

ATOMVÅBENPROBLEMER

EN REDEGØRELSE FRA
ATOMOPLYSNINGSUDVALGET



BETÆNKNING NR. 334

1963

Indholdsfortegnelse

INDLEDNING	6
1. Del: ATOMVÅBENPROBLEMER	7
A. <i>Nukleare våben</i>	7
A 1. Nuklear energiudvikling	7
A 2. Nukleare våbens størrelse	7
A 3. Vægt af sprængstof i nukleare våben	7
A 4. Kritisk mængde sprængstof	8
A 5. Fissionbomben	9
A 6. Fission-fusion bomben	9
A 7. Fission-fusion-fission bomben	10
A 8. Neutronbomben	11
A 9. Råmaterialer til nukleare våben	11
A 10. Lagrene af nukleare våben	11
B. <i>Nukleare våbens virkninger</i>	12
B 1. Oversigt over nukleare våbens virkninger	12
B 2. Scalinglove	13
B 3. Målets »hårdhed«	13
B 4. Trykbølgens virkninger	13
B 5. Termisk stråling	16
B 6. Øjeblikkelig eller initial nuklear stråling	17
B 7. Stråling fra radioaktivitet	17
B 8. Lokalt nedfald	18
B 9. Globalt nedfald	20
B 10. De biologiske virkninger af den nukleare stråling	21
B11. Sammenligning mellem bombevirkningernes betydning	22
B 12. Beskyttelsesforanstaltninger	23
B 13. Underjordiske eksplosioner	24
B 14. Undervandsekspllosioner	24
C. <i>Andre forhold</i>	25
C 1. Fremføringsmidler	25
C 2. Forsvarsvåben	26
C 3. Varselssystemer og -tider	27
C 4. Affyringspladsers hårdhed	28
C 5. Taktiske atomvåben	28
C 6. Strategi - taktik	29
C 7. Massiv gengældelse	30
C 8. Mulige anvendelser af atomvåben mod danske områder	31
C 9. Prøvesprængningerne	32

D. <i>Rustningskapløbet</i>	33
D 1. Den militærtekniske udvikling	33
D 2. Den nukleare magtbalance	34
D 3. Risikoen for ikke tilsigtet krig	34
D 4. Atommagterne	34
E. <i>Nedrustningsproblemet</i>	35
E 1. Ønsket om nedrustning	35
E 2. Kontrolproblemet	35
E 3. Indledende skridt mod nedrustning	36
Citeret litteratur	36
2. DEL: ATOMLEKSIKON	37
<i>Leksikalt ordnet begrebsbeskrivelse</i>	37
<i>Engelsk-dansk ordbog</i>	67
<i>forkortelsesliste</i>	72
BILAG	74
Bilag 1: Afdelingsleder, mag. scient. Ove Frydenberg: De genetiske sider af stråleproblemet	74
Bilag 2: Professor, dr. med. Mogens Faber: Om strålingsinducerede leukæmier	83
Bilag 3: Professor Niels Bohr: Åbent brev af 9. juni til De Forenede Nationer	88

Efter at en række videnskabsmænd i december 1960 havde henstillet til regeringen at være virksom for til brug for befolkningen at tilvejebringe saglig og alsidig oplysning om de problemer, som er skabt ved mulighederne for at frigøre atomenergien, nedsatte statsministeren ved skrivelse af 4. februar 1961 et udvalg — atomoplysningsudvalget — med den opgave til statsministeren at fremkomme med forslag om, hvad en sådan saglig og alsidig oplysning burde omfatte, og i hvilken form den ville kunne bringes videre til befolkningen. Alle sider af spørgsmålet om muligheden for befolkningens beskyttelse mod strålefare ønskedes belyst, men udvalget skulle ikke udtale sig om forsvarspolitiske eller udenrigspolitiske problemer.

Til formand for udvalget blev beskikket medicinaldirektør dr. med. Johs. Frandsen. Udvalget kom i øvrigt til at bestå af professor dr. phil. Aage Bohr, professor dr. med. Erik Husfeldt, professor dr. techn. E. Knuth-Winterfeldt og professor dr. phil. P. Brandt Rehberg.

Professor dr. phil. O. M. Kofoed-Hansen og overlæge dr. med B. Chr. Christensen blev af udvalget anmodet om at bistå dette.

Som udvalgets sekretær blev udpeget sekretær Ebbe Sørensen, Indenrigsministeriet.

I skrivelse af 25. september 1962 meddeltes det udvalget, at der mellem statsministeren og indenrigsministeren var truffet aftale om, at udvalget var overført fra statsministeriet til indenrigsministeriet.

På et tidligere tidspunkt under udvalgets arbejde opstod ønsket om at give en samlet, let tilgængelig fremstilling af den tekniske og i muligt omfang tillige den fysiske og biologiske baggrund for den problemkreds, der knytter sig til atomvåbnenes fremkomst, idet man her fandt det af betydning at give en fremstilling af de

nukleare våbens »indretning«, deres virkninger og af de tekniske forhold, som er uløseligt knyttet til problemerne omkring disse våben.

Af hensyn til forståelsen af de mange nye ord og begreber på hele atomområdet har udvalget ladet udarbejde et »Atomleksikon«, som skal tjene til illustration, ikke blot af de i udvalgets fremstilling omtalte spørgsmål, men tillige som en støtte ved læsning af anden litteratur om emnet.

Som bilag har man optaget to afhandlinger, som på udvalgets foranledning er udarbejdet af henholdsvis professor Mogens Faber: »Om strålingsinducerede leukæmier« og af afdelingsleder Ove Frydenberg: »Om genetiske skader af ioniserende stråling«.

Desuden har man som bilag optaget professor Niels Bohrs åbne brev af 9. juni 1950 til De Forenede Nationer, idet udvalget har ønsket at pege på, i hvor høj grad udviklingen har bekræftet de i brevet indeholdte tanker.

Atomoplysningsudvalget har søgt at basere fremstillingen på det nyeste, tilgængelige materiale, men ønsker at understrege den enorme hast, hvormed udviklingen skrider frem, og den betydning, udviklingens acceleration må tillægges i retning af at påvirke den blivende værdi af de givne oplysninger og fremsatte synspunkter. For de i redegørelsen indeholdte synspunkter er udvalgets medlemmer naturligvis alene ansvarlige.

Man har under arbejdet trukket store veksler på især een videnskabsmand, professor O. M. Kofoed-Hansen, hvis opgave og fortjeneste det har været at skabe hele grundlaget for nærværende redegørelse; men også fra afdelingsleder J. Ambrosen har man modtaget enkeltbidrag af stor betydning for den samlede fremstilling.

København, november 1962.

AAGE BOHR

ERIK HUSFELDT

P. BRANDT REHBERG

JOHS. FRANDSEN

(formand)

E. KNUTH-WINTERFELDT

Ebbe Sørensen

Indledning

På de følgende sider skal vi forsøge at belyse problemkomplekset omkring atomvåbnene igennem en beskrivelse af tekniske forhold samt disse forholds berøring med politiske og militære begrebsdannelser, hvorimod begreber, som kunne henregnes til de generelle militære og storpolitiske områder, ikke berøres.

Ordenes betydning illustreres ofte bedst, når de anbringes i en naturlig sammenhæng, og af den grund er problemkomplekset først behandlet i et oversigtsafsnit. De mange fremmedord og nye begrebsdannelser fører imidlertid efter vor mening til det ønskelige i at have en leksikalt ordnet beskrivelse til rådighed, og af denne grund er en betydelig del af det anførte materiale yderligere illustreret i det efterfølgende atomleksikon (pg. 37 f.f.).

Mange forhold vedrørende atomvåben er strengt hemmeligholdt, men de vigtigste fysiske og tekniske principper, der ligger til grund for deres indretning, er velkendte og beskrevet i den offentligt tilgængelige litteratur. Det samme gælder atomvåbnenes virkninger og, omend i mindre grad, mange af de metoder, hvorved de tænkes bragt i anvendelse. Selv hvor fremstillingen bygger på det bedste tilgængelige materiale, må det tages i betragtning, at mange forhold stadig ændres på grund af den hastige udvikling på det militær-teknologiske område. Hvor det drejer sig om problemer som atomvåbnenes nærmere indretning, lagrenes størrelse, raketternes træfsikkerhed etc., er den offentligt tilgængelige litteratur ret sparsom, og fremstillingen er, som anført de pågældende steder, i nogen grad baseret på vurderinger, der kan rumme betydelige unøjagtigheder.

Ordenes indhold ændres gennem brug og er forskellig for forskellige kredse af mennesker; det er derfor vigtigt at præcisere, at alle begreber, som anvendes her, er hentet fra åben og tilgængelig litteratur om atomproblemerne. En kort præcisering af de anvendte begrebers betydning kan i stor udstrækning findes i »atomleksikonnet«.

Den storpolitiske situation har i de sidste 10 år været præget af den kolde krig og af en vis teknologisk magtbalance mellem de to parter. Denne balance er naturligvis præget af et stort antal faktorer, og selv relativt små begivenheder kan spille en betydelig psykologisk rolle. Der er dog ingen tvivl om, at en meget vigtig del af magtbalancen er baseret på kombinationen af nukleare våben og raketter. Der skal derfor i tekststykket peges på nogle af de problemer, som er af betydning for balancen i den nukleare teknologi, idet det dog understreges, at detaljer er vanskelige at vurdere og ofte hemmeligholdt, således at det efterfølgende alene bliver en foreløbig vurdering af de begrebsdannelser, som indtager en central plads i debatten om de nukleare våben.

Det er ikke hensigten i dette skrift at undertrykke eller minimalisere frygten for stråling, men det er på den anden side vigtigt at advare imod en for ensidig dvælen ved virkningerne af stråling. Andre virkninger af nukleare våben som trykbølge, brand og oversvømmelse er mindst lige så vigtige som strålingsvirkningerne og må derfor trækkes i forgrunden i diskussionen af de nukleare våbens betydning.

1. del: Atomvåbenproblemer

I det følgende sammenstilles en række offentligt tilgængelige oplysninger om virkningerne af *nukleare våben, ofte kaldt kernevåben* (atombomber og brintbomber). Til trods for stor mangel på præcise oplysninger kan man danne

sig et billede af forholdene, der er så virkelighedstro, at man kan påpege en række vigtige og ofte negligerede problemer i forbindelse med den løbende debat om nukleare våben.

A. NUKLEARE VÅBEN.

A 1. Nuklear energiudvikling.

Når lette atomkerner smelter sammen, frigøres store mængder energi, fusionsenergi. Når tunge atomkerner spaltes, frigøres ligeledes store mængder energi, fissionsenergi. Den frigjorte energi kaldes i begge tilfælde atomenergi, men bedre er det at tale om nuklear energi (kerneenergi), da kemisk energi (f.eks. forbrændingsenergi), der fremkommer ved ændring af den indbyrdes placering af atomerne i stofferne, med lige så stor ret kan benævnes atomenergi. Ved kemisk forening af kul og ilt frigøres ca. 3 kcal (kilogramkalorier) pr. gram ilt-kul-blanding. Ved eksplosion af såkaldt standardsprængstof TNT (trinitrotoluol) frigøres ca. 1 kcal pr. gram TNT. Ved fuldstændig fission frigøres ca. 20 millioner kcal pr. gram fissilt materiale (U_{233}^{235} , Pu_{239}^{239} *). Ved fuldstændig fusion af deuterium, d.v.s. tungt brint eller »det tunge« i tungt vand, frigøres ca. 85 millioner kcal pr. gram brint.

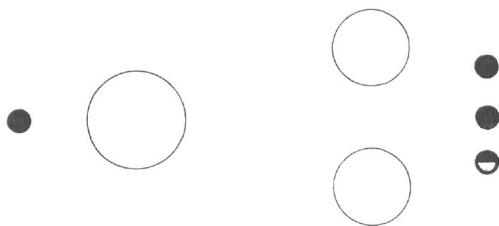
Den store nukleare energiudvikling pr. gram materiale i forhold til den tilsvarende kemiske energiudvikling pr. gram materiale er et af de vigtigste forhold, der udmærker nuklear energi.

A 2. Nukleare våbens størrelse.

Det er skik og brug at måle energiudviklingen fra en nuklear eksplosion ved at angive den

*) Se A 3

neutron + uran \rightarrow fissionsprodukter + 2-3 neutroner



Når neutroner rammer uran, kan dette spaltes i 2 radiaktive fissionsprodukter plus i gennemsnit $2\frac{1}{2}$ nye neutroner. Processen foregår under enorm energifrigørelse.

mængde TNT i tons, som ved sprængning vil give samme energiudvikling som det pågældende nukleare våben. Man benytter tillige betegnelsen 1 kiloton for eet tusind tons TNT og 1 megaton for een million tons TNT. En 10 megatons bombe har altså en energiudvikling, der svarer til den, der fremkommer ved sprængning af 10 millioner tons TNT.

Der er i litteraturen nævnt sprængninger af bomber af størrelsen fra ca. 50 tons til ca. 50 megatons. Der har tillige været megen tale om udviklingen af 100 megatons våben. 50 megatons TNT fylder noget mere end Himmelbjerget.

A 3. Vægt af sprængstof i nukleare våben.

Nukleare våben udnytter ikke deres totale indhold af nukleart sprængstof. Hvis kun 10 %

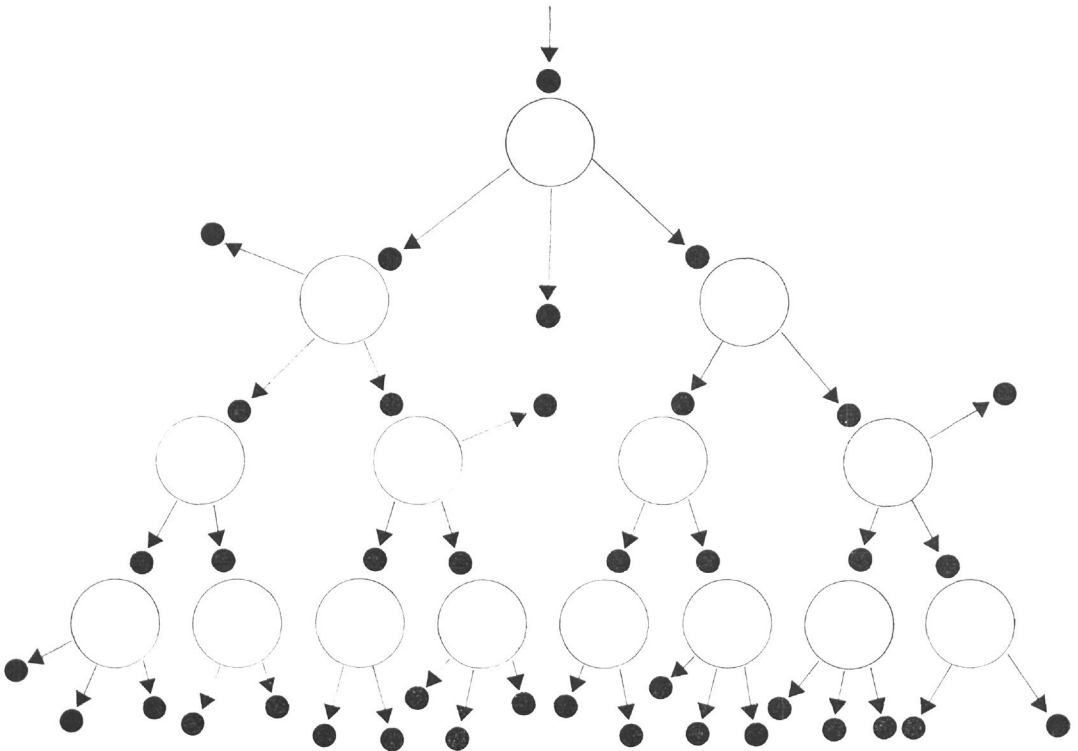
af sprængstoffet kommer til eksplosion, taler man om en 10 % nyttevirkning (med en noget paradoksal betegnelse) eller om nyttevirkningen 0,1. Hvis vi regner med en nyttevirkning af denne størrelse, finder vi af de i afsnit A 1 nævnte tal og på basis af fission som den primære energikilde, at der til en 20 kilotons bombe anvendes 10 kg fissilt materiale. På lignende måde finder vi, at der til en 20 megatons bombe må anvendes 10 tons fissilt materiale, og at et 5 kilotons våben kan klares med 2,5 kg fissilt materiale. Denne betragtning er dog meget løs. For det første er en nyttevirkning på 0,1 rimeligvis for lille for megatonvåben (se afsnit A 6 og A 7) og for stor for kilotonvåben (se afsnit A 4). For det andet er energiudviklingen pr. gram større ved anvendelse af fusion end ved anvendelse af fission. Da de fissile materialer har meget større vægtfylde end fusionsmaterialerne, bliver energiudviklingen pr. volumenenhed størst ved fission; dette forhold er det vigtigt at erindre, da der er al mulig grund til at tro, at de store våben i hvert fald i nogen grad er baseret på fusion. Alt taget i betragtning

kan man regne med, at det nukleare sprængstof, som anvendes i kilotonvåben, vejer nogle kilogram, medens der anvendes op imod 1 ton eller mere i store megatonvåben.

