestemmes under hensyntagen til strålekvaliteten, i hvilken forbindelse der skal tages hensyn til vurderingen af fotondosen. Årsagssandsynligheden skal beregnes på grundlag af epidemiologiske risikodata. Det kan ud fra videnskabelige overvejelser ikke afgøres hvilken procedure, der skal anvendes ved anerkendelsen, for dette er sluttelig en politisk afgørelse.

LITTERATURFORTEGNELSE

AG Krebsregister 2003

Arbeitsgemeinschaft Bevölkerungsbezogener Krebsregister in Deutschland (Hg.) Krebs in Deutschland, Häufigkeiten und Trends
Eigenverlag, Saarbrücken 2002.

AG Radar 2001

Arbeitsgruppe Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar
Radargeräte des Waffensystems HAWK - Teilbericht. Munster 2001

AG Radar 2002 a

Arbeitsgruppe Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar
Übersichtstabelle über Störstrahler in Radaranlagen der "Bundeswehr" und der "Nationalen Volksarmee, Excel-Tabelle, Stand 14.11.2002

AG Radar 2002 b

Arbeitsgruppe Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar
Radargeräte der SGR-Familie -Teilbericht, Munster 2002

AG Radar 2002 c

Arbeitsgruppe Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar
Radaranlage NASARR (Starfighter F-104G) - Teilbericht, Munster 2002

AG Radar 2002 d

Arbeitsgruppe Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar
Waffensystem NIKE - Teilbericht, Munster 2002

AG Radar 2002 e

Arbeitsgruppe Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse Radar
Bericht, Munster 2002

Ahlbom et al. 200,1

A. Ahlbom, E. Cardis, A. Green, M. Linet, D. Savitz, A. Swerdlow (ICNIRP) Review of the Epidemiologic Literature on EMF and Health
EDNviron Health Perspect 109 (suppl 6), 911-933, 2001

Angelillo et al. 1999

I.F. Angelillo, P. Villari
Residential Exposure to Electromagnetic Fields and Childhood Leukemia: A Meta-Analysis Bull WHO 77, 906-915, 1999

Anger 1988

K. Anger
Untersuchung zur Strahlenschutzsituation beim Einsatz von Röntgenstörstrahlern
Report des Staatlichen Amtes für Atomsicherheit und Strahlenschutz der DDR, SAAS-359, 1988

Appleton et al. 1975

B. Appleton, S. Hirsch, R.O. Kinion, M. Sles, G.C. McCrossan,
R.M. Neidlinger Microwave Lens Effects in Humans
Arch Ophthalmol, Vol 93, 1975

Rapport fra den tyske Radarkommission

Armstrong et al. 1994

B. Armstrong, G. Theriault, P. Guenel, J. Deadman, M. Goldberg, P. Heroux
Association Between exposure to Pulsed Electromagnetic Fields and Cancer in Electric Utility Workers in Quebec, Canada, and France
Am J Epidemiol 140: 805-820, 1994

Aurell et al. 1973

E. Aurell, B. Tengöth
Lenticular and Retinal Changes Secondary to Microwave Exposure
Acta Ophthalmologica Vol. 51, 1973

BEIR IV 1988

Health Effects of Exposure to Radon
National Academy Press, Washington, 1988

BEIR V 1990

Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation
National Academy Press, Washington, 1990

Berthold 1977

Gebrauchsanweisung, Strahlenschutzdosimeter TOL/E
BF-Vertriebs-GmbH für Messtechnik:

Beyea et al. 1999

S. Beyea, Greenland
Health Physics 76, 269-274, 1999

BGFE 2001

Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik
Präventionsabteilung, Fachbereich Strahlenschutz, Köln Messbericht Nr. 0901, S. 1-9, 06.11.2001

BGV 2001

Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik und Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
Unfallverhütungsvorschrift BGV B 11 Elektromagnetische Felder, Juni 2001

BW 1977

Bundesmarine
Protokoll über die Aussprache mit Beschäftigten des Marinearsenals/Arsenalbetrieb Wilhelmshaven in Sachen Strahlenschutz am 27.09.1977

BW 1965

Hinweise für die Ausbildung Nr. 359 des Inspizienten Flugabwehr vom 29. Nov. 1965

BW 1981

Strahlenmessstelle Nord der Bundeswehr
Einfluss von HF-Strahlung auf Kernstrahlungsmessgeräte Bericht vom 01.01.1981

BMVg 1958

ZDv 44/20

Bestimmungen für die Verhütung von Unfällen bei Arbeiten an Radargeräten des BMVg vom 11.09.1958
Bestemmelser om forebyggelse af ulykkestilfælde i forbindelse med arbejde ved radaranlæg.

Rapport fra den tyske Radarkommission

BMVg 1988

Bestimmungen der "Bundeswehr" zum Schutz von Personen vor schädigenden Wirkungen elektromagnetischer Felder

Bestemmelser i „Bundeswehr“ til beskyttelse af personer mod de skadelige virkning af elektromagnetiske felter.

VMBI 1988 Nr. 5, S. 58-60, 1988

BMVg 2002 a

Auswahl von Messberichten (in elektronischer Form).

Dateien: Messberichte HAWK_PAR.xls, Messberichte NIKE.xls, Messberichte SGR103.xls, Messberichte NASAR.doc, file 9710.xls, file_26091.xls

BMVg 2002 b

Email BMVg (PSZ SdB Radar) an die Geschäftsstelle der Radarkommission vom 11.11.2002

Boice et al. 1988

I. D. Boice, O. Engholm, R. A. Kleinerman, M. Blettner, M. Stovall, H. Lisco, W. C. Moloney, D. F. Ausrin, A. Bosch, D. L. Cookfair

Radiation Dose and Second Cancer Risk in Patients Treated for Cancer of the Cervix. Radiation Research 116, S. 3-55, 1988

Boice et al. 1996

J. D. Boice, C. E. Land, D. L. Preston

Ionizing Radiation, in 'Cancer Epidemiology and Prevention' (Eds D. Schottenfield and J. F. J. Fraumeni.) pp. 319-354. Oxford University Press, New York, 1996

Boyle et al. 1993

P. Boyle, DG. Zaridze

Risk Factors for Prostate and Testicular Cancer

Eur J Cancer 7: 1048-1055, 1993

BWB 1976

Bundesamt für Wehrtechnik og Beschaffung

Kurzprotokoll über die Besprechung der ad-hoc-Gruppe (Technik) vom 5.8.76 beim MUKdo in Wilhelmshaven

Cardis et al. 1995

E. Cardis et al.

Effects of Low Doses and Low Dose Rates of External Ionizing Radiation: Cancer Mortality among Nuclear Industry Workers in Three Countries.

Radiation Research (142) : 117-132, 1995

CFR 2002a

Code of Federal Regulations. 40 CFR Part 83: Procedures for Designating Classes of Employees and Members of the Special Exposure Cohort Under the Employees Occupational Illness Compensation Program Act of 2000; Proposed Rule. Federal Register Vol. 67 No 122 pp. 42962-42973, June 25, 2002

CFR 2002b

Code of Federal Regulations. 40 CFR Parts 81 and 82: Guidelines for Determining the Probability of Causation and Methods for Radiation Dose Reconstruction Under the Employees Occupational Illness Compensation Program Act of 2000; Final Rules. Federal Register Vol. 67 No 85 pp, 22296-22336, May 2, 2002

Coapland et al. 1999

C. A. C. Coupland, C. E. D. Chilvers, G. Davey, M. C. Pike, R. T. D. Oliver, D. Forman On Behalf of the United Kingdom Testicular Cancer Study Group Risk Factors for Testicular Germ Cell Tumours by Histological Tumour Type Br J Cancer 80(11):1859-1863,1999

Crow 1988

E. L. Crow, K. Shimizu (Udgiver.)

Lognormal Distributions

Marcel Dekker, Inc., New York, 1988

CRPPH 2001

Compensation Regimes Applicable to Radiation Workers in OECD/NEA Countries

59th CRPPH Meeting, Paris, 5-7 March 2001

Darby et al. 1987

S. C. Darby, R. Doll, S. K. Gill, P. G Smith

Long-term Mortality After a Single Treatment Course with X-rays in Patients Treated for Ankylosing Spondylitis

Br J Cancer 55, 179-190, 1987

DIN 1992

Deutsches Institut für Normung e. V,

DIN 6818-1: 1992-04 Strahlenschutzdosimeter - Teil 1: Allgemeine Regeln

Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

Djordjevic et al. 1983

Z. Djordjevic, A. Kolak, V., Djokovic, P. Ristic, Z, Kelecevic

Results of our 15-year Study into the Biological Effects of Microwave Exposure Aviation, Space and Environmental Medicine, 1983

E-DIN 1991

E-DIN VDE 0848 Sicherheit in elektromagnetischen Feldern

Teil 2 Schutz von Personen im Frequenzbereich 30 kHz bis 300 GHz Entwurf Oktober 1991

Eisenbud 1987

M. Eisenbud

Environmental Radioactivity

Academic Press, San Diego, USA, 1987

Eltro 1976

Firma Eltro

Röntgen-Störstrahlungsmessungen im Bereich der Bundesmarine Messprotokolle: Fregatte "Köln", Fregatte "Emden", Tender "Werra" etc., 1976

Erren 2001

T.C. Erren

A Meta-Analysis of Epidemiologic Studies of Electromagnetic Fields and Breast Cancer in Women and Men

Bioelectromagnetics, Suppl. 5: S 105-119, 2001

Faboy-Menciere et al. 2002

B. Faboy-Menciere, F. Deschamps

Relations Entre Activités Professionnelles et Cancer du Testicule

Ann Med Interne 153(2):89-96, 2002

FAG 1986

Betriebsanleitung zum FAG Radiometer FH 40 F1-F4

FAG Kugelfischer Georg Schäfer KGaA, Erzeugnisbereich Strahlenmesstechnik, System Frieske & Hoepfner, S. 1 - 60, 1986

Feychting et al. 1997

M. Feychting, U. Forssen, B. Floderus

Occupational and Residential Magnetic Field Exposure and Leukemia and Central Nervous System Tumors
Epidemiology 8: 384-389, 1997

Finkelstein 1998

M.M. Finkelstein

Cancer Incidence Among Ontario Police Officers Am J Ind Med 34, 157-162, 1998

Floderus et al. 1996

B. Floderus, T. Persson, C. Stenlund

Magnetic-field Exposure in the Workplace: Reference Distribution and Exposures in Occupational Groups
Int J Occup Environ Health 2: 226-238, 1996

Gezondheidsraad 1997

Radiofrequency Electromagnetic Fields (300 Hz-300 GHz)

Gezondheidsraad Rijswijk Nederlande, 1997

Gezondheidsraad 2002

Radiofrequency Electromagnetic Fields (300 Hz - 300 GHz)

Gezondheidsraad Rijswijk Nederlande, 2002

Grayson 1996

J. K. Grayson

Radiation Exposure, Socioeconomic Status, and Brain Tumor Risk in the US Air Force: A nested Case-Control Study

Am J Epidemiol 143: 480-486, 1996

Groves et al. 2002

F.D. Groves, W.F. Page, G. Gridley et al.

Cancer in Korean Navy Technicians: Mortality Survey after 40 Years

Am J Epidemiol 155: 810-813, 2002

Hakansson et al. 2002

N. Hakansson, B. Floderus, P. Gustavsson, C. Johansen, J.H. Olsen

Cancer Incidence and Magnetic Field Exposure in Industries Using Resistance Welding in Sweden

Occup Environ Med 59: 481-486, 2002

Hardell et al. 1995

L. Hardell, B. Holmberg, H. Malmer, L. E. Paulsson

Exposure to Extremely low Frequency Electromagnetic Fields and the Risk of Malignant Diseases - an Evaluation of Epidemiologic and Experimental Findings

Eur J Cancer Prevent 4 (Suppl. 1): 3-107, 1995

Hardell et al. 1998

L. Hardell, A. Näsman, C. G. Ohlson, M. Frederikson

Case-Control Study on Risk Factors for Testicular Cancers

Int J Oncol 13: 1299-1303, 1998

Rapport fra den tyske Radarkommission

Hardell et al. 2001

L. Hardell, Mild K. Hansson, A. Pahlson, A. Hallquist
Ionizing Radiation, Cellular Telephones and the Risk for Brain Tumours
Eur J Cancer Prev 10: 523-529, 2001

Hardell et al. 2003

L. Hardell, Mild K. Hansson, M. Sandstrom, M. Carlberg, A. Hallquist, A. Pahlson
Vestibular Schwannoma, Tinnitus and Cellular Telephones
Neuroepidemiology 22: 1.24-129, 2003

Hayes et al. 1990

R. B. Hayes, L. M. Brown, L. M. Pottern, M. Gomez, J. W. Kardaun, R. N. Hoover, K. J. O'Connell, R. E. Sutzman, N. Javadpour
Occupation and Risk for Testicular Cancer; a Case-Contirol.Study
Inn J Epidemiol 19(4):825-31, 1990

Hill 1965

A.H. Hill
The Environment and Disease: Association or Causation?
Proc. Roy. Soc. Med. 58, 295-300, 1965

Hjollund et al. 1997

N. H. 1. Hjollund, J. P. E. Bonde, 3. Skotte
Semen Analysis of Personal Operacing Radar Equipment
Reproductive Toxicology Vol. 11, 1997

Hoffmann er ni. 2002

F. O. Hoffman, 1. Apostoaei, B. Thomas, D. Kocher, C. Land, E. Gilbert
The Role of Uncertainty Analysis in IREP
Presentation to the NIOSH Advisorv Board an Worker Compensation
Denver, CO, SENES Oak Ridge, TN, July 2, 2002

Issel et al. 1981

1. Issel, P. Emmerlich
Linsentrübung infolge Mikrowelleneinvirkning
Dt. Gesundh. Wesen 36 Heft 1.8, 1981

IARC 2000

IARC Manographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 75
Ionizing Radiation X-Radiation, Gamma-Radiation, Neutrons, 2000

IARC 2001

IARC Monographs an the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 80
Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields
IARC Press, Lyon, 2001.

ICNIRP 1988

International Commission an Nonionizing Radiation Protection
Guidelines an Limits of Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 100 kHz to 300 GHz.
Health Physics 54 (1): 115-123, 1988

ICNIRP 1998

International Commission an Nonionizing Radiation Protection
Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields

Health Physics 74 (4): 494-522, 1998

ICRP 1994

ICRP Publication 67: Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides, Part 2
Ingestion Dose Coefficients
Pergamon Press, Oxford, 1994

Inskip et al. 2001

P. D. Inskip, R. E. Tarone, E. E. Hatch, T. C. Wilcosky, W. R. Shapiro, R. G. Selker, H. A. Fine, P. M. Black, J. S. Loeffler, M. S. Linet
Cellular Telephone Use and Brain Tumors
N Eng J Med 344: 79-86, 2001

Ikingier et al. 1978

U. Ikingier et al.
Beidseitige Testikelatrophié nach Radarunfall
Aktuelle Urologie 9. 221-224, © Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1978

Juutilainen et al. 199

J. Juutilainen, S. Lang
Genotoxic, Cardiogenic and Tetratogenic Effects of Electromagnetic Fields. Introduction and Overview
Mutation Research 387, 1997

KFA 1977

Kernforschungsanlage Jülich (Inkorporationsmessstelle)
Schreiben an das Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung vom 5.5.1977

Kheifets et al. 1995

L. I. Kheifets, A. A. Afifi, P. A. Buffler, Z.W. Zhang
Occupational Electric and Electromagnetic Field Exposure and Brain Cancer: a MetaAnalysis
J Occup Env ron Med 37: 1327-1341, 1995

Kheifets et al. 1997

L. I. Kheifets, S. J. Lordin, J. M. Peters
Leukemia Risk and Occupational Electric Field Exposure in Los Angeles County, California
Am J Epidemiol 146: 87-90, 1997

L. I. Kheifets, A. A. Afifi, P. A. Buffler, Z. W. Zhang, C.W. Matkin

Occupational Electric and Magnetic Field Exposure and Leukemia: a Meta-Analysis
J Occup Environ Med 39: 1074-1091, 1997

Kheifets et al. 1999

L. I. Kheifets, E. S. Gilbert, S. S. Sussman, P. Guenel, J. D. Sahl, D. A. Savitz, G. Theriault
Comparative analysis of the Studies of Magnetic Fields and Cancer in Electric Utility Workers,
Studies from France, Canada, and the United States
J Occup Environ Med 56: 567-574, 1999

Kodoma et al. 1998

M. Kodoma, T. Kodoma
Comparative Epidemiology of Cancers of the Testis, Lung, Bladder and Stomach with Special Reference to
the Possible Implication of Environmental Hormones in the Recent Risk Changes of the 4 Neoplasia Types
Int J Molecular Med 2:705-714, 1998