A 4. Kritisk mængde sprængstof.

En fissionsekspllosion vedligeholdes ved hjælp af neutroner, der forbruges under processen. Neutroner er atomkernepartikler, som kan frembringes på forskellig måde, og som altid opstår i et vist omfang i fissilt materiale ved naturligt henfald af atomer; hvis en neutron rammer en urankerne, kan denne sønderdeles; neutronen absorberes herved, men der opstår i gennemsnit ca. 2,5 nye neutroner. Mængden af neutroner stiger derfor stadig under fission. *Fusion* af deuterium kræver ikke tilførsel af neutroner for at udvikle sig; også under denne proces opstår der neutroner; pr. frigjort energienhed (f.eks. målt i tons TNT) opstår der ved fusion ca. 6 gange så mange neutroner som ved fission.

Som nævnt forøges antallet af neutroner ved-



De nye neutroner, som frigøres ved fission, kan selv føre til ny fission. Selv om nogle neutroner går tabt, kan man opnå en kædeproces på denne måde.

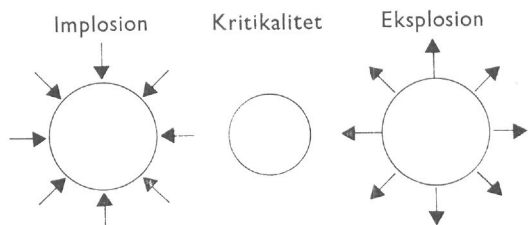
varende under en fissionsproces, og derved sker der stadig øgning af proceshastigheden.

I gennemsnit må hver neutron gennemtrænge en vis iagtykkelse fissilt materiale, førend en ny fissionsreaktion finder sted. Er den samlede materialetykkelse for lille, undslipper for mange neutroner, og reaktionen går i stå; er den samlede materialetykkelse meget stor, undslipper næsten ingen neutroner, og proceshastigheden stiger til eksplosion. Der findes en bestemt materialemængde, hvor processen netop kan holdes i live. Denne materialemængde kaldes *den kritiske størrelse* af det fissile materiale. Den kritiske størrelse er et mål for den højeste mængde fissilt materiale, der kan eksistere som samlet mængde uden fare for eksplosiv udvikling. En bombe må derfor indeholde mere end den kritiske mængde. Den kritiske størrelse afhænger naturligvis af det fissile materiales art (uran, plutonium m.v.), men også af helt andre forhold som det fissile materiales geometriske form, dets vægtfylde, af fremmedstoffers tilstedeværelse og af tilstedeværelsen af en neutronreflektor uden om det fissile materiale. Den kritiske størrelse er groft taget mindre ved tungere end ved lettere fissile materialer (d.v.s. mindre for plutonium end for uran), mindre for kugleform end nogen anden facon, mindre ved større vægtfylde end ved mindre (d.v.s. mindre for tæt fissilt materiale end for porøst eller svampet materiale og allermindst for materiale, som trykkes sammen af mange tusinde atmosfærens tryk). Endvidere bliver den kritiske størrelse mindst, når der er så få fremmedstoffer til stede som muligt, og når der er anvendt en god reflektor. Det vides ikke præcist, hvor langt fremskredet teknikken er med hensyn til at gøre den kritiske størrelse så lille som mulig, men det må antages, at nogle kg fissilt materiale i hvert fald er nødvendig. Da en effektiv bombe kun kan opstå, når den indeholder væsentlig mere end den kritiske mængde, er det rimeligt at antage, at ca. 10 kg er størrelsesordenen af den mindste nødvendige mængde fissilt materiale pr. bombe. Hvis denne forudsætning holder stik, finder vi, at nyttevirkningen for en kiloton bombe er mindre end 1 0/0.

A 5. Fissionbomben.

Fissionbombens præcise indretning er en velbevaret hemmelighed. Der er dog næppe tvivl om de almindelige principper. Som omtalt i forbindelse med begrebet »kritisk størrelse« kan

en eksplosion opnås, når en mængde fissilt materiale samles og formgives på en sådan måde, at mængden bliver overkritisk. Eksplosionens effektivitet og nyttevirkning bliver desto større, jo længere tid den overkritiske tilstand kan opretholdes, og jo mere overkritisk den fissile materialemængde er. Der er derfor ingen tvivl om, at man må søge efter effektive metoder til opnåelse af disse forhold. Det er let at se, at den mest effektive geometriske form er kugleformen, og man kan slutte, at f.eks. følgende fremgangsmåde byder på fordele i retning af lang tids opretholdelse af kritikaliteten og opnåelse af stor overkritikalitet: man kan omgive en kugleskal af fissilt materiale med et lag af konventionelt kemisk sprængstof, som eventuelt igen er omgivet af en stærk og forholdsvis tung kugleskal, som skal tjene til at holde sammen på det hele så længe som muligt. Ved et særligt tændingssystem sørger man for, at det konventionelle sprængstof antændes samtidig overalt (d.v.s. inden for et tidsinterval, som er kort sammenlignet med een milliontedel sekund). Derved opstår der en indadgående kugleskalformet trykbølge, en såkaldt *implosion*, som sammenpresser det fissile porøse materiale til høj kritikalitet og samtidig giver den fissile masse en indadrettet bevægelse, som modvirker den fissile eksplosions udadgående bevægelsesimpuls og dermed forsinker det tidspunkt, hvor den nukleare eksplosion driver det hele fra hinanden og dermed over i en underkritisk tilstand. Det bemærkes, at der i eksplosionscentret opstår meget høje temperaturer, mange millioner grader celsius.



En kugle af U^{235} drives ved en implosion sammen til overkritisk størrelse, den nukleare kædeproces udvikler sig, og den nukleare eksplosion fremkommer.

A 6. Fission-fusion bomben.

Fusionsprocessen kan udnyttes til eksplosion, såfremt en portion deuterium (tung brint) eller en blanding af tritium (særlig tung, radioaktiv brint) og deuterium varmes op til tilstrækkelig

høj temperatur (ti millioner grader celsius eller mere). Hvis opvarmningen sker ved eksplosion af en fissionbombe som primær varmekilde, får man en fission-fusion eksplosion. Vi kan anskueliggøre en fission-fusion bombes mulige indretning på følgende måde: Inderst har man en kugleskal af fissilt materiale. Uden om denne kerne har man f.eks. en kugleskal af lithiumdeuterid (kemisk forbindelse af grundstofferne lithium og deuterium), og uden om igen en kugleskal af konventionelt sprængstof. Det hele omgives med et materiale, som kan virke som reflektor, og som i nogen grad kan modstå det første eksplosionstryk. Processen kan herefter tænkes at forløbe således: Først antændes det konventionelle sprængstof. En kugleformet trykbølge rettet mod centrum presser både lithiumdeuteridskallen og det fissile materiale voldsomt indad; dette bliver overkritisk, og en fissionsekspllosion følger. Masser af varme opstår, og masser af neutroner udsendes. I lithiumdeuteridet forårsager neutronerne spaltning af lithium til bl.a. tritium, og herved opstår en deuterium-tritium blanding; samtidig hermed vil varmen fra fissionsekspllosionen opvarme blandingen til så høj temperatur, at en fusionsekspllosion opstår. Det samlede tidsforløb for denne eksplosive fase af processen måles i milliontedel sekund (mikrosekund).

Ved en proces af denne art kan man fremstille meget store bomber. Det vides ikke, om fusionsekspllosionen giver anledning til en ny indadrettet trykbølge af så stor kraft, at det fissile materiale bliver overkritisk for anden gang; det er heller ikke oplyst, om de fra deuterium-tritium reaktionen udsendte neutroner forårsager yderligere fission i det ved den oprindelige fissionsekspllosion ikke forbrugte fissile materiale, men begge disse reaktioner er mulige, og man kan derfor tænke sig, at det fissile materiale i fission-fusion bomben giver større nyttevirkning end den samme mængde fissilt materiale i en fissionbombe. Som nævnt tidligere er energiudviklingen pr. gram forbrugt nukleart materiale større ved fusion end ved fission. Begge de nævnte forhold medfører, at de i afsnit 3 anførte vægtangivelser rimeligvis er for store for de store nukleare våben.

Der er udført et stort forskningsarbejde med henblik på mulig fredelig udnyttelse af nukleare eksplosioner. I den righoldige litteratur om disse emner findes en del oplysninger af interesse for diskussionen om nukleare våben. Herfra ved vi, at man er i stand til at fremstille

bomber, hvor ca. 5 % af energifrigørelsen skyldes fission, og ca. 95 % hidrører fra fusion. Endvidere er det af interesse at notere sig, at der findes opgivet priser for udnyttelse af nukleare eksplosioner. Disse priser viser, at omkostningerne ved en nuklear eksplosion i kiloton klassen inklusive sikkerhedsforanstaltninger er ca. ½ million \$, og tilsvarende, at omkostningerne for megaton eksplosioner er ca. 1 million \$. De store våben er altså relativt meget billigere end de små. Dette har ført til begrebet: »bigger bang for the buck« (større knald for pengene).

A 7. Fission-fusion-fission bomben.

Ved den i forrige afsnit gennemgåede fremgangsmåde (fission-fusion bomben) vil en mængde neutroner udsendes fra den eksploderende ladning. Lægger man yderligere et lag fissilt materiale uden om det hele, vil man kunne udnytte disse neutroner i en ny fissionsproces og opnå yderligere energifrigørelse. Denne ydre skal behøver ikke at bidrage med nogen egentlig selvopretholdende proces, om end de ved de nye fissionsprocesser frigjorte neutroner naturligvis må have forstærkende virkning. Energiudviklingen i forbindelse med en sådan opbygning kan blive endog meget stor. Princippet udnyttes i de såkaldte fission-fusion-fission bomber. Det ydre lag af fissilt materiale skal ikke opfylde de særlige krav, som stilles til det indre fissile materiale. Det ydre lag er derfor billigt; det kan fremstilles af almindeligt uran eller thorium eller endog af restmaterialet (depleted uranium) fra fremstillingen af uran²³⁵ *). Disse materialer kan undergå fission, når de rammes af hurtigtgående neutroner, men bringes ikke i kritisk tilstand i bomben.

Nukleare våben, hvori fusionsprocessen indgår, kaldes ofte med en fællesbetegnelse termokleare våben eller brintbomber. Betegnelsen termokleare skyldes, at reaktionerne mellem brintkernerne sættes i gang ved temperaturer på millioner af grader.

Fissionsprocessen er ledsaget af temmelig stor radioaktivitet, medens fusionsprocessen kan bringes til at forløbe under udvikling af ringe mængder radioaktivitet. Man kalder derfor ofte fission-fusion bomber for »rene« bomber og fission-fusion-fission bomber for »snavsede«.

•) Se A 9.

Tekniske muligheder for fremstilling af andre former for snavsede bomber findes i rigt mål. Deres anvendelse er dog mindre trolig.

A 8. *Neutronbomben.*

Fission-fusion bomben og fission-fusion-fission bomben kan begge betegnes som brintbomber med fissions-tænding; den første kan kaldes en forholdsvis ren, den anden en snavsset bombe. I den senere tid har der været megen tale om muligheden af en såkaldt »neutronbombe«, et nyt medlem af familien af nukleare våben, som ikke skulle være behæftet med så store mængder radioaktivitet som de øvrige bombetyper, d.v.s. være en endnu renere bombe end de »rene« brintbomber.

Der vides ikke meget om denne neutronbombe, men der er grund til at tro, at det drejer sig om en fusionbombe, baseret på deuterium og tritium, der antændes ved varmeudvikling fra en kemisk eksplosion, ikke ved hjælp af en fissionbombe.

Man kan vise, at det er nødvendigt at koncentrere kemisk vundet eksplosionsvarme af hidtil kendt størrelsesorden ca. 1000 gange for at få en given mængde deuterium og tritium til at antændes nukleart og dernæst til at forbrænde under opretholdelse af en nuklear, termisk kædereaktion. Det er muligt, at man ved hjælp af en tilstrækkelig kraftig og geometrisk korrekt udformet implosion kan frembringe en sådan energikoncentration, og at neutronbomben derfor kan realiseres på denne måde. Der foreligger dog ikke tilstrækkelige oplysninger til at vurdere chancerne for dens virkeliggørelse. Den militære betydning af et sådant våben vil naturligvis afhænge af, hvor simpelt og billigt konstruktionen kan udføres.

A 9. *Råmaterialer til nukleare våben.*

Naturligt uran indeholder i det væsentlige to isotoper, uran²³⁵ og uran²³⁸. Betegnelsen isotoper bruges om atomer af samme grundstof, men med forskellig atomvægt (her 235 og 238). Af thorium kan man i reaktorer fremstille isotopen uran²³³. Ligeledes kan man i reaktorer, baseret på uran²³⁸ fremstille plutonium²³⁹ og flere endnu tungere grundstoffer og isotoper, der ligesom uran²³³ og uran²³⁵ kan bruges til fremstilling af kritiske mængder fissilt materiale. Uran²³⁸ kan ikke bruges som primært eksplosionsmateriale, men er velegnet som sid-

ste trin i fission-fusion-fission bomben. Uran²³⁵ og uran²³⁸ kan adskilles ved flere forskellige processer (elektromagnetisk separation, diffusion, centrifugering). Uran²³⁵ koster lidt over 100 kr. pr. gram. Priserne for uran²³³ og plutonium²³⁹ er af samme størrelsesorden. Denne pris betyder, at prisen for udvikling af nuklear energi svarende til 1 kg TNT bliver mindre end én øre. Nukleart sprængstof er altså det billigste af alle kendte sprængstoffer.

De hidtil eksisterende fabriksanlæg til fremstilling af fissilt materiale er store, og er karakteristiske ved at have relativt stort kraftforbrug og relativt ringe tilførsel af råmaterialer og relativt ringe mængde producerede færdigvarer. Tilstedeværelsen af denne type fabriksanlæg er let at opdage. Den senere tids udvikling især i forbindelse med forbedring af centrifugeringsmetoden tyder på, at dette forhold snart vil ændres, således at den kommende tids teknologiske udvikling kan ventes at føre til, at det bliver lettere at skjule fabriksanlæg til fremstilling af fissilt materiale.

I termonukleare våben anvendes tillige tung brint og lithium.

Tungt vand og dermed tung brint fremstilles af almindeligt vand, hvor isotoperne almindelig brint (brint¹) og deuterium (brint²) begge forekommer, den sidste i meget ringe mængde. Prisen for deuterium er nogle kroner pr. gram, hvilket giver en pris pr. kg TNT på en forsvindende brøkdelen af 1 øre; igen kan vi slutte, at nukleare materialer hører til de billigste kendte sprængstoffer. Lithium er et ret almindeligt forekommende metal.

I de termonukleare processer indgår også tritium (isotop af brint med massetal 3, brint³), der er radioaktivt og henfalder med halveringstiden ca. 10 år. Tritium har altså begrænset lagerholdbarhed, og som ovenfor nævnt er det rimeligt at tænke sig, at det fremstilles i selve bomben, f.eks. med lithiumisotopen Li⁶ som udgangsmateriale. Lithiumisotopen Li⁶ fremstilles af naturligt lithium ved en isotopseparation, der er væsentlig enklere og billigere end U²³⁵ fremstillingen. Basismaterialerne uran, thorium, lithium og vand findes vidt udbredt i naturen, og overordentlig mange nationer har således i princippet adgang til disse råstoffer.

A 10. *Lagrene af nukleare våben.*

De lande, som ejer nukleare våben, betragter naturligvis deres lagres størrelse som militære

hemmeligheder. Det er således ikke muligt at give præcise tal for lagrenes størrelse, men overslag kan gøres; det mest anvendte tal fremkommer ved at skønne over USA-lagrene og sige, at de øvrige lande har tilsammen lige så meget som USA.*) Et sådant skøn fører til, at lagrenes størrelse er ækvivalent med ca. 60000 megatons TNT eller – sagt mere håndgribeligt – er ækvivalent med 20 tons TNT pr. menneske på hele jordkloden. Den sidste måde at forestille sig tallet på betyder naturligvis ikke, at det er muligt at fordele lagrene på denne måde i praksis, simpelthen fordi den mindste sprængbare enhed antagelig ligger omkring 100 tons TNT, og fordi det dyre materiale til den primære fissionsekspllosion kun kan anvendes i mindste portioner på ca. 10 kg fissilt materiale (jfr. afsnit A 4), medens det er relativt billigt at omforme små bomber til store bomber (se afsnit A 6). Skønsmæssige vurderinger fører til, at de

samlede verdenslagre af nukleare våben må antages at omfatte knap 100.000 enkelte bomber. Dette tal er dog meget usikkert.