Rapport fra den tyske Radarkommission

Kocher et al. 2002

D. Kocher, I. Apostoaei, F. O. Hoffman

Radiation Effectiveness Factors (REFs) for Use in Calculating Probability of Causation of Radiogenic Cancers

SENES Oak Ridge, Center for Risk Analysis, June 17, 2002

Kues 1985

H.A. Kues, L.W. Hirst, G.A. Luty, S.A. D'Anna, G.R. Dunkelberger

Effects of 2,45-GHz Microwaves on Primate Corneal Endothelium

Bioelectromagnetics 6 (2):177-183, 1985

Lagorio et al. 1997

S. Lagorio, S. Rossi, P. Vecchia, M. De Santis, L. Basdanini, M. Fusilli, A. Ferucci, E. Desideri, P. Comba

Mortality of Plastic-Ware Workers Exposed to Radio Frequencies

Bioelectromagnetics 18, 418-421, 1997

Land et al. 2002

C. Land, F. Gilbert, J. Smith

Report of the NCI-CDC Working Group to Revise the 1985 Radioepidemiological Risk Tables (DRAFT)

National Cancer Institute, Centers for Disease Control, 2002

Download under: <http://wwwv.cdc.gov/niosh/ocas/ocasirep.htm#review2>

Lange et al, 1991

D. G. Lange, J. Sedmak

Japanese Encephalitis Virus(JEV): Potentiation of Lethality in Mice by Microwave Radiation

Bioelectromagnetics Vol. 12 No. 6, 1991

Lanfgranján 1975

I. Langranjan, M. Maicanescu, B. Rafaila, I. Klepsch, H.I. Popescu

Gonadic Function in Workmen with Long-Term Exposure to Microwaves

Health Phys. 29: 381-383, 1975

Lehman 1970

R. L. Lehman

X-Ray Measurements Near High-Power Klystrons

Science 169: 52-54, 1970

Lilliefors 1967

H. W. Lilliefors

On the Kolmogorov Smirnov Test for Normality with Mean and Variance Unknown

Journal of the American Statistical Association 62, 399-402, 1967

Lin 2000

J. C. Lin

Mechanisms of Electromagnetic Fields Coupling into Biological Systems at ELF and RF Frequencies

Advances in Electromagnetic Fields in Living Systems

Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2000

Maguire 2002

N. Maguire

Steps in the Identification and Assessment of the Risks Associated with Hazardous Radiation Emitted By Primary Radar Systems in Germany

Discussion Document, 2002

McGlynn 2001

K. A. McGlynn

Environmental and Host Factors in Testicular Germ Cell Tumors

Cancer Investigations 19(8):842-853, 2001

Merritt et al. 1978

J. H. Merritt, A. F. Chamness, S. J. Allen

Studies on Blood-Brain Barrier Permeability after Microwave-Radiation

Rad, And Environ. Biophys vo. 15, 1978

Milham 1988

S. Milham

Increased Mortality in Amateur Radio Operators due to Lymphatic and Hematopoietic Malignancies

Am J Epidemiol 127: 50-54, 1988

Minder et al. 2001

C. E. Minder, D. H. Pfluger

Leukemia, Brain Tumors, and Exposure to Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields in Swiss Railway Employees.

Am J Epidemiol 153: 825-835, 2001

MNV 1989

Minister für "Nationale Verteidigung der DDR

Ordnung Nr. 010/9/024 zum Schutz von elektromagnetischen Feldern, 1989

Morgan et al. 2000

R. W. Morgan, M. A. Kelsh, K. Zhao, K. A. Exuzides, S. Heringer, W. Negrete

Radio Frequency Exposure and Mortality from Cancer of the Brain and Lymphatic/Hematopoietic Systems

Epidemiology 11: 118-127, 2000

Muhm 1992

J. Muhm

Mortality Investigation of Workers in an Electromagnetic Pulse Test Program

J Occup Med 34: 287-292, 1992

MUKdo 1977

Marineunterstützungskommando skrivelse til det tyske forsvarsministerium af 07.10.1977

MUKdo 1981

Marineunterstützungskommando

Instrukser og Informationer for drifts- og strålebeskyttelse i søværnet nr. 3, 1981

NAS 2000

National Academy of Sciences

A Review of the Draft Report of the NCI-CDC Working Group to Revise the 1985

Radioepidemiological Tables

National Academy Press, Washington, DC, 2000

Navas-Acien et al. 2002

A. Navas-Acien, M. Pollan, P. Gustavsson, B. Floderus, N. Plato, M. Dosemeci

Interactive Effect of Chemical Substances and Occupational Electromagnetic Field Exposure on the Risk of Gliomas and Meningiomas in Swedish Men

Cancer Epidemiol Biomarkers Prevent 11: 1678-1683, 2002

Rapport fra den tyske Radarkommission

NIOSH 2002

National Institute for Occupational Safety and Health

NIOSH-Interactive Radio Epidemiological Program (IREP) Technical Documentation,
Cincinnati, June 18, 2002

NVA 1976

Nationale Volksarmee" der DDR, DV 103/0/002

Ingenieurtechnische Sicherstellung der Funktechnischen Truppen der Luftstreitkräfte und Luftverteidigung,
1976

Otite et al. 2001

U. Otite, J. A. W, Webb, R. T. D. Oliver, D. F. Badenoch, V. H Nargund

Testicular Microlithiasis: is it a Benign Condition with Malignant Potential?

Eur Urol 40: 538-542, 2001

Pollan et al. 2001

M. Pollan, P. Gustavsson, B. Floderus

Breast Cancer, Occupation, and Exposure to Electromagnetic Fields Among Swedish Men

Am J Ind Med 39: 276-285, 2001

Potter 2002

C.A. Potter

Intake Retention Fractions Developed from Models Used in the Determination of Dose

Coefficients Developed for ICRP Publication 68, Particulate Inhalation

Health Physics 83(5): 594-789, 2002

PTB 1977

Physikalisch Technische Bundesanstalt

Bekanntmachung der Bauartzulassung des TOL/E

PTB-Mitteilungen Nr. 87, Heft 2/77, S. 142, 1977

PTB 1985

Physikalisch Technische Bundesanstalt

Bekanntmachung der Bauartzulassung des FAG FH 40 F1-F4

PTB-Mitteilungen Nr. 95, Heft 2/85, S. 141, 1985

Rad. Res. 2000

Radiation Research 154, side 717 ff, 2000

Robinette et al. • 1980

D. Robinette, C. Sidverman, S. Jablon

Effects upon Health of Occupational Exposure to Microwave Radiation (Radar)

Am J Epidemiol 112, 39-53, 1980

Shacklett 1975

D.E. Shacklett, T.J. Tredici, D.L. Epstein

Evaluation of Possible Microwave-Induced Lens Changes in the United States Air Force

Aviation, Space, and Environ. Med.: 1404-1406, 1975

Schneider et al. 1955

S. Schneider, B. Reich

X-Ray Emission from High-Voltage Hydrogen Thyratrons

Proceedings of [he TU, June 1955

Rapport fra den tyske Radarkommission

Schrader et al. 1998

S. M. Schrader, R. E. Langford, T. W. Turner, M. J. Breitenstein, J. C. Clark, B. L. Jenkins, D. O. Lundy, S. D. Simon, T. D. Weyandt
Reproductive Function in Relation to Duty Assignments Among Military Personnel
Reproductive Toxicology Vol 12, No. 4, 1998

Shimizu et al. 1990

Y. Shimizu, W. J. Schull, and H. Kato
Cancer Risk Among Atomic Bomb Survivors the RERF Life Span Study, Radiation Effects
Research Foundation
JAMA 264: 601-604, 1990

Siekierzynski et al. 1974

M. Siekierzynski, P. Czerski, A. Gidynski, S. Zydecki, C. Czarnecki, E. Dziuk, W. Jedrzejczak
Health Surveillance of Personnel Occupationally exposed to Microwaves
III Lens Translucency Aerospace Medicine 1974

Srivastava et al. 2000

Srivastava, N. Kreiger
Relation of Physical Activity to Risk of Testicular Cancer
Am J Epidemiol 151(1): 78-87; 2000

STANAG 1979

NATO Standardisation Agreement (STANAG) 2345
Evaluation and Control of Personnel Exposure to Radiofrequency Fields
Edition 1, 1979

Stang et al. 2001

A. Stang, G. Anastassiou, W. Ahrens, K. Broman, N. Bornfeld, K.-H. Jöckel
The Possible Role of Radiofrequency Radiation in the Development of Uveal Melanoma
Epidemiology Vol. 12; No. 1; 2001

Szmigielski 1996

S. Szmigielski
Cancer Mortality in Subjects Occupationally Exposed to High-Frequency
(Radio Frequency and Microwaves) Electromagnetic Radiation
Sci Total Environ 180, 9-17; 1996

Thompson et al. 1994

C. E. Thompson, K. Mabuchi, E. Ron, M. Soda, M. Tokunaga, S. Ochikubo, S. Sugimoto, T. Ikeda, M. Terasaki, S. Izumi and D. L. Preston
Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors, Part II: Solid Tumors, 1958-1987.
Radiation Research 137, S 17-5 67, 1994

TÜV 2002

TÜV Nord Röntgentechnik: Sachverständige Begutachtung der Messungen ionisierender
Röntgenstrahlung beim Betrieb des Radarsystems AN/CPN-4 erstellt im Auftrag der
Wehrbereichsverwaltung Nord am 10.01.2002

TÜV 2003

TÜV Nord Bereich Energie- und Systemtechnik; Berechnungen zur Dosisleistung um Thyatron-Röhren des
Typs JAN 5949 A
erstellt im Auftrag der Radarkommission am 20.05.2003

Rapport fra den tyske Radarkommission

Tynes et al. 1992

T. Tynes, A. Andersen, F. Langmark

Incidence of Cancer in Norwegian Workers Potentially Exposed to Electromagnetic Fields

Am J Epidemiol 136, 81-88, 1992

Tynes et al. 1996

T. Tynes, M. Hannevik, A. Andersen, A. I. Vistnes, T. Haldorsen

Incidence of Breast Cancer in Norwegian Female Radio and Telegraph Operators

Cancer Causes Control 7, 197-204, 1996

UNSCEAR 1994

UNSCEAR or United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Sources and Effects of Ionizing Radiation

E. 94. IX- 11. New York: United Nations 1994

UNSCEAR 2000

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000

Report to the General Assembly Sources and Effects of Ionizing Radiation.

United Nations, New York 2000, 2 Volumes

Verschaeve 1998

L. Versehaeve

Genetic, Cancerogenic and Teratogenic Effects of Radiofrequency Fields Mutation Research –

Reviews in Mutation Research 410, 2, 141-165, 1998

Walchuk 2002

M. Walchuk

Radiation Compensation Program

Health Physics News Vol. 30(11)1-12, Health Physics Society, McLean, VA 2002

Walchuk 2003

M. Walchuk

EEOICPA Energy Employees Compensation Program

Health Physics News Vol. 31(1)1-6, Health Physics Society, McLean, VA 2003

Weyandt et al. 1996

T. B. Weyands, S. M. Schrader, T. W. Turner, S. D. Simon

Semen Analysis of Military Personnel Associated with Military Duty Assignments

Reproductive Toxicology Vol. 10 No. 6, 1996

WHO 1993

World Health Organisation (WHO)

Environmental Health Criteria 137; Electromagnetic Fields (300 Hz -300 GHz)

World Health Organisation. Geneva Schweiz, 1993

WTW 197 5

Kurzbericht: Einfluss von HF-Strahlung auf Kernstrahlungsmessgeräte

WTW: E/T 44 A/50034/00000, Erprobungsstelle 81 d. BW. - Dezernat 212 - 3547 Greding, 09.12.1975

WWD 197-8

Skrivelse fra ”Wehrwissenschaftliche Dienststelle” (Forsvarsvidenskabelig myndighed) til ”Bundesamt für Wehrtechnik” (Forbundskontoret for forsvarsteknik) af 11.05.78

Rapport fra den tyske Radarkommission

Zaret 1975

M. Milton

Blindness, Deafness and Vestibular Dysfunktion in a Microwave Worker

The Eye, Ear, Nose and Throat Monthly 54: 291 -294, 1975

GLOSSAR

Alveoler	Mere nøjagtigt ”alveoli pulmonis”; tyndvæggede små blærer (0 ca. 0,2 mm) bl.a. på bronchiolus, hvori lufrørsforgreningerne ender. De er stedet for luftudskiftningen mellem vejtrækningsluft (alveolarluft) og blod (plasmalag) i det ydre åndedræts slutfase. Luftudskiftningen sker ved diffusion gennem de ekstremt tynde cytoplasmalameller.
AN/CPN 4	Flyradar fra 50erne og 60erne.
Angiosarkomer	Tumorer, som udgår fra blodkarrene.
Anisotrop strålingskarakteristik	Strålingen sker ikke ensartet i rummets forskellige retninger
ASR-P	Luftrumsovervågningsradar ved våbensystemet HAWK.
BAfU	„Bundesausführungsbehörde für Unfallversicherung“. Forbundsmyndighed for ulykkesforsikring.
Basalcellekarcinom	Speciel form for hudkræft; syn.: basaliom
Basaliom	Basalcellekræft.
Becquerel [Bq]	Enhed for radioaktivt henfald; 1 Bq = henfald pr. sekund. Den gamle enhed Curie [Ci] står i følgende forhold til SI-enheden Bq: 1 Ci = 3,7 10 ¹⁰ Bq
BGFE	Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik” (Ulykkesforsikrings anstalt for finmekanik og elektroteknik).
Binomialfordeling	Binomialfordelingen beskriver den sandsynlige udgang af en række forsøg, hvor det elementære enkeltforsøg kun har to mulige resultater (eksempel: plat eller krone). Ved en binomialfordeling foreligger der en basishelhed, ved hvis enheder der observeres et kendetegn, som kun har to (bi) kvalitative (nominale) former, som f.eks. sundhedsstatus „syg” eller „rask”.
BMA	„Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung“. Det tyske arbejdsministerium. (Oversætterkommentar: Det pågældende ministerium har skiftet navn til „Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung“).
BMVg	„Bundesministerium für Verteidigung“. Det tyske forsvarsministerium.
Bronchiolernes epitelceller	Epitel: celleglag, der beklæder kroppens indre og ydre overflader. Bronchioler: Bronchiernes finere forgreninger
Bundesanzeiger	Tysk pendant til danske statstidende. Udgives af justitsministeriet.
Bundeswehr	Forsvaret i Forbundsrepublikken Tyskland.
Cholangiokarcinomer	Karcinomer, som udgår fra galdegangene.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Kronisk lymfatisk leukæmi (KLL)	Leukæmi („Blodkræft“) er en ondartet sygdom. De forskellige former for leukæmi har det tilfælles, at der opstår en sygelig øgning af de hvide blodlegemer (leukocytter). Kronisk lymfatisk leukæmi er en kronisk form for leukæmi (i modsætning til akut leukæmi). Det er karakteristisk for sygdommen, at der er et stort antal degenererede lymfocytter - en bestemt type hvide blodlegemer. Ialt 30 % af alle leukæmi-sygdomme er kronisk lymfatisk leukæmi. Hører imidlertid som lymfocytært lymfom med lav malignitetsgrad til Non-Hodgkin-lymfomerne.
Colon/Kolon	Tyktarm.
CWAR	Ildlederradar i våbensystemet HAWK.
Diode	En diode er en elektronisk komponent, som kun lader strømme flyde i en retning. Den kan bruges til at ensrette vekselstrøm, men også til beskyttelse af følsomme indgange. En clipper-, charging- eller shuntdiode bruges til specielle formål.
EAR	Excess Absolute Risk (Øget absolut risiko). Beskriver den absolutte forskelle (=differens) i sygdoms(mortalitets)rater mellem eksponerede og ikke-eksponerede personer.
Elektronvolt (eV)	I partikelfysikken sædvanlig energienhed. En elektronvolt svarer til den kinetiske energi for et elektron, som er blevet accelereret med spændingen på 1 volt. $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{19} \text{ J}$. Selv eV er en meget lille energienhed. Således bruger man f.eks. ca. seks mia. elektronvolt til at løfte et milligram en millimeter. Men overføres et par eV til et enkelt atom, er det tilstrækkeligt til, at lave det til en ion, det vil sige at fratage det et elektron.
Endokrine kirtler	Organer, der sender et stof direkte i blodbanen, f.eks. hypofyse, skjoldbruskkirtel, binyre.
Epitelceller	Epitel: celleglag, der beklæder kroppens indre og ydre overflader.
ERR	Excess Relative Risk (Øget relativ risiko) = $RR - 1$: Øget risiko i forhold til basisrisikoen som følge af eksposition. Angives ofte som ERR pr. Gray, dvs. øget relativ risiko pr. 1 Gray eksposition, hvis der forudsættes en lineær dosis-virkningsrelation. (Så gælder: $RR(x) = 1 + \beta \cdot x \rightarrow ERR = \beta \cdot x$; $\beta = ERR \text{ pr. Sv}$).
Farynx	„Svælg“ eller „Hals“; Svælget, det slimhindebeklædte hulrum bag næse- og mundhule; fortsætter i spiserøret.
Filmdosimetri/ Fingerringsdosimetri	Filmdosimetrien registrerer strålebelastningen over et længere tidsrum, i reglen en måned på en film. Fingerringsdosimetret måler den optagne dosis på hånden.
GBI	„Gesetzblatt“. Lovtidende i DDR.
Genotokisk	Skadeligt for genet (arvemassen)
Gliom	Fællesbetegnelse for ægte, fra (neuro-)glia [støttesubstans i centralnervesystemet] udgående, forskelligt differentierede tumorer i hjernen (sjældnere i rygmarven eller i hjernenerven).
Gy / Gray	Måleenhed for den absorberede dosis. $1 \text{ Gy} = \text{Joule/kg}$
Hårceleleukæmi	Særlig form for kronisk leukæmi i de lymfatiske cellerækker