Man kan også spørge, hvor disse lagre befinder sig. Sehe lokaliteterne er hemmeligholdt, men man kan med sikkerhed slutte, at våbnene er spredt ud på mange små lagre for ikke at frembyde et for sårbart mål for modparten. Ligeledes er der ingen tvivl om, at disse lagre for de store bombers vedkommende i høj grad opbevares skudklare, idet de er anbragt i skudklare raketter såvel på landjorden som på overfladeskibe, såvel i undervandsbåde som i flyvemaskiner og mobile landbaserede affyringsmekanismer.

En oversigt over vurderingen af USA's lagre af fissilt råmateriale kan findes i »Arms Reduction Program & Issues« redigeret af D. H. Frisch.

B. NUKLEARE VÅBENS VIRKNINGER.

B 1. *Oversigt over nukleare våbens virkninger.*

Til brug for civilforsvarsformål har den amerikanske atomenergikommission og det amerikanske forsvarsministerium ladet S. Glasstone udarbejde en bog: »The Effects of Nuclear Weapons« (1957 og 1962), der indeholder meget detaljerede oplysninger om nukleare våbens virkninger, og som er lagt til grund for det følgende.

Lad os først betragte eksplosioner, som foregår i nogen højde over jordoverfladen. På grund af den store temperatur, som opstår ved en nuklear eksplosion, dannes hurtigt efter den ovenfor skitserede eksplosion en såkaldt »ildkugle«. Ildkuglen når sin maksimale størrelse i løbet af nogle sekunder. Den maksimale radius er ca. 7 3 in for en 1 kiloton bombe og menes at være ca. 100 gange så stor for en 100 megatons bombe.

Hvis ildkuglen berører jordsmonnet, opstår et eksplosionskrater, men dette krater antager kun meget stort omfang, hvis ildkuglen har sit centrum praktisk taget i overfladen, hvorved

man får en egentlig overfladeeksplosion. Kraterdannelsen er beskrevet nøjere i tabel B 2.

Nogen tid (ca. 1/50 sekund) efter eksplosionens start udsendes en kraftig trykbølge fra ildkuglen, og denne trykbølge forplanter sig bort fra eksplosionsstedet og giver på sin vej anledning til store ødelæggelser. Trykbølgens hele forløb og konsekvenser er naturligvis overordentlig komplicerede. Vi angiver nogle af trykbølgens følger i tabel B 1.

Den lokale opvarmning af luften omkring eksplosionsstedet forårsager, at ildkuglens indhold og den omgivende luft stiger til vejrs; i løbet af nogle minutter udvikler »paddehatteskyen« sig. Samtidig med denne opdrift opstår kraftige vinde ind mod punktet på jorden lodret under eksplosionsstedet (nulpunktet), og disse vinde forårsager luftstrømme opad imod paddehatteskyen, hvorved store mængder grus og støv rives op i ildkuglen; her blandes det med ildkuglens indhold af radioaktive stoffer og får stærk radioaktiv karakter. Før eller siden falder gruset og støvet tilbage til jorden og kaldes nu radioaktivt nedfald. En nøjere beskrivelse af nedfaldsfænomenet er givet i afsnit B 8 og B 9. Det er imidlertid klart fra det foregående, at den lokale nedfaldsmængde bliver des større,

*) Den nøjagtige størrelse af de andre landes lagre har kun forholdsvis ringe betydning for nærværende skøn. Faktisk er oplysninger om USSR's lagre yderst sparsomme.

jo nærmere ved jordens overflade eksplosionen finder sted.

I selve eksplosionsøjeblikket frigøres store mængder gennemtrængende stråling (gammastråling, røntgenstråling og neutroner). Denne stråling (initialstrålingen) omtales nærmere i afsnit B 6. I tiden efter eksplosionen udsendes store mængder varmestråling, som bidrager til bombens ødelæggende virkninger ved antændelse af brande. Denne stråling omtales nærmere i afsnit B 5.

Virkningerne af trykbølgen og varmestrålingen er i det væsentlige af samme art som den, der ledsager eksplosioner af konventionelt sprængstof, blot forstærket i uhyre grad. Den nukleare stråling er derimod et helt nyt træk og har derfor i særlig grad været emne for den offentlige debat. Dog må det understreges, at de skader, der ledsager anvendelsen af nukleare våben (herunder også skader på mennesker), først og fremmest forårsages af tryk- og varmekvælvningerne. Det kan i denne sammenhæng nævnes, at medens groft taget ca. 50 pct. af bombens energi anvendes til trykbølgens udvikling og ca. 35 pct. til varmestrålingen, forbruger den øjeblikkelige (initiale) nukleare stråling ca. 5 pct., og den nukleare stråling fra den dannede radioaktivitet tager sig af de resterende 10 pct. Disse tal er grove overslag; ændringer i eksplosionshøjde, bombestørrelse, forholdet mellem udviklet fusions- og fissionsenergi giver anledning til andre procenter. Disse forhold kommer i nogen grad til udtryk i længden af de beskrivelser af nukleare våbens virkninger, der er fremlagt fra officiel side. Den ovenomtalte bog »Effects of Nuclear Weapons« anvender således ca. 200 sider på virkningerne af trykbølgen, ca. 55 sider på den termiske stråling og ca. 160 sider på den nukleare stråling.

B 2. *Scalinglove.*

Virkningerne af nukleare våben afhænger først og fremmest af den totale energiudvikling. Desuden spiller eksplosionshøjden en særlig betydningsfuld rolle. Ved eksplosionshøjden forstås den afstand over jordens overflade, i hvilken eksplosionen udløses. Punktet på jordens overflade lodret under eksplosionsstedet kaldes nulpunktet.

Virkningerne af nukleare våben afhænger af mange andre faktorer, f. eks. meteorologiske forhold, jordoverfladens struktur og geometri, herunder skyggevirkninger fra bakker, huse

m. v. Disse detaljer vil vi ikke diskutere her, men i det følgende alene betragte de to vigtigste størrelser: eksplosionsenergien og eksplosionshøjden. Lovmæssigheder, som udtrykker virkningernes afhængighed af disse to størrelser, kaldes scalinglove.

B 3. *Målets »hårdhed«.*

Udover de ovennævnte faktorer, som har betydning for scalinglovene, er det også af betydning at notere sig, at nukleare våbens virkninger er meget forskellige over for simple murstensbygninger og over for godt nedgravede jernbetonbunkers for at nævne et par yderpunkter. Til karakterisering af målets modstandsdygtighed over for nukleare våbens virkninger taler man om målets hårdhed. Et måls hårdhed angives ved det dynamiske overtryk (målt i atmosfærer), som skal til i trykbølgen for at opnå ødelæggelse af målet. En god bunker kræver et dynamisk tryk på over 2 atmosfærer for at blive ødelagt. Almindeligt murværk blæses om ved et dynamisk overtryk på mindre end 1/3 atmosfære.

Vi må altså i det følgende ud fra scalinglove betragte det dynamiske overtryks størrelse og dernæst sammenligne dette med målets hårdhed. Opgaven er imidlertid ikke helt simpel, fordi også tidsvariationen af trykbølgen spiller en rolle, og da alle individuelle detaljer negligeres, bliver de efterfølgende talangivelser meget omtrentlige, og store afvigelser må forventes at kunne fremkomme.

B 4. *Trykbølgens virkninger.*

Som nævnt vil omtrent halvdelen af eksplosionsenergien fra et nukleart våben kort efter eksplosionen findes i form af en trykbølge eller mere korrekt en chokbølge. Denne virkning af bomben er den egentlige eksplosionsvirkning og giver anledning til fænomener af samme slags, som vi alle mener at kende fra eksplosioner, som vi har overværet eller hørt og læst om; blot er virkningen forstærket i meget høj grad. Til beskrivelse af trykbølgen kan vi tale om den tid, det tager for trykbølgen at udbrede sig fra eksplosionsstedet til det sted vi iagttager. Jo længere borte fra eksplosionscentret vi er, jo længere tid går der. Vi kan endvidere tale om det maksimale overtryk i trykbølgen. Denne størrelse aftager, jo længere vi er borte fra en given eksplosion. I en vis afstand fra eksplosionsstedet vil man iagttage et tidsforløb

af trykfænomenet, som omtrentligt tager sig således ud: Trykbølgens forside ankommer som et kraftigt overtryk, og en stærk udadrettet vind (bort fra nulpunktet) ledsager dette overtryk og varer ved i nogen tid; dette tidsrum kaldes den positive fase. Efter afslutningen af den positive fase følger en periode med undertryk og vind ind mod nulpunktet; dette tidsrum kaldes den negative fase, og når dette fænomen er afsluttet, er de primære virkninger af eksplosionstrykket overstået. Den maksimale vindhastighed i den positive fase falder sammen med trykbølgens ankomst, og denne hastighed kombineret med vægtfylden af luften i trykbølgens front giver anledning til det såkaldte maksimale dynamiske tryk. For overfladestrukturer (overfladegegnstande m.v.) karakteriseres ødelæggelsernes omfang bedst gennem angivelser af det maksimale dynamiske tryk. Trykbølgefænomenerne antager forskelligt omfang alt efter den højde, i hvilken bomben er eksploderet (eksplosionshøjden), og det er derfor i det væsentlige af interesse at diskutere to eksplosionstilfælde: Det første tilfælde, lufteksplosion

(free air burst), er defineret således, at eksplosionshøjden er lidt større end den maksimale radius af ildkuglen, det andet tilfælde, overfladeeksplosionen, fremkommer, når eksplosionshøjden er nul, d.v.s. når bomben eksploderer på jordens overflade. Tabel B 1 indeholder en række data for trykbølgeforløbet i disse to tilfælde og for henholdsvis en 1 kiloton bombe og en 1 megaton bombe, alt angivet for forskellige afstande fra eksplosionsstedet; for tilfældet lufteksplosion er tillige angivet afstanden til nulpunktet under antagelse af, at eksplosionshøjden er lig den maksimale ildkugleradius; for tilfældet overfladeeksplosion er de to afstande naturligvis identiske.

Disse tal for trykbølgens kraft skal nu sammenlignes med målets hårdhed. For at gøre dette effektivt for overfladeeksplosionens vedkommende er det nødvendigt også at diskutere eksplosionskraterets omfang. En række tal for kraterets omfang for kiloton- og megatoneksplosioner er givet i tabel B 2. Det vil erindres, at kraterdannelsen hænger sammen med ildkuglens berøring med jordsmonnet.

TABEL B 1.

Nogle karakteristiske data for trykbølgen fra en 1 kiloton bombe og fra en 1 megaton bombe.

Afstand fra eksplosionssted	Afstand fra nulpunktet	Ankomsttid	Max. overtryk	Max. dynamisk overtryk	Varighed af positive fase	Eksplosionstype
km	km	sek.	atm.	atm.	sek.	
0.1	0.083	0.2	1.8	0.4	0.2	1 kt, lufteksplosion
0.1		0.05	7.5	7.5	meget kort	1 kt, overflade
1	0.97	2.5	0.15	0.07	0.38	1 kt, lufteksplosion
1	0.65	2	1.8	0.4	2	1 mt, lufteksplosion
1		2.3	0.11	0.02	0.47	1 kt, overflade
1		0.5	7.5	7.5	meget kort	1 mt, overflade
10	0.96	25	0.15	0.07	3.8	1 mt, lufteksplosion
10		23	0.11	0.02	4.7	1 mt, overflade

TABEL B 2.

Nogle karakteristiske data for kraterdannelsen efter overfladeeksplosioner af en 1 kiloton bombe og af 1 megaton bombe.

		1 kiloton	1 megaton
kraterdybde	m	7	47
kraterdiameter	m	40	-100
brudzonediameter	m	60	600
jordvoldshøjde	m	2	12
jordvoldsdiameter	m	80	800

Krateret karakteriseres først og fremmest ved sin udstrækning i dybde og diameter, men betydelig ødelæggelse fremkommer tillige i den jord, som ligger nærmest krateret; i denne forbindelse taler man om brudzonen, som strækker sig længere ud end kraterenden; der opstår alvorlige brud på alle genstande inden for denne zone. Ligeså kastes der en del jord op omkring krateret, og denne jordvold forårsager ligeledes betydelige ødelæggelser. Jordbundsforholdene er naturligvis også vigtige; talmaterialet i tabel

TABEL B 3.

Illustration af tre af de fire ødelæggelsestyper,

	B	C	D
Fleretages jernbetonbygninger med vinduer og døre.	Mure knust, konstruktionen nær sammenfald.	Mure revnet, konstruktionen forskudt, gulve og skillevægge ødelagt.	Vinduer og døre væk, gulve og skillevægge revnet.
Fleretages beboelsesejendomme af mursten.	Totalt sammenfald, kældre dog nogenlunde bevarede.	Mure revnet, konstruktionen forskudt, gulve og skillevægge ødelagt.	Vinduer og døre væk, gulve og skillevægge revnet.
Automobiler.	Døre og kølerhjul revet af, chassis slået skævt og itu.	Væltet, store buler evt. brud på chassis.	Glas knust, buler, måske væltet.
Lokomotiver.	Væltet, dele blæst af, kedel revnet.	Sandsynligvis væltet og svært beskadiget, men kan efter nogen reparation rangeres til værksted.	Glas knust og mindre ødelæggelser.

TABEL B 4.

Ødelæggelsesradier i km for forskellige genstande for de fire ødelæggelsestyper A, B, C og D for en 1 kt og en 1 mt bombe og for henholdsvis overfladeeksplosion og lufteksplosion.

		A	B	c	D
Jernbeton industribygning	1 kt, lufteksplosion	0	0.4	0.5	2.5
	1 kt, overflade	0.25	0.3	0.5	2.5
	1 mt, lufteksplosion	0	4	5	25
	1 mt, overflade	2.5	3.5	5	24
Beboelsesejendom af mursten	1 kt, lufteksplosion	0.45	0.5	0.7	2.5
	1 kt, overflade	0.3	0.4	0.6	2.5
	1 mt, lufteksplosion	4.5	5	6.5	25
	1 mt, overflade	3.2	4	6.5	23
Automobiler	1 kt, lufteksplosion	0	0.1	0.3	0.7
	1 kt, overflade	0.2	0.2	0.25	0.5
	1 mt, lufteksplosion	0	2	4	9.5
	1 mt, overflade	3	3.5	4	8
Lokomotiver	1 kt, lufteksplosion	0	0.3	0.4	0.6
	1 kt, overflade	0.15	0.2	0.3	0.4
	1 mt, lufteksplosion	0	5	6	8
	1 mt, overflade	2.5	3.5	4.5	5.5

2 angiver forhold i tør jord; i tilfælde af granit bliver alle dimensioner rundt regnet 80 pct. af de nævnte tal.

Vi vil søge at sammenligne de nævnte tal med målets hårdhed. I denne forbindelse opdeles ødelæggelserne i 4 typer:

Type A betegner komplet ødelæggelse, type B betegner alvorlig ødelæggelse, så reparation

er praktisk taget umulig, type C betegner alvorlig men reparerbar ødelæggelse, og endelig betegner type D let ødelæggelse, der kun kræver mindre reparationer, og hvor man undertiden kan klare sig med midlertidig udbedring. Som yderligere illustration henvises til tabel B 3. Hver af disse typer ødelæggelse svarer til bestemte overtryksværdier for de forskellige gen-

Stande, d.v.s. for jernbetonhuse, murstenshuse, træhuse, biler, jernbanemateriel, broer, flyvemaskiner o.s.v. Jo større dynamisk overtryk, der skal til for at fremkalde ødelæggelserne, des hårdere er målet. På basis af faktiske erfaringer føres man således til de i tabel B 4 skitserede ødelæggelsesradier. De gengivne tal illustrerer scalingloven for trykbølgen, som udsiger, at alle ødelæggelsesradier vokser med den tredje rod af bombens energiudvikling. En 100 mt bombe vil således fore til ca. 4,6 gange så store ødelæggelsesradier som de for 1 mt bomben anførte, d.v.s. D-type ødelæggelse inden for en radius af ca. 120 km; eller mere illustrerende, en 100 mt bombe over København vil blæse døre og vinduer ud så langt borte som Vordingborg og Korsør.

B 5. Termisk stråling.