Rapport fra den tyske Radarkommission

HAWK	Flyveforsvarsvåbensystem inden for NATO
Hepatocellulære karcinomer	Karcinomer, som har deres oprindelse i leverceller
HIPAR	Søge- og ildlederradar i våbensystemet NIKE
HPIR	Målfølgeradar i våbensystemet HAWK
Hypofyse	Kirtel, der er forbundet med hjernen med en stilk
Hypothalamus	Område i bunden af hjernen, lige over hypofysen (del af mellemhjernen).
Inkorporation	Optagelse i kroppen: det kan ske ved spisning eller drikning (ingestion), indånding (inhalation) eller via åbne sår.
Incidens	Antal nydiagnosticerede sygdomme i et kollektiv eller en population i løbet af en bestemt periode.
IREP	Interactive Radio Epidemiological Program (IREP)
Job-Exposure-Matricer (JEM)	Job-Exposure-Matricer bruges hyppigt i erhvervsepidemiologiske studier. I den forbindelse indplaceres ekspositionsverdier under bestemte arbejdsaktiviteter eller erhverv for det meste afhængigt af kalenderår. Ekspositionsverdierne findes enten via ekspertvurderinger eller konkrete målinger. Således opstår en tabel eller matrix, som for hvert år tildeler hver arbejdsaktivitet en ekspositionsverdi. For hver person kan der således over det samlede observationstidsrum gennemføres en akkumuleret ekspositions vurdering.
Kancerogen/carcinogen	Kræftfremkaldende
Klystron	Klystroner er specielle elektronrør, som arbejder efter transittidsprincippet og med op til nogle 10 GHz. De arbejder enten som effektforstærkere i senderen på højeffektive radaranlæg i impulsdrift med spændinger op til 200 kilovolt (kV) og CW-drift med spændinger på op til 10 kV, eller bruges i modtagere som selvsvingende oscillatorer med meget små effekter
Knoglesarkom	Speciel og den mest udbredte type knoglekræft.
Komponenter, der udsender uønsket stråling	(Tysk: Störstrahler) Begreb fra den tyske røntgenforordning: Komponenter, hvor der accelereres elektroner og fremkaldes røntgenstråling, der ikke skal bruges. Komponenter, der udsender uønsket stråling, kan f.eks. være elektronrør med accelerationsspændinger på > 5 kV.
Konfidensinterval / -område	En OR (odds ratio) eller en anden effektestimator er en punktestimering, som er baseret på en stikprøve. Den sande værdi i den samlede population kan være helt igennem forskellig. Ved tilgrundlæggelse af en fordeling for det ukendte parameter kan der dog angives et konfidensområde, i hvilket den sande estimator ligger med en bestemt sandsynlighed. Et 95% konfidensområde betyder eksempelvis, at den sande effektestimator med 95% sandsynlighed ligger i dette område.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Larynx	Strubehoved
LET	Lineær energi transfer, middel-energimængde, som afgives pr. enhed partikelstrækning. En lav LET er karakteristisk for elektroner, røntgen - og gammastråling, en høj LET for protoner og alfastråling.
Leukæmi	Kræftsygdom i de hvide blodceller; inddeles yderligere, f.eks. akut lymfatisk leukæmi (ALL), akut myeloid leukæmi (AML), kronisk myeloid leukæmi (KML), kronisk lymfatisk leukæmi (KLL).
Log-Normal-Fordeling	(Logaritmisk Normalfordeling). En tilfældig variabel X hedder log-normalfordelt med parameter μ og σ , hvis dens logaritmerede værdi $\ln(X)$ følger en normalfordeling med parametrene μ og σ . I modsætning til symmetrisk normalfordeling er Log-Normal-Fordelingen højreskæv. Forventningsværdien ligger over medianen.
LOPAR	Søge- og ildlederradar i våbensystemet NIKE
LSS	Life Span Study (livstidsstudium). Langtids-kohortestudie blandt overlevende fra atombomberne, der blev kastet over Hiroshima og Nagasaki.
Lymfom	Svulst af lymfeknude
Magnetron	Magnetroner er – som klystroner – et elektronrør, som arbejder som selvinducerede impuls- eller CW-generatorer med frekvenser på op til mere end 30 GHz. I sendere på de fleste radaranlæg anvendes impulsmagnetroner med spændinger på op til 80 kV og CW-magnetroner med spændinger op til 10 kV. Specialformer for magnetronen (f.eks. amplitronen) bruges som forstærkere i specielle radaranlæg.
Malign	Ondartet; tendens hos en sygdomsproces til at udvikle sig og virke ødelæggende og føre til døden.
Mamma	Brystkirtel.
MDS	Myelodysplastisk syndrom.
Mastitis	Betændelse i brystkirtlen.
Melanom i huden	Særlig form for hudkræft, ligesom basaliomer og spinaliomer.
Monte-Carlo-beregninger	Matematisk simulationsmetode.
Morbus Bekhterew	Morbus Bekhterew er en kronisk, betændelsesreumatisk sygdom, som hovedsageligt rammer hvirvelsøjlen.
Morbus Hodgkin	Også kaldet Hodgkins lymfom, Hodgkins sygdom eller lymfogranulomatose. Det drejer sig, som ved non-Hodgkin-lymfomer (NHL), om en ondartet sygdom i det lymfatiske system og dermed altså om en ondartet lymfom.
Mortalitets-rate (MR)	En mortalitetsrate angiver normalt antallet af dødsfald pr. 100.000 indbyggere pr. defineret tidsenhed (for det meste et år).
MPR	Radar hos "Bundeswehr" til overvågning af luftrummet