På grund af de meget høje temperaturer i ildkuglen vil en stor del af bombens energi (ca. 35 pct.) udsendes som termisk stråling eller (med et andet ord) varmemstråling. Varmestrålingen absorberes i nogen grad i atmosfæren, og af denne grund bliver scalinglovene for varmemstrålingens virkninger relativt komplicerede. Disse love kommer ikke alene til at afhænge af afstand og energiudvikling men også af sigtbarheden. For simpelhedens skyld vil vi se bort fra diset eller tåget vejr. Medens trykbølgen reflekteres ved vægge og ofte herved får en forstærket virkning, kan vi i det væsentlige betragte varmemstrålingens udbredelse som retlinet, og da varmemstråling absorberes kraftigt i de fleste typer af materialer, vil genstande, som befinder sig i skyggen af andre genstande, kun undtagelsesvis blive ramt af varmemstrålingen. De vigtigste virkninger af varmemstrålingen er forbrændinger på hud og organiske materialer samt antændelse. Vi skal i det følgende alene angive afstande fra en given eksplosion, som fører til forbrændinger på udækket hud, som et mål for skader på mennesker, og antændelsesafstande som et mål for skader på ting. Især for vurdering af risikoen for mennesker er imidlertid tidsforløbet af varmemstrålingen af meget stor betydning. Varmestrålingens udsendelse følger variationen i ildkuglens temperatur og er for mellemstore bomber mest intens i tiden fra 0,1 til 1 sekund efter eksplosionen. For store bomber strækker forløbet sig over lidt længere tider. Da menneskets reaktionstid er ca. 0,1 sekund, kan man altså under gunstige om-

stændigheder ved at kaste sig i læ for strålingen undgå visse af dens konsekvenser. Ligesom vi for trykbølgens virkninger på ting måtte tale om tingenes hårdhed, må man for varmemstrålingens virkning på ting f.eks. tale om tingenes antændelighed. Affald, papir, gamle blade fra træer er let antændelige, sort eller mørkt træ er lettere antændeligt end hvidmalet træ o.s.v. Disse forhold afspejler sig i tabel B 5, som angiver radier for virkningerne af varmemstrålingen.

TABEL B 5.

Afstande i km, inden for hvilke en 1 mt og en 1 kt bombe (lufteksplosion) vil medføre varmemstrålingsskader.

	1 kt	1 mt
1. Skader på mennesker:		
Første grads forbrænding	1.1	20
Tredie grads forbrænding	0.6	12
2. Skader på ting:		
Antændelse af haveaffald	0.6	13
— - avispapir	0.8	15
- - gardinstof ...	0.5	11

Første grads forbrænding: rødmen.
Anden grads forbrænding: blæredannelse.
Tredie grads forbrænding: sårdannelse.

Antændelighedsforhold har desuden adskillige direkte konsekvenser, når man taler om forebyggende foranstaltninger til beskyttelse mod nukleare våben. De betyder således, at slumkvarterer lettere antændes end velholdte kvarterer, simpelthen fordi ophobninger af let antændelige materialer er størst i slumkvarterer. En træbygning kan undgå at brænde, hvis der er rent omkring den, den svides ganske vist ret let, men ilden har tilbøjelighed til at dø ud igen.

Når man beskriver varmemstrålingens virkning med hensyn til brandstiftelse, må man ikke glemme, at der efter en nuklear eksplosion er mange andre mulige brandårsager som ødelagte gasledninger, væltede ovne, elektriske kortslutninger m.v. Alt i alt må det forventes, at nukleare eksplosioner over storbyer vil føre til udstrakte brande med karakter af fladebrande, ildstorme m.v., således som man kender det fra konventionelle, voldsomme bombardementer. Det ligger i sagens natur, at erfaringer i så henseende er meget begrænsede, men man har begrundet formodning om, at disse virkninger hø-

rer til de mest betydningsfulde ødelæggelsesfaktorer.

Endelig skal det nævnes, at brandbekæmpelsen efter en nuklear bombe kan være yderst vanskelig dels på grund af de store direkte ødelæggelser, f.eks. ødelæggelsen af brandslukningsmateriel, vandledningssystem og transport-system og dels under givne omstændigheder på grund af radioaktivt nedfald.

B 6. Øjeblikkelig eller initial nuklear stråling.

Den nukleare strålings virkninger er beskrevet i detaljer i flere danske publikationer, således i radioens grundbog »Atomtidens stråling«. Medens trykbølgen og den termiske stråling udgør et eksplosivt våbens sædvanlige virkninger med fare for såvel mennesker som ting, har den nukleare stråling alene virkninger over for mennesker og dyr (en undtagelse fra denne regel er beskrevet i afsnit C 2) eller andre levende organismer. Vi skal ikke her skelne mellem de forskellige typer nuklear stråling, men alene beskrive deres samlede biologiske konsekvenser, således som de måtte fremkomme efter anvendelse af nukleare våben. Vi behøver heller ikke her at gennemgå de forskellige måleenheder for strålingsdosis, men kan alene holde os til at sige, at den initialstråling (neutroner og gammastråling), som medfører 50 pct. dødelighed (ca. 400 rad) opnås i en afstand af ca. 0,8 km fra en 1 kt bombe og ca. 2,5 km fra en 1 mt bombe, hvis man befinder sig ubeskyttet i direkte linie fra bomben. Dosis aftager relativt hurtigt med afstanden, og ligeledes aftager dosis med tykkelsen af beskyttende mure, idet man groft kan angive, at dosis halveres for hver så og så mange cm beskyttende materiale (se tabel B 6). Disse regler gælder med størst nøjagtighed for gammastråling, medens neutroners afskærmning er et mere kompliceret fænomen. Dog kan det groft siges, at fugtig jord eller beton, som yder en vis beskyttelse mod gammastråling, vil yde en lignende beskyttelse mod neutroner, hvorimod det samme ikke er tilfældet for tunge stoffer som jern og bly.

De afstande fra nulpunktet, inden for hvilke den initiale nukleare stråling kan fremkalde genetiske skader, er noget, men ikke meget, større end de ovenfor anførte, og det kan således nævnes, at medens det er meget svært at påvise, at der ved bombningerne af Hiroshima og Na-

gasaki er opstået genetiske skader, heller ikke ved statistiske betragtninger, er det ingenlunde svært at godtgøre, at der opstod direkte biologiske skader af anden art såvel ved den termiske stråling som ved den initiale nukleare stråling. Det er dog ikke meningen med disse ord at afværge de genetiske risici. Genetiske strålings-skader er særlig uhyggelige, fordi de går ud over senere generationer. Vedrørende de genetiske skader henvises i øvrigt til afsnit B 10 og til afdelingsleder mag. scient. Frydenbergs afhandling (bilag 1).

Inden vi forlader emnet initialstråling, er det vigtigt at gøre sig klart, at også denne stråling udfolder sig igennem meget længere tid, end det tager for et menneske at reagere; man kan derfor formindske strålingsskaderne en del ved hurtigt at søge dækning, og dette til trods for, at initialstrålingens gennemtrængningsevne er væsentlig større end varmestrålingens.

TABEL B 6.

Halveringstykkelser for dosis fra gammastråling for forskellige materialer og forskellig oprindelse af strålingen.

	Halveringstykkelser (cm)	
	Initialstråling	Fissionsprodukter
Stål	3,8	1,5
Beton	15	5,6
Jord	20	8,5
Vand	33	12
Træ	60	23

B 7. Stråling fra radioaktivitet.

Inden der gives en beskrivelse af det lokale og det globale nedfalds virkninger, er det nødvendigt at beskrive nogle karakteristiske egenskaber vedrørende stråling fra den radioaktivitet, som fremkommer ved nukleare eksplosioner.

Den primært skabte radioaktivitet, som fremkommer ved fissionsprocessen, hidrører fra de såkaldte fissionsprodukter, som udgør ca. 200 forskellige radioaktive isotoper. Selv om hver enkelt af disse er karakteriseret ved en halveringstid, er det tidsmæssige forløb af den samlede strålingsdosis pr. time fra fissionsprodukterne på ingen måde så simpelt, at der efter en vis tid er halvt så meget, efter den dobbelte tid $1/4$, efter den tredobbelte tid $1/8$ o.s.v., thi fissionsprodukterne indeholder isotoper med me-

get forskellige halveringstider; dosishastigheden (dosis pr. time) kommer derfor til at forløbe groft taget som vist i tabel B 7, såfremt man opholder sig i et område, som er blevet forurenset (kontamineret) med fissionsprodukter (uden at man direkte har optaget fissionsprodukter i legemet igennem maven, lungerne o. lign.).

TABEL B 7.

Way-Wigner loven for radioaktivt henfald af fissionsprodukter.

Det omtrentlige tidspunkt efter eksplosionen	Dosishastigheden, målt i en vilkårlig valgt enhed
1 min.	120
10 min.	8
1 time	1,0
10 timer	0,06
1 døgn	0,02
10 døgn	0,0014
100 døgn	0,0001

De i tabellen nævnte dosishastigheder beskriver strålingen fra en vis mængde fissionsprodukter til de angivne tidspunkter efter deres dannelse.

Som grov tommelfingerregel kan man benytte følgende beregningsmåde: for hver gang tiden efter eksplosionens udløsning bliver ca. 7 gange større, bliver dosishastigheden ca. 10 gange mindre. Dette betyder f. eks., at en dosishastighed, hvis størrelse er blevet målt 1 time efter eksplosionens udløsning, efter 7 timers forløb vil være 10 gange mindre, efter 49 timer 100 gange mindre o.s.v.

Imidlertid må man tage hensyn til flere andre faktorer. For det første føres store dele af de radioaktive stoffer op i de højere luftlag (undtagelser se afsnit B 13 og B 14), således at de små eksplosionsenergier (kt bomber) giver kraftig forurening i troposfæren, medens de store bomber giver stærk forurening i stratosfæren. I disse luftlag er radioaktiviteten knyttet til mikroskopiske støvpartikler, som føres vidt omkring, inden de langsomt vender tilbage til jorden under tyngdekraftens indflydelse. Man kan i denne forbindelse med nogen rimelighed tale om en halveringstid, som beskriver den tid, der forløber, inden halvdelen af den således oplagrede aktivitet vender tilbage til jorden. For stratosfærestøv er halveringstiden af størrelsesordenen år. Dette betyder, at det aktive støv i størstedelen af den tid, hvori strålingen er mest

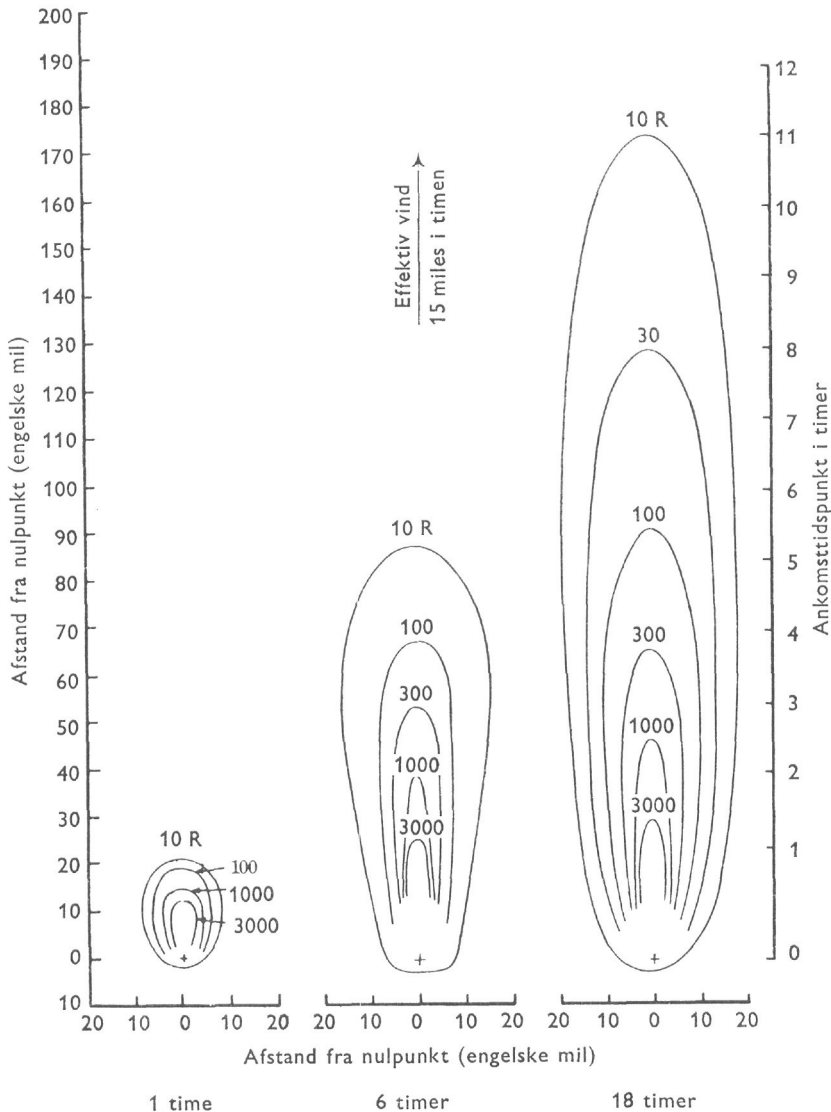
intens, i nogen grad oplagres på steder, hvor det ingen skade gør.

På den anden side er det klart, at den radioaktivitet, som knytter sig til store støvpartikler eller grus og sten, som er suget op i ildkuglen, temmelig hurtigt vender tilbage til jorden. Vindforhold er den dominerende faktor for spredning af ildkuglens og paddehatteskyens indhold. Da vindhastigheden sædvanligvis er af størrelsesordenen nogle km i timen, vil denne radioaktivitet fremkomme som følge af nedfald i nærheden af eksplosionens nulpunkt og fortrinsvis i vindretningen væk fra nulpunktet. Da dette radioaktive materiale falder ned i løbet af ret kort tid, vil det have en betydelig del af sin strålingsevne i behold og derfor være særlig farligt. Disse forhold omtales nærmere i afsnit B 8 og B 9.

Det er i al almindelighed særlig farligt at indånde, drikke eller spise radioaktive stoffer, og det er mere farligt at få sådanne stoffer afsat på huden, end det er at opholde sig i nærheden af dem. I denne forbindelse er det af betydning at vurdere de tider, som radioaktive stoffer opholder sig i organismen. Nogle er der kun i minutter, f. eks. luftarterne xenon og krypton; skønt der findes en krypton-isotop med en halveringstid på ca. 10 år, bliver dens virkning på organismen først og fremmest karakteriseret ved den »biologiske« halveringstid (nogle minutter), eller, hvis de radioaktive luftarter befinder sig i et stort luftområde, ved den »meteorologiske« halveringstid (nogle timer). Andre stoffer optages selektivt i organismen, d.v.s. koncentrerer i bestemte organer og udskilles langsomt eller slet ikke. Således koncentrerer jod i skjoldbruskkirtlen, og strontium koncentrerer i knoglesystemet. Jod-isotoperne er relativt kortlivede, medens der findes meget langlivede strontium-isotoper. Alt dette medfører, at en vurdering af radioaktivitetens biologiske virkninger bliver væsentlig mere kompliceret end beskrevet i forbindelse med tabel B 7. Yderligere vurdering af disse forhold er givet andetsteds (se f. eks. radioens grundbog: »Atomtidens stråling«).

B 8. Lokalt nedfald.

I afsnit B 7 blev det antydnet, at de største partikler, som suges op i ildkuglen, falder ned i nærheden af nulpunktet. Dette nedfald kaldes det lokale nedfald. Mængden af det lokale nedfald er størst ved en overfladeeksplosion



Idealiserede dosiskonturer beregnet på basis af Bikiniforsøget 1. marts 1954 og angivende totaldosis for tidsrummet op til 1 time, 6 timer og 18 timer efter eksplosionen.

og forsvindende ved eksplosioner i stratosfæren eller det ydre rum. I figuren er anført resultaterne af et skøn over den samlede strålingsdosis, der stammede fra Bikini-forsøget den 1. marts 1954 og blev opnået i løbet af $\frac{3}{4}$ døgn efter eksplosionen. Kurverne angiver de steder, hvor denne strålingsdosis beløb sig til de angivne antal røntgen. Hele det indkredsede område blev kontamineret i en sådan grad, at overlevelse ville have været afhængig af hurtig evakuering eller effektiv beskyttelse (i bunkers eller lignende).

Det vil forstås, at præcise nedfaldsbeskrivelser afhænger af overordentlig mange forhold. Således kan det nævnes, at eksplosionsenergien, eksplosionshøjden samt jordoverfladens beskaffenhed har væsentlig betydning. Meget væsentlig er ligeledes vindretningens forløb i mindst et døgn efter eksplosionen samt atmosfærens øvrige data, f.eks. turbulensforhold (sammenhængende med opblanding og spredning af luftlag) og nedbørsforhold. Det er derfor vanskeligt at give generelle beskrivelser af nedfaldets udbredelse og størrelse.