Rapport fra den tyske Radarkommission

Multipelt myelom/ Plasmocytom	Plasmocytom (multipelt myelom) er en sygdom, hvor bestemte celler i blodet, plasmacellerne, uddarer sig til kræft.
Mutagen	Påvirkning, som øger mutationsfrekvensen
Myelodysplastisk syndrom	Ved myelodysplastisk syndrom har knoglemarvscellerne mistet evnen til at differentiere sig yderligere. Oprindelsen til defekten skal findes i den pluripotente stamcelle. Syndromet rammer kun en eller alle tre cellelinier. For det meste drejer det sig om en instabil defekt, der fører til et fald i differentieringsevnen, til stigning i cytopenierne og/eller overgang til akut myeloid leukæmi.
NASARR	Radar i Starfighter F-104G
NVA	”Nationale Volksarmee”. Forsvaret i det tidligere DDR.
Neoplasi	Svulst af kropsvæv (f.eks. regeneration, men også som forstadium til en ondartet tumor).
NHL	Non-Hodgkin-Lymfom.
NIKE	Luftværnssystem inden for NATO.
Non-Hodgkin-Lymfom (NHL)	Malign sygdom i det lymfatiske system, som i Tyskland rammer 8 ud af 100.000 mennesker. Hos ca. 30% af de syge konstaterer lægerne de maligne celler i blodet; de resterende tilfælde diagnosticeres ved hjælp af en mikroskopisk undersøgelse af de angrebne lymfeknuder. NHL inddeles ud fra forskellige immunologiske kriterier i flere undergrupper. I den forbindelse skelnes der principielt mellem lav-maligne og høj-maligne former, og der skelnes igen mellem B- og T-cellelymfomer. Til non-Hodgkin-Lymfomerne af den lav-maligne B-celletype hører eksempelvis hårcelleleukæmi. Vira og genetiske mutationer er ofte medvirkende ved opståen af non-Hodgkin-lymfomerne.
OER (observed/ expected ratio)	Se under SMR eller SIR.
OR	(engelsk: Odds Ratio, dansk: sandsynlighedsforhold). Odds Ratio skal fortolkes som den faktor, som sandsynligheden for at blive syg stiger, hvis man er eksponeret. En $OR > 1$ betyder, at risikoen for at blive syg stiger ved eksposition, en $OR < 1$ betyder, at sandsynligheden reduceres.
Øsofagus	Spiserør.
Osteoblaster	Osteoblaster er knogledannende celler, som stammer fra et bestemt område (mesenkym) i knoglevævet.
P-15	Ildlederradar i ”Nationale Volksarmee.
P-18	Flyradaranlæg i ”Nationale Volksarmee.
Pankreas	Bugspytkirtel.
PAR	Søgeradar og ildlederradar i våbensystemet HAWK.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Prævalens	Antal levende personer med den bestemte diagnose i befolkningen.
PTB	”Physikalisch-Technische Bundesanstalt“. Statsanstalt for fysik og teknik.
R (røntgen)	Gammel enhed for den indre dosis ($1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$).
RADAR	Radio Detecting And Ranging; pejling og opmåling ved hjælp af radiobølger. Man skelner f.eks. mellem overvågningsradar, søgeradar, ildlederradar og målfølgeradar.
Rektum	Endetarm.
Retinoblastom	Ondartet embryonal solid tumor i nethinden.
ROR	Radar i våbensystemet HAWK (til måling af afstande).
RR	Relativ Risiko, beskriver den relative forskel i sygdoms (døds-) risikoen mellem eksponerede og ikke-eksponerede personer (= kvotient). Ved $RR=1$ er der ingen forskel.
Røntgenstrålingens spektrale fordeling	Røntgenstrålingens energifordeling.
SAR	Specifik absorptionsrate (W/kg); mål for termisk virkning som følge af højfrekvent elektromagnetisk stråling.
Sarkom	Ondartet tumor, der udgår fra kroppens støttevæv, bl.a. bindevæv.
Seminom	Testikeltumorer inddeles med henblik på behandlingsplanlægningen i seminomer (malign testikeltumor som udgår fra kønscellerne) og ikke-seminomer
SGR-103	Søgeradar i søværnet.
SGR-105	Målanvisningsradar i søværnet.
SIR	(Standardiseret Incidens Ratio). SIR angiver den faktor, som den observerede sandsynlighed for en nydiagnosticeret sygdom i en eksponeret gruppe adskiller sig fra den, man ville forvente ved almenbefolkningens sygdomsadfærd (eller en ikke-eksponeret gruppe). I den forbindelse foretages der indirekte en standardisering af vigtige ikke-interessante påvirkningsstørrelser som alder og køn. SIR angiver forholdet mellem „observerede“ og „forventede“ nydiagnosticerede sygdomme eller på engelsk „Observed“ / „Expected“ (O/E), derfor også OER: Observed / Expected Ratio.
SMR	(Standardiseret Mortalitet Ratio). SMR angiver den faktor, som den observerede mortalitet for en nydiagnosticeret sygdom i en eksponeret gruppe adskiller sig fra den, man ville forvente ved almenbefolkningens sygdomsadfærd (eller en ikke-eksponeret gruppe). En SMR på 100 angiver en dødelighed lig med kontrolgruppen, mens højere værdier betyder overdødelighed. I den forbindelse foretages der indirekte en standardisering af vigtige ikke-interessante påvirkningsstørrelser som alder og køn. SMR angiver forholdet mellem „observerede“ og „forventede“ tilfælde eller på engelsk „Observed“ / „Expected“ (O/E), derfor også OER: Observed / Expected Ratio.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Specialrør inden for radartechnik	De rør, der anvendes inden for radartechnikken, er specialrør. På grund af de høje sendefrekvenser drejer det sig om specialrør bl.a. om såkaldte hastighedsmodulerede rør. Man betegner de rør som hastighedsmodulerede (bl.a. klystron, magnetron), som udnytter elektronernes transitid til forstærkning eller til fremkaldelse af svingninger. I linearstrålerør forløber elektronstrålens og det statiske elektriske felts retning parallelt til hinanden (lineært). Ved krydsfeltrør derimod står de felter, der skal påvirke elektronstrålen, lodret i forhold til elektronstrålen.
Sv	Sievert. Måleenheden for ækvivalensdosen og den effektive dosis. Til beregningen multipliceres de absorberede stråledoser i Gray med en faktor (strålevægningsfaktor), der reflekterer forskellige stråletypers biologiske effektivitet. Med henblik på beregningen af den effektive dosis tages der endvidere hensyn til vævsvægningsfaktorer, som udgør et mål for det eksponerede organs bidrag til hele kroppens skadesrisiko.
Switching tube	(Tysk: Schaltröhre) Elektronrør, hvor en en gang tilsluttet strøm ikke mere kan styres. Disse rør er for det meste med luftfyldte. Denne rørtype omfatter også thyatronen.
Synovialvæv	Ledhinde.
Teratogen	Fremkaldende misdannelser.
Thymus	Thymus-kirtlen, „brissel“.
Thyatron	Et thyatron er et gasfyldt rør, som i sin opbygning ligner et forstærkerør (triode). I modsætning til forstærkerørene kender thyatronen kun tilstandene „spærret“ og ”tændt“. Blev i 80'erne brugt som elektronisk kontakt for radarsendernes generatorer.
Tinea capitis (svamp i hårbunden)	Tinea Capitis forårsages af en infektion med hudsvampe, såkaldte dermatofyter.
TLD	Radiotermoluminescens er et krystals egenskab til at udsende lys ved opvarmning, hvis den forinden var udsat for ioniserende stråling. I store områder er den emitterede lysmængde proportional med den indstrålede dosis. Man bruger disse effekter til dosisbestemmelse i såkaldte termoluminescensdosimetre (TLDs).
Tuberkulose	Tuberkulose (svindsot) er en kronisk forløbende infektionssygdom. Sygdommen udløses af tuberkelbakterier (mykobakterium tuberculosis), som overføres med dråbeinfektion.
TÜV	”Technischer Überwachungsverein”. Tysk testinstans.
Urotel	Epitelet, som beklæder urinvejene.
Uønsket stråling	(Tysk: Störstrahlung) Begreb fra den tyske røntgenforordning: Stråling, der ikke skal bruges, og som udsendes af komponenter, hvor der accelereres elektroner og fremkaldes røntgenstråling. Komponenter, der udsender uønsket stråling, kan f.eks. være eller elektronrør med accelerationsspændinger på > 5 kV.
UV	Ultraviolet stråling

Rapport fra den tyske Radarkommission

W/m ²	Måleenhed for effekttætheden. Normalt er enheden også mW/cm ² (1 mW/cm ² = 10 W/m ²)
WDB	”Wehrdienstbeschädigung. Helbredsskade opstået under tjenesten i det tyske forvar.
Wilms-tumor	Embryonal, ondartet solid tumor i nyrerne
ZDv	Central tysk tjenesteforskrift
Cervix	Livmoderhals
CNS	Det centrale nervesystem

Appendiks

BILAG 1: DATADOKUMENTATION

Kommissionen har fået stillet følgende datalister til rådighed med henblik på vurderingen af sygdomsbillederne.

- Bundeswehrsoldater. Sager om helbredsskader opstået under tjenesten i det tyske forsvar (WDB-sager)
- Verserende sager hos „Bundesausführungsbehörde für Unfallversicherung“ (=Forbundsmyndighed for ulykkesforsikring) (BafU)
- Professionelle og kontraktansatte soldater i ”Nationale Volksarmee” (NVA)

Nedenstående tabel giver en oversigt, hvor kræftsygdomstilfældene i h.t. WDB-filen er anført for sig som en delmængde:

Tabel A-1 *Oversigt over de forskellige datalister*

Datakorpus	Antal	Manglende oplysninger om			
		Fødselsår	Diagnose alder	Ekspositionstidsrum	Sygdomsbetegnelse
WDB	1.736	7	Ikke analyseret	84	127
(WDB kun ond- artede tumorer)	1.214	5	177	0	0
BAfU	711	70	711	20	87
NVA	438	14	438	130	70

Det drejer sig således i alt om 2.885 tilfælde. I den forbindelse udviser WDB-datakorpus i alt en højere fuldstændighed end de øvrige to. Efter kommissionens vidende er dataene baseret på oplysninger fra de berørte personer. Hvorvidt der ligger medicinsk bekræftede diagnoser til grund for oplysningen, fremgår ikke. Som anført i kapitel 5.2.2.1 ser kommissionen sig ikke i stand til at vurdere dataene. Derfor er de kun dokumenteret her og bearbejdet med hensyn til fordelingen af sygdomsbillederne. I den forbindelse blev diagnoserne med ondartede tumorer systematisk behandlet. Endvidere blev nogle mulige skader bearbejdet, hvor man antager genese som følge af ioniserende stråler, i det mindste hvor en sådan ikke udelukkes (infertilitet, impotens, skade på arvemassen, svækkelse af immunforsvaret, katarakt).