Endvidere bør det erindres, at de forskellige bombetyper giver anledning til ret forskellige mængder radioaktivitet, idet radioaktiviteten i det væsentlige hidrører fra fissionsprodukterne. Forholdet mellem energiudviklingen ved fission og fusion for termionukleare våben er i tilgængelig litteratur anført at kunne variere mellem 5 % fission og 95 % fusion for de relativt »rene« bomber og 90 % fission og 10 % fusion for de »snavsede« bomber.

Det er muligt at opstille scalinglove for det lokale nedfalds virkninger, og en række detaljerede regninger er blevet gennemført under hensyntagen til lokale terrænvariationer, meteorologiske forhold m.v. (se f.eks. CEX-58,8). Som en grov regel kan det anføres, at under antagelse af iøvrigt ens betingelser varierer de afstande, hvor det lokale nedfald spiller en rolle, med en potens af eksplosionsenergien, som ligger mellem $1/2$ og $1/3$. En sammenligning af størrelsen af de områder, hvor der forekommer alvorlige virkninger fra henholdsvis lokalt nedfald og trykbølger, viser, at de to arealer er af samme størrelsesorden for en 1 mt bombe af typen 50 pct. fission og 50 pct. fusion. Sådanne skøn har dog på grund af forskelle i de øjeblikkelige vejrforhold m.m. forholdsvis ringe værdi i en krigssituation, når nedfald fra en bombeeksplosion skal vurderes, og det er derfor meget vigtigt i en sådan situation i praksis at kunne spore den radioaktive sky og at kunne kombinere meteorologiske og radioaktive målinger til effektiv forudsigtelse, så evakuering m.v. kan iværksættes. Ligeledes er det af betydning at gøre sig klart, at det lokale nedfald kan have betydelige konsekvenser i temmelig store afstande fra nulpunktet.

I eksplosioner højt oppe i luften er der ringe sandsynlighed for lokalt nedfald, men specielle, omend sjældne, meteorologiske fænomener, især specielle former for regn, kan medføre lokalt nedfald også i disse tilfælde. Atter må det siges, at det er svært at give regler, og at effektiv beskyttelse bl.a. beror på melde- og advarselssystemer.

Inden vi forlader emnet »lokalt nedfald«, kan det nævnes, at neutronerne, som frigøres ved eksplosionen, kan medføre lokalt fremkaldt radioaktivitet. Dette fænomen giver en strålingsrisiko, som retteligt bør beskrives i forbindelse med det lokale nedfald. Dog vil denne stråling optræde inden for så korte afstande fra nulpunktet i et område, hvor total ødelæggelse alligevel sker, at en speciel behandling ikke er

nødvendig. Tillige dannes isotopen kulstof¹⁴ i atmosfæren, dette har betydning for det globale nedfald.

B 9. Globalt nedfald.

Den radioaktivitet, som fordeles i troposfæren og stratosfæren, vil spredes meget. For troposfæreaktivitetens vedkommende gælder det, at nedfaldet vil finde sted i et bælte, der ligger på omtrent samme breddegrad som sprængningen. Den radioaktive sky vil passere én til flere gange rundt om jorden i nedfaldsperioden; skønt skyen ikke udbreder sig meget, vil dette medføre, at radioaktiviteten fordeles over et betydeligt område. Fordelingen kan karakteriseres ved en gennemsnitsværdi og en gennemsnitsværdi, som f.eks. kan give sig udslag ved, at der fremkommer lokale regnbyger med usædvanlig stort indhold af radioaktivitet. Troposfærenedfaldet finder sted i løbet af uger eller måneder. Det hidrører især fra eksplosioner i kilotonområdet.

Stratosfæreaktiviteten er meget længe om at vende tilbage til jorden og befinder sig i luftlag, hvor der er store vindhastigheder og stor opblanding. Af disse grunde udbreder stratosfærenedfaldet sig over det meste af jorden og giver anledning til det såkaldte »globale nedfald«. Ligeledes bliver fordelingen over jordens overflade af stratosfærenedfald meget **jævn**, omend med variationer i fordelingen i nord-sydgående retning. De i afsnit B 7 antydede selektive processer kan dog give anledning til forskelle i virkningerne over for forskellige befolkningsgrupper. Det kan således nævnes, at overfladevand vil være mere kontamineret end grundvand på grund af den rensende (og dermed selektive) proces, som hidrører fra nedrivningen. Der er altså her forskel på risikoen for en befolkning, hvis drikkevand hidrører fra overfladeopsamling, og for en befolkning, hvis drikkevand stammer fra brønde.

Det globale nedfald kan forholdsvis let måles med følsomme instrumenter, og sundhedsstyrelsen udsender regelmæssige oplysninger om dets størrelse. Nedfaldsmålinger sammenlignes ofte med den strålingsværdi, som tillades */// stadighed*. Dette betyder, at radioaktiviteten kan overstige denne værdi, endda temmelig meget, uden at der derfor behøver at være fare på færde; strålingen må nemlig ikke i middel ;'

omkring 70 år overstige den angivne »tilladelige« værdi.

Der er tillige enighed om, at det er muligt at skønne over størrelsesordenen af den globale risiko af en bestemt strålingsmængde, og at det ikke hidtil har været muligt statistisk at eftervise forøget skademængde (hverken medicinsk eller genetisk) fra det hidtil producerede globale nedfald. Der kan også mindes om, at allerede i naturen varierer de strålingsvilkår, hvorunder mennesker lever, meget mere end de ændringer, den relativt ringe forøgelse fra det globale nedfald hidtil har medført.

Langt den overvejende del af de personer, som har indsigt med strålingsbiologiske forhold, er imidlertid enige om, at enhver forøgelse af strålingsdosis er utilladelig, hvis ikke dens formål er så gavnligt, at man bør se væk fra den øgede strålingsrisiko. Således må man f. eks. anse den nytte, man har af lægernes røntgen, for langt at opveje den risiko, som den forøgede stråling giver.

B 10. De biologiske virkninger af den nukleare strå

Den nukleare stråling, der ledsager kerneeksplosioner, og som ikke direkte opfattes af vore sanser, kan på forskellig måde frembringe ødelæggelser i organismen, der kan medføre alvorlig sygdom og død. Man skelner mellem tre virkninger af strålingen:

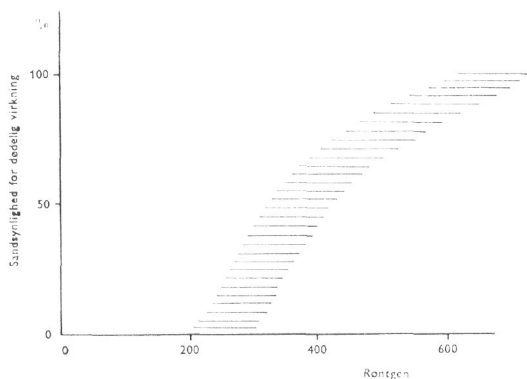
1. Ioniserende stråling over en vis dosis fremkalder en svækkelsestilstand, den såkaldte strålingssyge, hvis første symptomer viser sig efter timers til ugers forløb efter bestrålingen.

2. Strålingen kan nedlægge en spire til senere udvikling af kræftsvulster og andre sygdomme. Der kan gå mange år efter bestrålingen, før symptomerne på en sådan sygdom viser sig.

3. Den stråling, der rammer kønsorganerne, kan frembringe en ændring af arveanlæggene. Dette kan give anledning til defekter hos senere generationer.

Strålingssygen er omtalt i radioens grundbog: »Atomtidens stråling«, og det skematiske sygdomsbillede er her gengivet i tabel B 8. Den procentvise dødeligssandsynlighed ved en givet kortvarig dosis er omtrentlig illustreret i figuren.

Kun hvis personer får en strålingsdosis, der er større end ca. 400 rad, vil de omgående inden for få timer blive ramt af strålingssyge, der f.eks. gør militære enheder ukampdygtige.



Ud over ovenstående omtale af strålingssyge er det værd at omtale, at det stærke lys fra ildkuglen kan føre til alvorlige øjenbeskadigelser. Dette forhold er baggrunden for, at man adværer imod at se på ildkuglens udvikling (se statsministeriets pjece: »Hvis krigen kommer«).

Ligeledes er det værd at nævne, at skønt radioaktive stoffer kan overføres ved berøring, gælder det, at strålingssyge i sig selv ikke er smitsomt, men at den, som er ramt af strålingssyge, er særlig følsom for mange smitsomme sygdomme.

Antallet af personer, der pådrog sig alvorlig strålingssyge ved bombningerne af Hiroshima og Nagasaki, er vist i tabel B 9 og sammenlignet med antallet af sårede og dræbte som følge af mekaniske skader og forbrændinger. Som omtalt i det foregående vil imidlertid den relative virkning af den nukleare stråling afhænge stærkt af de nærmere forhold ved eksplosionen og af dennes størrelse.

Blandt kræftsygdomme fremkaldt af stråling synes leukæmien (kræftsvulster i de bloddannende organer) at være særlig fremtrædende. I årene efter atombombesprængningerne i Hiroshima og Nagasaki viste der sig hos den del af befolkningen, der havde været udsat for stærk stråling, en betydelig forøgelse i leukæmi-hyppigheden. Man skønner, at i den mest udsatte gruppe, der modtog en så stærk dosis, at kun en ringe del overlevede strålingssygen, optrådte der leukæmi hos 1–2 pct. af de overlevende. Dette svarer til ca. 400 gange den normale leukæmi-hyppighed. En nærmere redegørelse for vor viden om den leukæmifrembringende virkning af ioniserende stråling er udarbejdet af professor dr. med. Mogens Faber (Bilag 2).

Det er velkendt fra dyreforsøg, at ioniserende stråling kan frembringe ændringer (mutationer) i arveanlæggene, der kan vise sig ved defekter hos efterfølgende generationer (f.eks. arvelige sygdomme). For menneskets vedkommende findes ingen direkte erfaringer af tilsvarende art, og en vurdering af strålingens genetiske virkninger er derfor behæftet med stor usikkerhed. En redegørelse for, hvad man ad mere indirekte vej kan slutte om disse forhold,

er udarbejdet af afdelingsleder mag. scient. Ove Frydenberg (Bilag 1).

Foruden den initiale stråling og det lokale nedfald kan også det globale nedfald medføre biologiske skader. Strålingsintensiteten er her alt for lille til at fremkalde strålingssyge, men vil kunne forårsage genetiske skader og eventuelt leukæmi.

TABEL B 8.

Sygdomsbilledet efter store strålingsdoser modtaget i løbet af kort tid.

Tidspunkt efter modtagelse af dosis	Altid dødelig dosis	Middel dødelig dosis (400 rad)	Moderat dosis (300-100 rad)
1. uge	Kvalme og opkastning efter 1-2 timer	Kvalme og opkastning efter 1-2 timer	Ingen særlige symptomer
	Forholdsvis symptomløs	Forholdsvis symptomløs	
2. uge	Diarré, kvalme, opkastning, sår i mund og svælg		
	Feber, afkræftelse, død (ca. 100 %)		
3. uge		Feber	Hårtab Appetitløshed Træthed og mæthed Halsinfektion Blødning Diarré
4. uge		Svære sårddannelser i mund og svælg ...	Helbredelse sandsynlig
		Udtalt afkræftelse, blødning, diarré Evt. hurtig afkræftelse med ca. 50 % dødelighed	

TABEL B 9.
Skader i Japan.

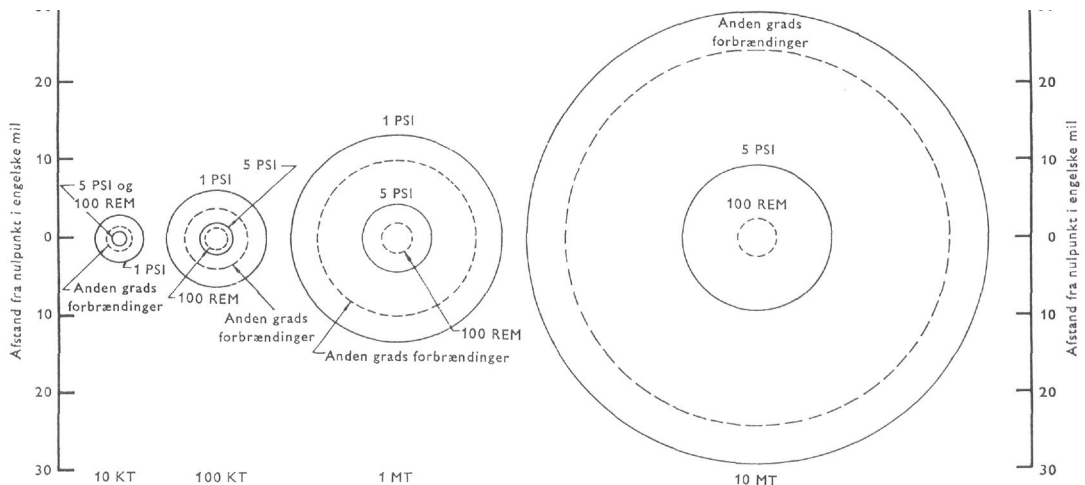
	Hiroshima	Nagasaki
Samlet befolkningstal ...	225.000	195.000
Dræbt og savnet	70.000	36.000
Sårede	70.000	40.000
km ² ødelagt12	4.5

Af de overlevende, men sårede, havde
ca. 70 % mekaniske skader (brud m. v.)
ca. 70 % forbrændinger
ca. 30 % nukleare strålingsskader

B 11. Sammenligning mellem bombevirkningernes betydning.

I det foregående er de forskellige virkninger af nukleare våben blevet beskrevet enkeltvis. Det er meget vigtigt at sammenligne de forskellige virkninger. Alle de omtalte virkninger vokser selvsagt med bombens størrelse, men da de ikke vokser lige meget, kan der ske en forskydning i virkningernes indbyrdes betydning afhængig af bombens størrelse. Skematisk fører en sådan sammenligning til følgende resultat:

a) ved meget små bomber (energiudvikling mindre end 1 kt) stammer de mest betydelige



De fuldt optrukne cirkler viser de områder, inden for hvilke et dynamisk overtryk overstiger henholdsvis 1 psi og 5 psi. Tilsvarende cirkler (punkterede) angiver de områder, inden for hvilke der opstår andengradsforbrænding, samt hvor personer udsættes for en stråling, der overstiger 100 rem.

ningsfulde virkninger fra tryk og initialnuklear stråling, medens termisk stråling er forholdsvis mindre vigtig,

- b) ved meget store bomber (energiudvikling over 1 mt) stammer de mest betydningsfulde virkninger fra tryk og termisk stråling, medens den initialnukleare stråling er forholdsvis mindre vigtig.
- c) overfladeekspllosioner fører til kraftigt nedfald, hvis udbredelse har udpræget retnings-tendens bestemt af den overvejende vindretning i det døgn, som følger efter eksplosionen. Radioaktivt nedfald kan i forbindelse med store bomber og i visse situationer berøre meget store arealer.

De to første af disse forhold er illustreret i figuren.

B 12. Beskyttelsesforanstaltninger.

Beskyttelsesforanstaltninger mod atombomber kan diskuteres ud fra mange synspunkter. Lad os først notere, at effektiv beskyttelse mod en fuldtræffer er praktisk taget uigennemførlig. Dette fremgår alene af den kraterstørrelse, som er beskrevet i tabel B 2.

Inden for de afstande, som svarer til ødelæggelsestype A for bygninger, er beskyttelsesmulighederne i det hele taget små, skønt bunkers eller kældre i gennemsnit giver bedre chance

end ophold i det fri eller oppe i bygninger. Uden for disse afstande er mulighederne betydelig bedre, og baggrunden for de regler, som er skitseret i Statsministeriets pjece: »Hvis krigen kommer«, bør i lys heraf være let forståelig.

Det er således en konsekvens af tidsforløbet for ildkuglens udvikling og den termiske strålings og initialstrålingens udsendelse, at man kan opnå meget ved hurtigt at kaste sig ned i læ af et eller andet og ved ikke at se på ildkuglen. Man bør blive i læ, indtil de forskellige faser af den primære trykbølge er overstået. Situationen efter disse første få minutter er væsentligt vanskeligere at overskue. Risikoen for fladebrande har ført nogle eksperter til at hævde, at overlevelsesmuligheden ved store eksplosioner er meget lille inden for fladebrandsområdet, hvorimod andre mener, at man har gode muligheder ved at opholde sig i bunkers. Muligheden for opståen af fladebrande er naturligvis størst i store byer og i skovområder.

De af civilforsvaret foreslåede foranstaltninger over for en nedfaldssituation er lette at forstå og overse; det er meget vigtigt at være i nærheden af en radio - helst batteriradio med FM - så officielle vejledninger kan efterfølges; dette følger af de tidsmæssige forhold, som er beskrevet i forbindelse med lokalt nedfald. Betydningen af, at man har et nødforråd af dåsemad m.m. og af forskrifter for fjernelse af radioaktivt støv, begrundes let ud fra ønsket om at undgå, at nedfald kommer ind i organismen.

Beskyttelsesforanstaltningerne skal ikke belyses nærmere her, men der henvises til statsministeriets pjece og mindes om, at fladebrandsrisikoen kan formindskes ved orden og renlighed i beboelseskvarterer.

B 13. *Underjordiske eksplosioner.*

Underjordiske eksplosioner kan inddeles i to typer afhængig af eksplosionsdybden. Hvis eksplosionsdybden ikke er stor, bryder eksplosionen gennem overfladen og giver anledning til meget alvorlig radioaktiv forurening. Omkring eksplosionsstedet opstår der en mængde varm gas bestående af fordampet jord og bombester. Det derved opståede kolossale tryk vil give anledning til en chokbølge i jordlagene, som bedst kan sammenlignes med en jordskælvsbølge. Såfremt trykket er stort nok til at gennem-bryde de overliggende jordlag, fremkommer en voldsom sky af radioaktivt støv, jord, sten m.v. Termisk stråling vil i høj grad absorberes, og det samme gælder initialstrålingen. Kraterdannelsen kan blive væsentlig kraftigere end ved overfladeeksplosioner, medens den atmosfæriske trykbølge reduceres væsentligt. Et særligt fænomen opstår (især ved eksplosioner i tørt sand), fordi findelt jord i nogen grad opfører sig som en væske. Når findelt jord falder ud eller kastes ud fra eksplosionsskyen og herigennem rammer jordoverfladen, opstår en »brådsø« (base surge) af støv, som vælter sig ud fra eksplosionsstedet og af vinden kan føres langt væk fra eksplosionsstedet og herigennem bidrage væsentligt til den radioaktive kontamination.

En helt anden situation fremkommer, når den nukleare eksplosion foregår så dybt i jorden, at der intet sker på jordoverfladen bortset fra jordrytelsen. I så fald opstår ingen kraterdannelse eller kontamination. Sådanne eksplosioner anvendes blandt andet i USA ved eksperimentelle undersøgelser af nukleare våben. Denne fremgangsmåde giver ikke anledning til globalt nedfald, men der opstår naturligvis på det pågældende sted et dybtliggende område af smeltede radioaktive jord- eller bjergarter.

B 14. *Undervands eksplosioner.*

De fænomener, som ledsager undervands-eksplosioner, er meget komplicerede. Ligesom ved underjordiske nukleare eksplosioner opstår

først et område med høj temperatur, alt materiale i luftform og store tryk. Den overliggende vandmasse presses næsten lodret opad og danner den såkaldte »spray dorne«, d.v.s. en kuppelformet vandsøjle. Den store fugtighed og de enorme lokale temperaturvariationer fører til en næsten kugleformet fortætningssky, samtidig med at undervandstrykbølgen forplanter sig bort fra eksplosionsstedet og giver anledning til særlige overfladefænomener. Kort efter hæver fortætningsskyen sig og breder sig ud, og en hul vandsøjle, der inderst består af nedad strømmende vand, fremkommer, således at hele fænomenet ligner en kæmpemæssig paddehat. Dernæst fremkommer en periode, hvor vandet falder eller slynges ned igen og frembringer en brådsø af fint fordelt vand nærmest som sprøjet ved et vandfald, men af kolossale dimensioner. Dette sprøjt og den tilbageblevne sky er stærkt radioaktiv, og de fra eksplosionen dannede ringbølger og nedfaldsfænomener giver anledning til særlig betydningsfulde virkninger et stykke borte fra det egentlige eksplosionsområde.

Både bundforhold, eksplosionsdybde, eksplosionsenergi og vejrforhold spiller en stor rolle for vurderingen af virkningerne af undervands-eksplosioner. Ligesom for overfladeeksplosioner og lufteksplosioner har man vurderinger ved hjælp af scalinglove og detaljerede beskrivelser af trykbølgens forplantning i vandet og refleksion (ned i vandet) fra overfladen. Specielt interesserede henvises til den ofte citerede bog: »The Effects of Nuclear Weapons«.

Den ved en undervands-eksplosion frembragte flodbølge vil kunne forårsage store oversvømmelser af nærliggende kystområder. Vi vil først se på et par idealiserede tilfælde, nemlig sprængning af en 50 mt bombe i et vandområde uden kyst i nærheden og med vanddybder på henholdsvis 50 m, 100 m, 200 m og 400 m.

Meget groft får man i disse tilfælde fremkaldt flodbølger, hvor højdeforskellen mellem bølgetop og bølgedal er som vist i tabel B 10.

Det er selvsagt forbundet med betydelig usikkerhed ud fra disse tal at slutte noget præcist om virkningerne af en flodbølge efter en 50 mt undervands-eksplosion i danske farvande. Variationer i havdybde og kysternes tilstedeværelse fører til en række til dels forstærkende virkninger. Det synes dog sikkert, at betydelige oversvømmelser vil opstå langs de fleste af vore kyster. Da flodbølgevirkningernes størrelse følger kvadratroden af eksplosionsenergien, kan

man for de store bombers vedkommende forventede meget stor udstrækning af denne form for ødelæggelse sammenlignet med virkningerne gennem lufttryk, brand og stråling, naturligvis under forudsætning af, at bomben eksploderer i eller over tilstrækkeligt store vandmængder.

TABEL B 10.

Højdeforskel mellem top og dal for bølge fremkaldt af 30 megatons under vand eksplosion

i forskellige afstande fra nulpunktet og for forskellige havdybder.

Afstand i km	Havdybde i m			
	50	100	200	400
	Højdeforskel i m			
10	5	10	20	50
20	2	5	10	20
50	1	2	5	10
100	0,5	1	2	4

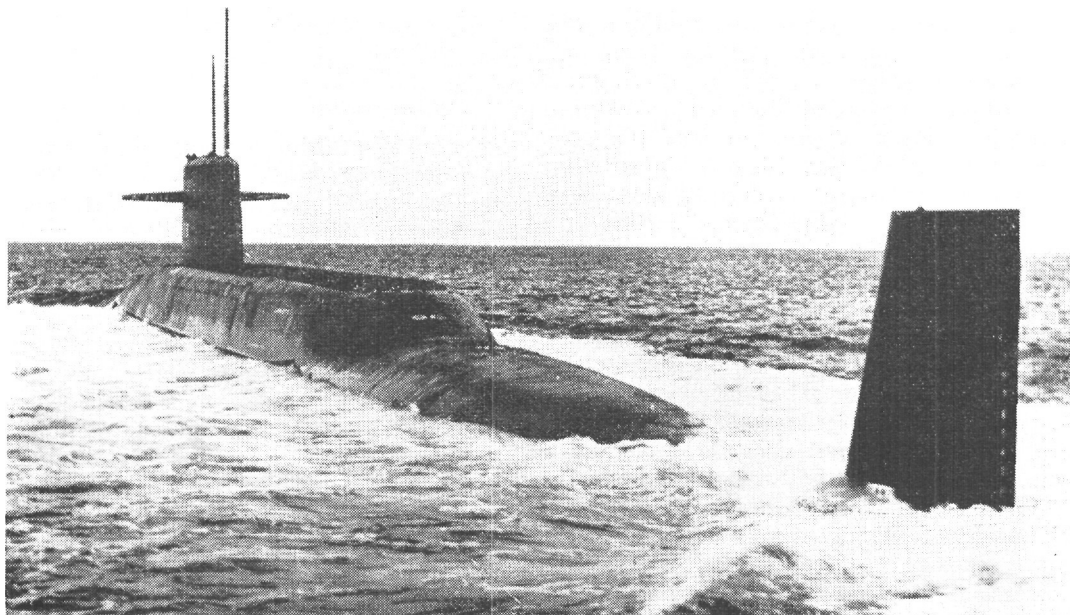
C. ANDRE FORHOLD.

C 1. Fremføringsmidler.

Vi har tidligere set på den store sprængenergi, som findes oplagret i de lande, som ejer nukleare våben, og samtidig peget på nogle af de problemer, som møder den, som planlægger et forsvar eller modangreb. Her skal vi se lidt mere på en enkelt side af dette sidste problem, d.v.s. på problemet om, hvordan man rammer et fjernliggende mål med en nuklear bombe.

Bomberne over Japan blev bragt til målet ved hjælp af fly. De store moderne fly kan bære

een eller flere megatonbomber, da disse bomber kun vejer nogle få tons. Der er derfor ingen tvivl om, at bombefremføring ved hjælp af jetfly er en realistisk fremgangsmåde. På den anden side er bemandede fly ikke særlig hurtigtgående og derfor forholdsvis sårbare, ligesom de har vanskeligt ved at slippe væk fra eksplosionsområdet. Fremføring i bemandede fly giver mulighed for stor præcision i afleveringen af bomben mod målet. Stor præcision er imidlertid ikke så væsentlig ved anvendelsen af



Polaris u-båd.

nukleare våben på grund af disse våbens store ødelæggelsesradius — med den undtagelse, at visse strategiske mål kræver stor træfsikkerhed på grund af deres specielle hårdhed.

Raketter er væsentlig vanskeligere at uskadeliggøre end fly. Da præcisionen er af mindre betydning for nukleare våbens effektivitet, er kombinationen ubemandede raketter-nukleare våben særdeles gunstig i militær forstand. Raketter inddeles efter deres rækkevidde i kortdistance-raketter (SRBM), mellemdistance-raketter (IRBM) og interkontinentale raketter (ICBM). Udover denne inddeling er det vigtigt at vide noget om raketternes bæreevne. Såvel USA som USSR har klart demonstreret deres formåen i så henseende gennem de forskellige satellitprogrammer, og det synes rimeligt at gå ud fra, at både USA og USSR har såvel mellemdistance-raketter som interkontinentale raketter, som kan bære megatonvåben. De forskellige satellitprogrammer giver tillige et klart billede af raketternes træfsikkerhed og affyringssikkerhed. Træfsikkerheden har først og fremmest interesse, når talen er om strategisk hårde mål. Begrebets betydning illustreres bedst ved en vurdering af radius for ødelæggelseskategori A for endnu stærkere bygninger (bunkers) end dem, der er omtalt i afsnit B 4. Over for sådanne strukturer opnås kun effektiv ødelæggelse i et område, der svarer til radius af brudzonen eller den jordvold, som fremkommer ved overfladeekspllosioner, d.v.s. for våben af størrelsen 10 mt til en radius på ca. 1 km. Dette tal kan vi sammenligne med træfsikkerhedsradien, d. v. s. middelfavgivelsen fra det ønskede mål, således som den viser sig at være ved et stort antal prøveskud. Ved en sådan beregning kan man f. eks. vurdere antallet af skud, som er nødvendige for med 90 pct. sikkerhed at kunne sige, at det strategiske mål er udslettet. I tabel C 1 er anført en række forskellige træfsikkerhedsradier og de antal skud, som giver 90 pct. sikkerhed for ødelæggelse af målet ved anvendelse af 10 mt bomber. Til sammenligning kan det nævnes, at prøveskud med interkontinentale raketter har demonstreret en træfsikkerhedsradius på 1-2 km. Forbedringer i disse tal kan forventes som resultat af det intensive forskningsarbejde vedrørende styring af raketter.

Affyringssikkerheden er temmelig stor, hvilket fremgår af de to landes formåen med hensyn til at sende rumpiloter ud på raketrejse.

TABEL C 1.

Træfsikkerhedsradius*	Antal skud**
0,5 km	2
1 km	5
1,5 km	10
2 km	19

*) Defineret som »root mean square deviation of hit as measured in one direction«.

**) Som giver ca. 90 % sikkerhed for at ødelægge målet med en bombetype med 1 km ødelæggelsesradius, svarende til ca. 10 mt sprængkraft.

Detaljerede oplysninger om aktionsradius, bæreevne, hastighed og træfsikkerhed for fordelingsystemerne hører til informationskategorien: militære hemmeligheder. Præcise meddelelser kan altså ikke fremskaffes her, og af den grund bringes der i tabel C 2 kun en oversigt over sådanne data, som kan indhentes f.eks. i litteratur *) om rumfart, fly m.v. Bedre kilder har vi ikke.

Det kan til slut nævnes, at man kunne tænke sig nukleare våben hemmeligt deponeret inden for eller nær modpartens område. Nukleare våben er forholdsvis små og derfor ret lette at skjule og lette at transportere. I denne forbindelse taler man om begrebet »kuffertbomber«, som sigter til et nukleart våben, som transporteres »i en kuffert« eller på anden simpel og skjult måde.

C 2. Forsvarsvåben.

Er et nukleart våben først bragt til eksplosion over målet, er mulighederne for egentligt forebyggende forsvar naturligvis udelukket. Forsvarsvåben må derfor søge at ødelægge modpartens nukleare våben, før de når til målet, hvilket igen vil sige, medens de er undervejs eller før affyringen.

Forsvarsvåben mod luftangreb med fly er som bekendt antiluftskyts, jagerfly m.v. På grund af raketternes store hastighed er de naturligvis væsentligt vanskeligere at nedskyde. Man taler om antiraketvåben, som kan bære raketter, som selv søger mod målet, og som, når de rammer eller er meget nær ved, udløser en eksplosion.

En af de vigtigste målestørrelser for disse

*) Se leksikonartiklerne om fly og raketter.

TABEL C 2 x)

Data vedrørende fordelingsystemer og forsvarsvåben. Alle tal er omtrentlige. Alle tal er fra 1939. Kun få eksempler er medtaget.

Type	Navn	Max. hastighed km/time	Max. højde*) m	Operationsradius**) km	Normal vægt med last ton	Produktion***)	Bemærkninger	Hjemsted
SAC bombefly	B47E	900	13000	2500	40	1500	sidst produceret februar 1957	USA
SAC bombefly	B52G	1000	15000	6000	80	600	produktionsordre indtil 1959	USA
SAC bombefly	B58	2200	18000	?	35	?	efterfølger for B47	USA
Tankfly	KC135	900	13000	—	60	500	produktionsordre indtil 1959	USA
Jagerbomber	F84G	900	—	1600	10	4450	sidst leveret juli 1953	USA
Jager	F102	1300	16000	—	6	1000	sidst produceret april 1958	USA
Jager	F106	2200	18000	—	1	30	i tjeneste 1959	USA

x) Relativt detaljerede tabeloplysninger om dette emne findes i »1970 Without Arms Control«.

*) Service ceiling, s. d. i leksikon.

**) Uden tankning i luften

***) I tjeneste eller ordre afgivet.

TABEL C 2. fortsat

Type	Navn	Rækkevidde km	Startvægt ton	Hjemsted	Max. hastighed km/time	Max. højde km	Nyttevægt kg
ICBM	T3	8000	80	USSR	24000	900	1000
ICBM	Titan	10000	100	USA	18000	800	2200
ICBM	Atlas	10000	110	USA	24000	1000	1500
IRBM	T2	3000	50	USSR	16000	—	1100
IRBM	Thor	2600	50	USA	16000	400	—
IRBM	Polaris	2000	13	USA	15000	—	500
IRBM	T2	800	17	USSR	8000	210	1200
SRBM	Honest John	30	2.7	USA	1800	—	700
SRBM	Nike Hercules	120	2.3	USA	3500	50	500
SRBM	T7A	150	2.0	USSR	5100	—	80

modvåbens effektivitet er deres flyvehastighed sammenlignet med flyvehastigheden for det objekt, som de skal tilintetgøre. En sammenligning af sådanne hastigheder kan foretages ud fra tabel C 2.

En anden vigtig målestørrelse for effektiviteten er den afstand, inden for hvilken den medførte sprængladning virker efter hensigten. For antiraketvåben med konventionelt sprængstof, hvor det drejer sig om at ødelægge raketten med sprængstykker, er denne afstand ganske kort, måske af størrelsesordenen 50 m. Ved antiraketvåben med nukleare sprænghoveder vil varmeudviklingen forårsaget af varmestråling og nuklear stråling kunne ødelægge bomben på meget længere afstand, af størrelsesordenen 1, måske flere kilometer.

Man er således i stand til ved hjælp af nukleare våben at opnå en betydelig ødelæggelsesafstand over for nukleare våben, især under disse transport i det ydre rum. Det bør dog tilføjes, at skønt man allerede er i stand til at fremstille sådanne antiraketvåben, er deres effektive udnyttelse så kompliceret og kostbar, at det er vanskeligt at forestille sig, at de på afgørende måde skulle kunne forskyde magtbalancen i den nærmeste fremtid.

C 3. Varselssystemer og -tider.