Det var kun muligt af foretage en analyse ud fra diagnosealderen for WDB-listen. Dog manglede også i 177 tilfælde med diagnosen ondartet tumor året for første eksposition respektive datoen for diagnosticeringen.

I et betydeligt antal tilfælde kunne man ud fra diagnosernes differentierethed slutte sig til et patologisk-histologisk undersøgelsesresultat, dog mangler der nærmere oplysninger desangående.

Ortografiske fejl i et antal diagnoser tillader, at man konkluderer, at de personer, som har haft til opgave at stå for overførslen til en Excel-fil, ikke var fortrolig med medicinsk terminologi (f.eks. ”diabethis”, ”lymphkirtelkræft” osv.). Disse typiske fejl dukkede op i mere end en af listerne, så man kan slutte sig til, hvem den pågældende person er.

Alt i alt får man det indtryk, at overførslen af diagnoserne til EDB-medium er sket under et betydeligt tab af omhu og sagkundskab, da det næppe kan antages, at der i en ansøgning f.eks. kun har stået diagnosen „kræft” eller „tumor” uden yderligere organangivelse. F.eks. tyder diagnosen „Adenocarcinom” (oversætterkommentar: kræftvæv der udgår fra kirtelceller) uden andre angivelser på, at et patologisk-histologisk undersøgelsesresultat har ligget til grund, men at denne ikke er korrekt overført. Ved en patologisk undersøgelse kan man dog i praksis udelukke, at angivelsen ”Adenocarcinom” skulle findes, uden at kirtelvævet og oprindelsesorganet var nærmere beskrevet.

Rapport fra den tyske Radarkommission

I et datakorpus var der en diagnose for et karcinom i uteruskorpus. Her må man spørge sig selv, om der – mod alle antagelser – også var kvinder blandt radarmekanikerne eller om der har fundet en grov fejl ved diagnoserne sted.

Lokalisation	Uden aldersangivelse.	20-29	30-39	40-49	50-59	60 +	Ialt	%
Testikler	36	60	82	46	11	0	235	18,5
Leukæmi	19	14	23	27	23	7	113	8,9
Urotel (blære, nyrebækken)	10	3	7	31	37	14	102	8,0
CNS	13	7	15	34	19	9	97	7,6
Prostata	8	1	3	15	43	22	92	7,3
Non-Hodgkin	12	6	15	23	26	6	88	6,9
Bronchier	9	0	8	22	35	10	84	6,6
Colon	4	0	8	16	31	9	68	5,4
Nyre	6	1	4	20	22	5	58	4,6
Kræft, uspec.	18	4	5	15	7	4	53	4,2
Hud	8	2	11	4	10	5	40	3,2
M Hodgkin	6	6	15	8	2	0	37	2,9
Sarkom	7	4	12	7	4	1	35	2,8
Mave	7	1	4	6	9	3	30	2,4
Øvrigt	2	2	3	10	11	1	29	2,3
Melanom	1	1	3	11	7	2	25	2,0
Plasmocytom	0	0	2	7	6	4	19	1,5
Øvr. gastrinintestinaler	1	0	1	4	6	3	15	1,2
Lymfomer, maligne	2	1	5	1	3	1	13	1,0
Rektum	1	0	1	4	5	1	12	0,9
Øsofagus	3	0	0	3	4	1	11	0,9
Hypofyse	0	2	1	1	3	0	7	0,6
Mamma	0	0	0	3	1	1	5	0,4
Larynx	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Skjoldbruskkirtel	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Ialt	173	115	228	318	325	109	1268	100,0

Tabel A-2 Ondartede tumorer fra WDB-listen, opstillet efter angivet diagnosealder.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Lokalisation	Uden årsan- givelse	≤ 30	31-40	41-50	51-60	61 +	Ialt	%
Testikler	2	0	5	16	26	20	69	14,5
Nyre	3	1	6	15	12	1	38	8,0
Kræft, uspec.	2	0	5	16	10	4	37	7,8
Prostata	0	0	16	14	2	0	32	6,7
Colon	1	1	6	16	4	2	30	6,3
Leukæmi uspec.	3	0	5	11	7	4	30	6,3
Bronchier	0	3	9	7	4	4	27	5,7
CNS	1	0	9	6	6	2	24	5,0
Øvrige	0	0	1	10	8	2	21	4,4
Plasmocytom	2	0	4	5	7	0	18	3,8
Lymfomer uspec.	1	0	2	5	4	4	16	3,4
Hud, uspec.	1	1	1	8	4	1	16	3,4
Melanom	1	0	1	5	6	0	12	2,5
Mave	0	1	4	3	1	1	10	2,1
Blære	0	1	4	4	1	0	10	2,1
KML	0	0	1	4	2	1	8	1,7
M Hodgkin	0	0	0	0	4	4	8	1,7
Non-Hodgkin	0	0	2	3	1	2	8	1,7
Sarkom	0	0	1	0	3	4	8	1,7
Skjoldbruskkirtel	0	0	1	1	3	2	7	1,5
Øsofagus	1	0	1	3	1	0	6	1,3
Rektum	0	0	2	3	0	1	6	1,3
Lever	0	1	2	1	1	0	5	1,1
KLL	2	0	1	1	0	0	4	0,8
Pankreas	0	0	2	2	0	0	4	0,8
Basaliom	0	0	0	4	0	0	4	0,8
Knogler uspec.	0	0	1	3	0	0	4	0,8
Hypofyse	0	0	0	2	0	1	3	0,6
Larynx	0	0	1	1	1	0	3	0,6
Mamma	1	0	1	0	1	0	3	0,6
Hårcele	0	0	1	2	0	0	3	0,6
MDS	0	0	0	1	0	1	2	0,4
Ialt	20	9	95	172	119	61	476	100,00

Tabel A-3 Ondartede tumorer fra BafU-listen, opstillet efter fødselsår.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Lokalisation	Uden årsan- givelse	≤ 30	31-40	41-50	51-60	61 +	Ialt	%
Testikler	2	0	3	6	14	19	44	15,8
Kræft, uspec.	1	2	11	10	7	3	34	12,2
CNS	0	0	0	7	10	5	22	7,9
Prostata	0	0	12	8	1	0	21	7,6
Leukæmi uspec.	0	1	3	5	9	1	19	6,8
Nyre	0	0	5	6	3	0	14	5,0
Bronchier	0	2	3	2	3	3	13	4,7
Blære	0	0	4	3	5	1	13	4,7
Colon	0	1	3	4	2	2	12	4,3
Øvrige	0	0	2	6	3	1	12	4,3
Hud, uspec.	0	0	5	2	4	0	11	4,0
Lymfomer uspec.	0	0	1	1	5	3	10	3,6
M Hodgkin	0	0	0	1	3	5	9	3,2
Sarkom	0	0	1	5	2	0	8	2,9
Skjoldbruskkirtel	0	1	1	1	1	1	5	1,8
Melanom	0	0	3	1	0	1	5	1,8
Larynx	0	0	3	1	0	0	4	1,4
Mave	0	0	1	3	0	0	4	1,4
Non-Hodgkin	0	0	0	0	2	2	4	1,4
Plasmocytom	0	0	0	2	2	0	4	1,4
Rektum	0	0	1	1	0	1	3	1,1
Mamma	0	0	2	0	0	0	2	0,7
KML	0	0	0	1	0	1	2	0,7
Hypofyse	0	0	0	1	0	0	1	0,4
Øsofagus	0	0	0	1	0	0	1	0,4
Hårcele	0	0	0	0	1	0	1	0,4
Basaliom	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Knogler uspec.	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Ialt	3	7	64	78	77	49	278	100,00

Tabel A-4 Ondartede tumorer fra NVA-listen opstillet efter fødselsår.