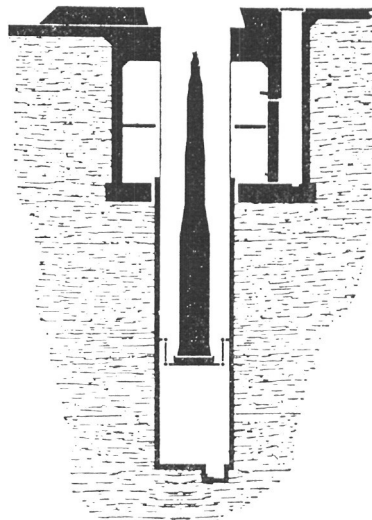
Problemerne i forbindelse med varselssystemer og -tider kan deles i to helt forskellige områder: Varsling mod overraskelsesangreb og varsling mod radioaktivt nedfald.

Rakettidens eventyr »Jorden rundt på 80 minutter« medfører, at tiden fra affyring i USSR til nuklear eksplosion i USA eller omvendt er ca. 15 minutter. Dette tidsrum er al den varselstid, man overhovedet kan have til rådighed over for de såkaldte overraskelsesangreb; foregår afskydningen fra ubåde eller satellitter, er tiden endnu kortere. For overhovedet at blive advaret har man opbygget en række meget store radar-systemer anbragt i kæder, således at de »truede« fronter er dækket, og således at gengældelsesaktioner kan iværksættes. Det amerikanske varselssystem BMEWS (*ballistic missile early warning system*) er sikkert den bedst kendte radar-kæde, men man har også opbygget andre varselssystemer, som f.eks. satellitsystemet MIDAS (*missile infrared detection alarm satellite*), som reagerer på varmen fra raketaffyring. Dette betyder imidlertid, i hvert fald indtil de skjulte og bevægelige affyringssystemer er udbygget, at raketter med nukleare bomber skal kunne affyres, inden de ødelægges af et nukleart angreb, hvilket igen vil sige kunne af fyres med et varsel, som er mindre end 15 minutter.

Af mere direkte interesse for den danske befolkning er varselstiderne med hensyn til de beskyttelsesforanstaltninger, som er beskrevet i statsministeriets pjeces: »Hvis krigen kommer«. Den tid, det tager, førend fænomenet »radioaktivt nedfald« udvikler sig, er af særlig betydning. Disse tider bestemmes først og fremmest af vindhastighed, vindretning og afstand fra eksplosionen, og det er let at se, at der f.eks. ved bombing af tysk område er god grund til at tænke sig, at der er flere timer til rådighed, når det drejer sig om at finde dækning i det meste af Danmark.

C 4. Affyringspladsers hårdhed.

Det er klart, at affyringsramper for raketter er strategisk vigtige mål for en angriber, og det følger heraf, at der gøres alt for at gøre dem så lidt sårbare som muligt. Tre metoder er almindelig kendte. Den ene er at gøre affyringsramperne mobile, d.v.s. anbringe dem på vogne, skibe, ubåde, satellitter eller fly. Samtidig er det klart, at man må sørge for, at disse bevægelige affyringsramper virkelig bevæger sig, d.v.s. man må til stadighed lade vognene køre, flyene flyve o.s.v. Den anden er at sprede affyringsramperne mest muligt, hvilket igen betyder, at *mange* små grupper af militære teknikere skal udføre det egentlige arbejde i til-



Skitse af underjordisk tilholdssted for raket med fast sprængstof (Minuteman).

fælde af atomkrig og faktisk affyring af bomberne. Denne konklusion er af stor betydning for begrebet »tilfældig krig«. Den tredje metode er at gøre affyringsramperne »hårde«, d.v.s. bygge dem ind i bunkers eller underjordiske siloer. Sådanne anlæg kan kun ødelægges ved egentlige fuldtreffere, og dette har stor betydning for træfsikkerhedsproblemer.

C 5. Taktiske atomvåben.

I forbindelse med installationer af kortdistance-raketter og raketbaser har der været megen diskussion om begrebet taktiske bomber (om »strategi-taktik« se C 6).

Der er grund til at tro, at taktiske bomber er fissionsbomber med ringe energiudvikling, f.eks. svarende til nogle kilotons TNT eller mindre. Det følger af de i diagrammerne i afsnit B i fremstillede forhold, at mindre, taktiske atomvåben i så fald først og fremmest kombinerer trykbølgevirkning og initialnuklear strålingsvirkning. Sådanne våben vil dog, hvis de fremstilles af plutonium, medføre en vis radioaktiv forurening, idet hver bombe mindst må indeholde nogle kg plutonium (se afsnit A 4), som spredes ved eksplosionen.

Såfremt den såkaldte neutronbombe bliver en realitet, rykker initialstrålingsafstandene ca. to gange så langt ud for samme energiudvikling, og man får derved mulighed for at råde over

våben, hvor initialstrålingens virkninger dominerer over såvel den termiske stråling som trykbølgens virkninger, især hvis man er i stand til at fremstille helt små bomber, f.eks. i 100 tons klassen. Sådanne våben vil have ganske specielle virkninger, idet de først og fremmest vil forårsage personskade og relativt ringe materiel skade og kun have ringe radioaktiv virkning. De kan måske af den grund betragtes som særligt velegnede som taktiske våben.

Der er en række begreber, som er af betydning for diskussionen omkring taktiske våben, som bør omtales her. Således må man gøre sig klart, at kombinationsmulighederne nukleare våben - raketter muliggør et stort antal systemer beregnet til affyring fra jorden mod mål på jorden (ground to ground) eller fra luften mod mål på jorden (air to ground) o.s.v. Endvidere kan man udskyde nukleare våben med kanoner. De taktiske våben er våben, der tager særlig sigte på at anvendes mod modpartens tropper, transportere o.s.v. De må fortrinsvis påregnes at have kort rækkevidde, og de diskuteres derfor særligt i forbindelse med »begrænset« krig.

Overvejelserne angående »begrænset« krig, d.v.s. krig på nærmere betegnede, begrænsede landområder, har mange sider. Kan man f.eks. i det hele taget gøre sig håb om en sådan begrænsning, og kan man undgå tiltagende omfang (escalation), f.eks. som følge af inddragen af nabolande i konflikten, udbrud af andre krige i nærheden og i ly af de første begivenheder eller stigende anvendelse af ukonventionelle våben? I denne diskussion er de taktiske våbens betydning i en begrænset krig en særlig vigtig problemkreds.

Selv om taktiske atomvåben kan betegnes som »forholdsvis små«, må det erindres, at ødelæggelsesvirkningen af et kilotonvåben er meget betydelige. Anvendelsen af taktiske atomvåben i større antal vil naturligvis kunne forårsage lige så store ødelæggelser af det angrebne område som en strategisk bombing.

C 6. *Stm* — taktik.

Medens taktikeren er den, der fører en krig på selv kamppladsen, er strategen den, der planlægger en krig og gennemfører operationerne uden for kamppladsen. Denne definition medfører utvivlsomt, at begrebet taktiske våben for mange har klang af mere tilfældig og mindre

planlagt anvendelse eller i hvert fald anvendelse, som er præget i højere grad af slagets gang end af forudgående overvejelser.

Den anden verdenskrigs omvæltninger har imidlertid også bragt ændringer i ordenes betydning, og begrebet taktisk bombing har derfor i nogen grad fået betydningen »bombning af militære mål i forbindelse med selve kamphandlingerne«, medens strategisk bombing i nogen grad er blevet identificeret med »almen bombing af civile mål eller militære mål«.

Inden for begrebet strategiske krigsmål falder utvivlsomt alle faste fjendtlige militære installationer som affyringspladser, flyvebaser, lufthavne, produktionscentre o.s.v. Direkte angreb på civile mål hører også med til den strategiske krigsførelse og kan have mange formål, af hvilke vi kan erindre lammelse af modpartens samfundsstruktur både med hensyn til produktion, samfærdsel og forsyninger, udslettelse af modparten - med de moderne våben er total udslettelse mulig - og ødelæggelse af fjendens modstandsmoral, hvilket f.eks. kan opnås ved trusler eventuelt ledsaget af bombing af et enkelt eller nogle få områder, en fremgangsmåde, som kan føre til panik og kaos.

Et begreb, der ofte anvendes i forbindelse med vurderinger af et givet krigsmåls grad af udsathed eller en given krigssituations sandsynlighed, er begrebet »trolighed« (credibility). I den nukleare debat er især sandsynligheden af magtbalancens enkelte elementer af betydning: gengældelseskraftens styrke, viljen til at bruge den o.s.v.

Man taler således om en bys eller et lands »trolighed« som strategisk mål for angreb med nukleare våben. Det er klart, at dette begreb ikke er noget eksakt, men at det har et betydelig subjektivt element i sig. Denne »trolighed« kan forøges eller formindskes på forskellig måde. Placerer man således strategiske mål som hårde affyringsramper for raketter med nukleare våben et eller andet sted, forøger man »troligheden« af dette sted eller denne omegn som mål for nukleare våben.

I forbindelse med den nukleare strategi er der to emner, som bør omtales: radiologisk krigsførelse og »strålingspsykologi«.

Ved radiologisk krigsførelse forstås anvendelse af nuklear stråling som hovedvåben.

Som vi har set, kan virkningen af nedfaldsfænomenet være af samme arealmæssige størrelse som trykbølgens virkning for f.eks. 1 mt våben, og der findes som nævnt muligheder for at

forstærke nedfaldets virkning. Dette betyder, at man er i stand til forholdsvis effektivt at sprede radioaktivitet og dermed gennemføre radiologisk krigsførelse. Dog er spredningen af nedfald afhængig af meteorologiske forhold, og uforudsete vejrforandringer kan have betydelige konsekvenser, som eventuelt kan være til gene for den part, der søger at benytte radiologisk krigsførelse. Dette betyder, at radiologisk krigsførelse baseret på nedfald lider af samme usikkerhedsmoment som gaskrig. Det er derfor vigtigt i forbindelse med omtale af et muligt våben at vurdere dets »trolighed«, og der kan være grund til at tro, at anvendelse af den her nævnte form for radiologisk krigsførelse har samme forholdsvis ringe »trolighed« som anvendelse af krigsgas. Der er dog den forskel, at radiologiske virkninger må betragtes som uundgåelige ledsagefænomener ved nuklear bombing.

Anderledes stiller det sig med anvendelse af initialstrålingen, idet denne er begrænset til bombens nærmeste omegn; det er muligt, at en eventuel udvikling af »neutronbomben« vil gøre radiologisk krigsførelse mere trolig.

Med ordet strålingspsykologi sigtes der til den særlige psykologiske tilstand, som vi befinder os i med hensyn til alle fænomener omkring begrebet nuklear stråling. Denne stråling kan ikke mærkes af vore sanser. Det sygdomsbillede, som den kan fremkalde, er særlig uhyggeligt. De mulige genetiske konsekvenser virker skrækindjagende for de fleste. Bombningerne i Japan har gjort stærkt indtryk. Der er kort sagt fremkommet en ganske særlig stemning omkring begrebet nuklear stråling. Denne stemning kan i krigsøjemed udnyttes i forsøg på at skabe panik. Hvis man tænker sig en stemme, som kommer ind på radioen og fortæller, at for ti minutter siden er den by, man bor i, blevet tildænet med radioaktivitet, kan man levende forestille sig den panik og det kaos, som kan følge, ganske uanset om påstanden er rigtig eller ej. En sådan fremgangsmåde kan kaldes psykologisk krigsførelse, og den har sin virkning i det moderne samfunds utrolige sårbarhed over for panik. Intet kan som panik få vore komplicerede kommunikationssystemer til at bryde sammen.

C 7. *Massiv gengældelse.*

Ovenfor er skitseret, hvorledes det må formodes, at nukleare våben som et led i magtba-

lancen står skudklare i begge lejre. Formålet hermed er at være i stand til at udøve massiv gengældelse i tilfælde af angreb.

Omfanget af de ødelæggelser, en total krig ville medføre, kan man søge at vurdere ud fra det ovenfor omtalte skøn over de forhåndenværende lagre af nukleare våben. Disse våben anslås til ca. 60.000 megatons TNT. Store tal har en tilbøjelighed til at være uanskelige, og lad os derfor sammenligne med andre energimål, hvis betydning vi synes at forstå. En almindelig cyklon (et lavtryk), som fører til kraftige variationer i vejrforholdene, medens den passerer vort land, har en bevægelsesenergi på ca. 40 megatons. Den samlede bevægelsesenergi i hele atmosfæren i ethvert øjeblik er af samme størrelsesorden som den oplagrede nukleare sprængkraft. Det store jordskælv i Chile i 1960 udløste en energimængde på ca. 200 megatons. Rystelsen fremkaldte en flodbølge, som førte til oversvømmelse og tab af menneskeliv så langt borte som i Japan.

Ud fra disse få eksempler vil man forstå, at selv anvendelse af en forholdsvis ringe del af de 60.000 megatons eksplosionsenergi vil føre til langt den største katastrofe, menneskeheden nogen sinde har været udsat for. De udstrakte fladebrande, som rimeligvis ofte vil opstå som følge af de nukleare eksplosioner, kan måske komme til at bidrage med lige så megen energi og vil i så fald medføre betydelig forøgelse af indholdet af kuldioxid og kuloxyd i atmosfæren.

Nøgterne skøn har anslået, at en total anvendelse af de eksisterende nukleare våben kan medføre udslettelse af en trediedel af menneskeheden. Den fortvivlede situation, hvori de overlevende vil befinde sig, er det vanskeligt at forestille sig. Samfundets struktur i de ramte lande vil være mere eller mindre ødelagt. Det meste af det, vi til hverdag bygger vor eksistens på, vil ikke mere fungere. Omfattende epidemier og hungersnød må regnes for uundgåelige følger.

Selv om prøvesprængningerne viser, at frigivelsen af energimængder af størrelsen 50 mt ikke forstyrrer vor tilværelse nævneværdigt, må man ikke glemme, at der er en betydelig forskel på frigivelsen af 50 mt og f.eks. 10.000 mt. Sammenligningen med atmosfærens energiindhold viser, at menneskeheden i dag har mulighed for at gennemføre generelle forstyrrelser af tilværelsen af hidtil uhørte dimensioner; det er

ugørligt at overskue alle de konsekvenser, sådanne handlinger kan have.

Desuden må man tage hensyn til, at det globale nedfald, selv om dette er alt for ringe til at fremkalde strålingsyge, kan få indirekte virkning ved at forårsage ændringer af de arvemæssige egenskaber hos de mennesker, der udsættes for strålingen. Sådanne genetiske skader kan betyde en forøgelse af det antal individer, der i efterfølgende generationer fødes med arvemæssigt betingede defekter og sygdomme. Et skøn over det antal defekter, som globalt nedfald kan forventes at fremkalde i en befolkning af størrelse svarende til den danske, er givet i en redegørelse af afdelingsleder mag. scient. Ove Frydenberg, der er aftrykt som bilag 1.

Frygten for de genetiske skader er dog stærkt overdrevet sammenlignet med de øvrige følger af nuklear krigsførelse i stor målestok.

Til sidst skal det nævnes, at der er gennemført en række studier af den tænkelige situation efter massiv bombing; således kan der henvises til de såkaldte »Holifield hearings«.

C 8. *Mulige anvendelser af atomvåben mod danske områder.*

Når man skal prøve på at anvende de tanker, der er fremsat i det foregående, på danske forhold, er det nødvendigt at begynde med en vurdering af kernevåbenenes rolle og anvendelse i en krig, samt derefter vurdere »troligheden« af, at Danmark bliver udsat for angreb med kernevåben.

Ved bedømmelsen af et måls »trolighed« som mål for kernevåben må man tage hensyn til mange faktorer, af hvilke nogle kun kan bedømmes med højst usikre skøn. Det anses almindeligvis, at i tilfælde af en storkrig, hvor kernevåben anvendes fra begyndelsen, vil første fase først og fremmest forme sig som et forsøg på at hindre modstanderen i at rette kernevåbenangreb mod ens eget land. Det vil sige, at i krigens første fase vil de vigtigste angreb blive rettet mod raketbaser og flyvebaser, hvorfra sådanne angreb kan udgå. Endvidere må man vente, at angreb rettes mod vigtige industriområder (f.eks. i USA) og strategisk vigtige kommando- og administrationscentre. I en storkrigs første faser må disse mål anses for de militært vigtigste og må derfor ud fra en militær vurdering gives den højeste prioritet. Denne militære vurdering er foretaget ud fra det syns-

punkt, at det nukleare angrebs formål er at lamme modpartens militære slagkraft. Hertil må dog føjes endnu et synspunkt, nemlig det, at de nukleare mål også kan vurderes ud fra deres »terrorværdi«, d.v.s. at f.eks. storbyer udsættes for nukleare angreb, selv om de ikke er sæde for industrielle anlæg af en sådan betydning, at disse i sig selv vil gøre byerne til nukleare mål. I hvor stor udstrækning en sådan vurdering kan flytte byer op på prioritetsskalaen — altså forøge deres »trolighed« som nukleare mål — er svært at sige, idet afgørelsen af, om terrorbombning skal foretages, ikke er af militær art, men af politisk. Men man må altså regne med, at terrorangreb med nukleare våben kan indgå i en storkrigs første fase.