Rapport fra den tyske Radarkommission

Kilde	Skade	Fødselsår					
		Uden årsan- givelse	20-39	40-49	50-59	60-70	Ialt
BafU	Impotens	1	2	5	2	1	11
	Infertilitet	1	0	2	2	2	7
	Arvemasseskade	1	0	2	1	0	4
	Svækkelse af immunforsvaret	0	1	0	0	1	2
	Katarakt	0	0	1	0	1	2
	Ialt BafU	3	3	10	5	5	26
NVA	Impotens	0	2	1	2	0	5
	Infertilitet	0	0	2	1	3	6
	Arvemasseskade	0	1	0	1	0	2
	Svækkelse af immunforsvaret	0	1	2	0	2	5
	Katarakt	0	0	2	0	0	2
	Ialt NVA	0	4	7	4	5	20
WDB	Impotens	0	2	2	2	0	6
	Infertilitet	0	3	10	6	2	21
	Arvemasseskade	0	0	2	3	0	5
	Svækkelse af immunforsvaret	0	2	5	3	0	10
	Katarakt	0	3	3	1	0	7
	Ialt WDB	0	10	22	15	2	49
Sum	(ialt)	3	17	39	24	12	95

Tabel A-5: Forskellige mulige skader som følge af ioniserende stråler ud fra datakilde og fødselsår.

BILAG 2: YDERLIGERE VIDENSKABELIG DOKUMENTATION

Ondartede tumorer, som EMF (elektromagnetiske felter) diskuteres som risikofaktor for

Leukæmi

For ondartede tumorer hos voksne spiller ekspositioner på arbejdspladsen naturligt en mere betydningsfuld rolle end ekspositioner i det hjemlige miljø. Der foreligger en mangfoldighed af studier af leukæmi samt af ondartede tumorer i CNS samt et mindre antal studier af mamma-karcinom.

Af ondartede tumorer i barnealderen er det især leukæmi, der er blevet undersøgt. Her spiller ekspositioner fra miljøet og i det hjemlige område naturligt den væsentligste rolle [Angelillo et al. 1999]. Der var en signifikant association.

[Kheifets et al. 1997] fandt i 38 analyserbare studier få henvisninger til specifikke risiko-forhøjelser for erhverv, hvor der måtte antages en kraftigere eksposition for EMF (f.eks. punktsvejsere). Alt i alt var der risiko-forhøjelser i en størrelsesorden på 1,2 for kronisk myeloid leukæmi og op til 1,4 for kronisk lymfatisk leukæmi.

Nyere studier af høj kvalitet viser til dels tydeligt højere risici. Således fandt [Feychting et al. 1997] ved anvendelse af de af [Floderus et al. 1996] udarbejdede JEM for samtlige leukæmityper en "odds-ratio" på 1,4 (95%-KI 1,0-2,2) ved ekspositioner på 0,13-0,19 microT, mens værdien ved højere eksposition steg til 1,7 (95%-KI 1,1-2,7). Mens KML der ved en differentiering af de diagnostiske entiteter ikke udviste forhøjede risici, var der ved akut myeloid leukæmi (AML) risici på 2,1 (95%KI 0,9-5,0) og 2,7 (KI 0,9-7,9) og ved KLL risici på 1,4 (KI 0,7-2,5) respektive 1,9 (KI 1,0-3,8).

[Minder et al. 2001] havde i et kohorte-studie af schweiziske jernbaneansatte med mortalitet som målvariabel inddraget individuelle målinger for at estimere ekspositionen. De fandt hos den højest eksponerede gruppe (togførere med en eksposition på 25,9 microT) i sammenligning med lavt belastede stationsforstandere (1 microT) en relativ risiko på 2,4 (KI 1,0-6,1).

Ondartede tumorer i centralnervesystemet (CNS)

[Kheifets et al. 1995] kunne analysere 29 relevante publikationer og fandt for samtlige diagnostiske entiteter en risiko-forhøjelse på 1,2. Ved begrænsning til gliomer steg risikoen til 1,4. Endnu kraftigere forhøjelser fandt de hos elektroingeniører (1,7). [Armstrong et al. 1994], [Theriault et al. 1995] og [Kheifets et al. 1999] sammenfattede studier af ansatte i el-forsyningsvirksomheder i Frankrig, Canada og USA. De kunne i sidste ende finde frem til et estimat af risiko-forhøjelsen på 12% pr. 10 microT-år.

[Navas-Acién et al. 2002] kunne i et meget omfattende kohortestudie af alle erhvervsaktive mænd i Sverige mellem 1971 og 1989 (n= 1.516.552 i alderen mellem 25 og 64 år) analysere den kombinerede indflydelse af forskellige arbejdsstoffer og lavfrekvente elektromagnetiske felter på sygdomsrisikoen for gliomer (n=2.859) og meningeomer (n=993). De fandt, at der ved gliomer så kunne observeres en med forhøjede elektromagnetiske felter associeret forhøjet sygdomsrisiko, hvis der samtidig kunne antages en samtidig eksposition for pesticider/herbicider, opløsningsmidler eller arsenik.

Brystkræft

I det systematiske review af [Ahlbom et al. 2001] refereres de til rådighed værende epidemiologiske studier kun partielt, sådan som en sammenligning med meta-analysen fra [Erren 2001] viser. IARC-monografier tager hensyn til alle disse arbejder, men kunne naturligvis ikke inkludere resultatet af meta-analysen. Erren fandt mamma-karcinom hos mænd for alle analyserede studier en risikostigning på 1,37 (KI 1,11-171). Under inddragelse af yderligere indtil 2002 offentliggjorte studier ([Pollan et al. 2001], [Hakansson 2002]) førte det ved alt i alt homogene studier til en risiko-koefficient på 1,28 (KI 1,11-1.47).

Mobiltelefoner og CNS-tumorer:

[Hardell et al. 2002, 2003] gennemførte et populationsrelateret case-kontrol-studie, hvor 1617 patienter (20-80 år) med incidente hjernetumorer (januar 1997 - juni 2000) blev matchet med sammenligningspersoner fra det svenske personregister i forholdet 1:1. Udover andre potentielle risikofaktorer (bl.a. ioniserende stråler, organiske opløsningsmidler, pesticider) blev brugen af mobiltelefoner - differentieret efter henholdsvis analoge, digitale mobiltelefoner og trådløse telefoner - fastlagt. Resultaterne gav for analoge mobiltelefoner en odds-ratio på 1,3 (95%-KI 1,02-1,6), som steg til 1,8 (95%-KI 1,1-2,9), hvis der blev ansat en latenstid på mere end ti år. Sammenlignelige risikoforhøjelser fandtes ikke for digitale mobiltelefoner og trådløse telefoner. Hvis man tager hensyn til lateraliteten blev der for analoge apparater fundet „odds ratios“ på 1,8 (95%-KI 1,3-2,5), for digitale apparater på 1,3 (95%-KI 0,99-1,8) og for trådløse telefoner på 1,3 (95%-KI 1,01-1,8), mens der for kontralaterale ondartede tumorer ikke blev observeret nogen risikoforhøjelse. En yderligere differentiering ud fra lokalisation gav for analoge apparater en yderligere forhøjelse af risikoen for ondartede tumorer i tindingslappen. Ved en differentiering ud fra histologisk type blev der fundet særligt tydelige risikoforhøjelser for meningeomer (OR 4,5; 95%-KI 0,97-20,8) og for akustikus-neurinomer (OR 3,5; 95%-KI 1,8-6,8).

Derimod kunne [Inskip et al. 2001] hos 782 patienter fra sygehuse i forskellige amerikanske storbyer og hos 799 sygehus-kontrolpersoner ikke finde forhøjede ”odds ratioer”. Dog udviste studiet udført af Inskip og medforfattere nogle svagheder i forhold til studiet udført af Hardell og medforfattere:

Det drejer sig ikke om et populationsbaseret case-kontrol-studie, da personerne blev rekrutteret som kontrolpersoner fra sygehuse.

Der blev ikke differentieret ud fra typen af telefon.

Forfatterne bemærker selv til deres studies ”power”, at f.eks. en risikoforhøjelse på 60% for gliomer ved akkumuleret brug i mere end 100 timer ikke kan udelukkes. De formoder, at det med hensyn til de i studieperioden registrerede telefoner i vidt omfang kan have drejet sig om analoge apparater (frekvensbånd 800-900 MHz).