Trækker en krig ud, er det næsten sikkert, at alle større industricentre samt havnebyer, kort sagt alt hvad der kan tjene til at muliggøre krigens fortsættelse, vil blive udsat for angreb. Skønt det må anses for usandsynligt, at nogen af parterne bevidst skulle starte en nuklear storkrig, kan en kernevåbenkrig også opstå som følge af en lokal angrebshandling eller episode, som stormagterne af en eller anden grund mister kontrollen over. I dette tilfælde er det muligt, at krigens første fase vil blive ført med konventionelle våben, straks eller senere støttet af taktiske atomvåben, og på et eller andet tidspunkt, nemlig når krigen udvikler sig til en storkrig, også med anvendelse af de største våben.

Prøver man nu at drage konklusionerne af ovennævnte synspunkter for så vidt angår Danmarks stilling under en krig med kernevåben mellem stormagter, må man komme til det resultat, at der i Danmark ikke findes industrielle eller militære mål af højeste prioritet i en nuklear krigs første faser, og at dette vil gælde, så længe der ikke i Danmark findes baser, hvorfra strategiske (langtrækkende) kernevåbenangreb kan føres. Imidlertid må også flyvebaser, hvorfra kernevåbenangreb med tunge bombefly (udgående fra baser uden for Danmark) kan støttes ved lettere luftfartøjer, regnes for ret højt prioriterede mål, og danske flyvebaser kan derfor ventes udsat for angreb i løbet af en krigs første faser.

Selv om man kunne antage, at den nukleare slagkraft i krigens første faser rettes mod hovedmodstandernes baser og industrielle anlæg, og selv om Danmark af denne grund skulle gå fri for egentlige angreb med kernevåben, vil en sådan krig dog medføre, at Danmark i lighed med alle europæiske lande — også neutrale —

kan blive udsat for store mængder af radioaktivt nedfald, med alle de konsekvenser som dette har.

Under en storkrig kan man forvente, at militære angreb vil blive rettet mod selve Danmark, først og fremmest mod det danske flyvevåbens installationer, eventuelt også mod flådebaser. Det kan ikke udelukkes, at der ved sådanne angreb kan blive brugt mindre kernevåben (fissionbomber). Skulle en krig forme sig sådan, at det fra en angribers synspunkt var formålstjenligt at besætte Danmark, måtte man også regne med en stor sandsynlighed for, at angriberen til støtte for sine tropper vil bruge taktiske atomvåben, d. v. s. fissionvåben af lille størrelse, medens brug af fusionbomber (brintbomber) anses for mindre sandsynlig, medmindre terrorangreb tages i anvendelse, i hvilket tilfælde det ikke kan udelukkes, at f.eks. København udsættes for brintbombeangreb. Da den ønskede terrorvirkning imidlertid i væsentlig grad også ville kunne opnås ved fissionbomber eller endog ved kraftige konventionelle spræng- og brandbomber, er det ikke usandsynligt, at angriberen vil betjene sig heraf og undlade angreb med brintvåben.

Som konklusion af dette kan man derfor for Danmarks vedkommende sige, at der er

- 1) stor »trolighed« for radioaktivt nedfald,
- 2) ret stor »trolighed« for angreb med mindre kernevåben mod visse militære mål,
- 3) en vis »trolighed« for angreb udelukkende med konventionelle våben,
- 4) stor »trolighed« for angreb med tropper, støttet af taktiske fissionvåben,
- 5) en ringe, men vanskelig bedømmelig »trolighed« for brintbombeangreb (terrorangreb) mod København.

Denne vurdering svarer i det store og hele til den, der danner grundlag for civilforsvarets dispositioner.

Som nævnt ovenfor er overvejelserne vedrørende alle disse problemer behæftet med megen usikkerhed, da man jo kun til en vis grad kan tænke sig til, hvad der vil ske. Man har dog lov til at regne med, at dansk territorium i sig selv ikke kan blive et nukleært mål af betydning. Vor stilling er her afgørende forskellig fra f. eks. USA's, der med sin industri og sine baser for strategiske luftstyrker og interkontinentale raketter må være hovedmålet for modpartens store våben.

Af betydning for overvejelserne er også, at formålet med at erobre dansk territorium må regnes at være at udnytte det til militære baser, og at det derfor vil kunne være i angriberens interesse at erobre landet så uskadt som muligt. Dette kunne pege i retning af, at der for Danmarks vedkommende er størst »trolighed« for angreb udført med konventionelle hær-, luft- og flådestyrker, eventuelt støttet af taktiske fissionvåben og muligvis kombineret med en større eller mindre grad af terrorbombning.

C 9. *Prøvesprængningerne.*

Som led i udviklingen af våbenteologien har der været foretaget et stort antal prøvesprængninger af nukleare våben. Til dato (medio oktober 1962) foreligger det oplyst, at USA har foretaget ca. 230 prøvesprængninger på ialt ca. 150 mt, UK har foretaget ca. 20 på ialt ca. 30 mt, Frankrig har foretaget 4 forholdsvis små sprængninger, og USSR har foretaget ca. 100 på ialt ca. 400 mt.

Det globale nedfald, der følger sådanne forsøg, når de foretages i atmosfæren, har givet anledning til en forøgelse af radioaktiviteten, der er let at iagttage, især i områder på jorden med samme geografiske bredde som eksplosionsstedet.

Herhjemme foretager man til stadighed målinger. Man har fundet, at de hidtil iagttagne forøgelser ikke giver anledning til ængstelse.

Sundhedsfaren, som nedfaldet fra prøvesprængninger medfører, har været meget diskuteret. Dels er der faren for, at det lokale og mere aktive nedfald rammer befolkede områder. F.eks. blev ca. 250 beboere af Marshalløerne, der befandt sig 160 km borte fra 15 mt-eksplosionen den 1. marts 1954 (en af de første termonukleare prøvesprængninger i Stillehavet), alvorligt medtaget af stråling fra nedfaldet. Ved de for nylig afholdte store prøvesprængninger på Novaja Semlja foretog man særlige sikkerhedsforanstaltninger i Nordskandinavien for det tilfælde, at uheldige vejrforhold skulle føre en del af det lokale nedfald herhen.

Desuden må man tage i betragtning, at det globale nedfald, skønt dette i øjeblikket er mange størrelsesordener for lille til at fremkalde strålingssyge, kan have genetiske virkninger. En vurdering af sådanne genetiske virkninger er som tidligere nævnt foretaget af afdelingsleder mag. scient Frydenberg. (Bilag 1.)

D. RUSTNINGSKAPLØBET.

D 1. Den militærtekniske udvikling.

Fremkomsten af de nukleare våben i 1945 markerer en af de mest revolutionerende begivenheder i moderne historie. Samtidig er det værd at understrege, at der også i de efterfølgende år er sket en enorm udvikling på våbenteknologiens område.

Det er ovenfor nævnt, at en af de mest betydningsfulde faktorer ved vurdering af situationen er de nukleare våbens sprængkraft. Lad os derfor til belysning af den militære udvikling et øjeblik se på denne faktors historie. Sprængkraftens *koncentration* kan måles som forholdet mellem en given bombes totale energiudvikling og dens totale vægt. Den totale vægt indbefatter såvel vægten af det egentlige sprængstof som vægten af detonationsmekanismen og det øvrige materiale, som anvendes til at holde sammen på det hele. For bomber, som de kendtes før 1945, d.v.s. for konventionelt sprængstof, er den samlede vægt i kg af en fuldstændig bombe større end sprængkraften af det benyttede TNT målt i kg; konventionelle bomber har stort set en sprængkraftkoncentration på ca. 0,5 kg TNT pr. kg vægt. Til sammenligning kan det anføres, at totalvægten af Nagasaki-bomben var ca. 5 tons og energiudviklingen ca. 20 kilotons TNT. Sprængkraftkoncentrationen var altså ca. 4 tons TNT pr. kg vægt, en forøgelse på næsten 10000 gange i forhold til konventionelle våben. Udviklingen er imidlertid gået betydeligt videre, idet de mest moderne nukleare våben har en koncentration på ca. 5 kilotons TNT pr. kg vægt, d.v.s. en yderligere forøgelse på 1000 gange. Med disse våben er man nået op i nærheden af den teoretiske koncentrationsgrænse, som er ca. 50 kilotons TNT pr. kg vægt for fusionbomber.

Også andre størrelser kan illustrere de våbentekniske fremskridt. Således var energiudviklingen af Hiroshima- og Nagasaki-bomberne ca. 20 kilotons TNT. Nu kan vi ved en enkelt sprængning frigøre energi svarende til fra 30 tons TNT til over 50 megatons TNT, d.v.s. udviklingen er gået fra en første og eneste type, som kaldes den »nominelle« bombe og udvikler ca. 20 kilotons TNT, til et helt register af typer, der giver en variationsmulighed fra 1 til over 1 million gange i forhold til den mindste.

Som omtalt tidligere spænder også fordelings-

metoderne over et stort register af muligheder, og også dette forhold afspejler en lignende teknisk udvikling som den netop skitserede og som illustreret i tabel C 2 i afsnit C 1. Det kan nævnes, at man har talt om 3 våbentekniske revolutioner, siden de nukleare våben blev udviklet. I 1951 havde man i USA gennemført en betydelig perfektionering af fissionbomben. USA Strategie Air Command var udviklet og opbygget med B50 og B36 fly og udviklingen af jettfly i gang, ligesom kortdistanceraketter var færdigudviklet, medens USSR havde prøvesprængt sine første nukleare våben og også var gået ind i jet-alderen. I 1956 var udviklingen af termonukleare våben langt fremskreden. Atomklubben havde fået 3 medlemmer. Jettfly havde gennemgået en enorm udvikling. Den første atomdrevne undervandsbåd var søsat. Raketter var sat i produktion. Radarvarslingskæderne var under udvikling. Alt dette var sket i USA, medens man i USSR havde udviklet termonukleare våben, mellemdistance-raketter og meget mere. I 1961 var kontrolsystemernes teknologi under udvikling, satellitter og interkontinentale raketter en realitet, ligesom styresystemerne for disse våbenkomponenter havde gennemløbet en hastig udvikling med forbedring af træfsikkerheden som konsekvens. Endvidere var hårde affyringssystemer under udvikling, ligesom våbenarsenalernes størrelse nærmede sig mætning. Atomklubben havde fået fire medlemmer, og USSR så sig i stand til at sende bemandede satellitter omkring jorden. Som det ses, er udviklingen i de to store lande forløbet næsten parallelt til trods for begges bestræbelser for at hemmeligholde den detaljerede tekniske viden.

Rustningskapløbet medfører meget betydelige militæruddgifter, især for de førende stormagter. Således er USA's militærbudget i disse år ca. 50 milliarder \$, hvilket svarer til ca. 10 pct. af nationalproduktet. Ved vurderingen af disse tal må det endvidere tages i betragtning, at en stærkt stigende andel af militærbudgettet går til den militære forskning, herunder udvikling af nye våbentyper og fordelingssystemer. For USA's vedkommende angives det således, at der i 1953 anvendtes ca. 1,6 milliarder \$ og i 1960 ca. 8,4 milliarder \$ til militær forskning, medens det samlede militærbudget i denne periode var nogenlunde konstant. Dette giver et yder-

ligere indtryk af rustningskapløbets tempo og karakter.

D 2. *Den nukleare magtbalance.*

Jævnbyrdigheden mellem de to førende stormagter er, som man vil se af foregående afsnit, blevet opretholdt gennem en årrække i kraft af en næsten parallelt løbende udvikling, som i dag har ført til den situation, at hver af disse magter kan påføre den anden et angreb, som ville være ensbetydende med historiens største katastrofe.

Ydermere er situationen karakteriseret ved, at der er opnået forholdsvis ringe sårbarhed af våbensystemerne gennem indførelse af hårde eller bevægelige affyringsramper, således at begge parter har betydelig gengældelseskraft i behold.

Dette sidste forhold har naturligvis en stabiliserende indflydelse på situationen, idet det betragtes som og er frembragt for at virke afskrækkende over for angreb.

Det engelske ord for en sådan styrke er »deterrent force«, som betyder et magtopbud, som holder modparten i ave gennem frygt. Fremkomsten af denne »deterrent force« betyder - ligesom de i forrige afsnit nævnte våbentekniske fremskridt — en revolutionering af den militærtekniske situation.

Det kan naturligvis ikke udelukkes, at den fremtidige udvikling kan bringe en forstyrrelse af den nukleare magtbalance.

Det er således tænkeligt, at man kan opfinde våben, der er endnu frygteligere, end dem vi kender i dag. Sådanne våben kunne, hvis de fremstilles først af den ene part, forstyrre balancen. Den omstændighed, at de allerede eksisterende våben nærmer sig mætning (d.v.s. er næsten tilstrækkelige til fuldstændig ødelæggelse af modparten), gør det dog vanskeligt at opnå en afgørende fordel på denne måde.

Ensidig opfindelse og konstruktion af antiraketvåben med stor effektivitet er en anden mulig udvikling, der med større sandsynlighed kan bringe situationen ud af balance. Sandsynligheden mindskes dog ved, at de to parter, trods alle bestræbelser for hemmeligholdelse, har vist sig i stand til i et vist omfang at følge hinandens udvikling.

D 3. *Risikoen for en ikke tilsigtet krig.*

Den høje grad af militærberedskab og den hastighed, hvormed gengældelsesreaktioner må

foretages, medfører naturligvis en risiko for, at en atomkrig kan udbrude, selv under forhold, hvor ingen af parterne tilsigter dette. Her skal kort omtales 3 hyppigt diskuterede mulige situationer, som kan tænkes at føre til total krig.

Det er således muligt at forestille sig en begrænset krig, som på grund af mere eller mindre tilfældige omstændigheder udvikler sig til en total krig. Det er muligt at tænke sig, at varslingsystemerne giver en forkert melding, som udløser den. Det er endvidere muligt at tænke sig, at en person, som kan trykke på en knap, som udløser en nuklear raket, i et anfald af vanvid udløser den totale krig.

Naturligvis søger man på alle mulige måder at gardere sig mod, at en enkelt fejlmelding i sig selv kan udløse en gengældelsesaktion, og at en enkelt person på egen hånd kan affyre et atomvåben. Dog kan man aldrig helt udelukke det menneskelige fejlelement.

D 4. *Atommagterne.*

Gruppen af magter, der besidder nukleare våben, tæller i dag (november 1962) 4 medlemmer: USA, USSR, UK og Frankrig. USA og USSR er medlemmer med så stor kapacitet og med sådanne fordelingssystemer, at man som omtalt i afsnit D 2. kan tale om en »deterrent force«, d.v.s. en afskrækkende styrke.

UK og Frankrig er medlemmer på en noget anden basis, idet UK alene har bomber, men ikke besidder egne langdistanceraketter (og for tiden synes at have opgivet sine tidligere planer om at producere sådanne fremføringsmidler). Frankrigs nukleare våben må nødvendigvis være på et tidligt stadi i den udvikling, som kort er beskrevet i afsnit D 1.

Der er derfor en væsensforskel mellem de enkelte medlemmers status i »atomklubben«. I dag har alene USA og USSR mulighed for at gennemføre noget i retning af udslettelse af modparten.

En række andre lande besidder den fornødne industrielle kapacitet til i løbet af en kortere årrække at producere nukleare våben. Som nævnt ovenfor, bliver det lettere og lettere at fremstille dem. Blandt de lande, der har meddelt, at de forbereder fremstilling af nukleare våben, kan nævnes Kina. I Sverige foregik en offentlig debat for et par år siden om, hvorvidt Sverige skulle producere atomvåben. Spørgsmålet stillede foreløbig i bero.

E. NEDRUSTNINGSPROBLEMER.

E 1. *Ønsket om nedrustning.*

Som det er omtalt i det foregående afsnit, besidder de nukleare våben en sådan ødelæggelsesevne og forefindes i så store mængder, at en krig mellem de store atommagter kan medføre en katastrofe af uoverskueligt omfang. Samtidig er det militære beredskab så stærkt udbygget, at våbnene og fremføringsmidlerne står parate i begge lejre til anvendelse med minutters varsel.

På baggrund af denne udvikling har spørgsmålet om nedrustning og forholdsregler til umuliggørelse af krig trængt sig stærkt frem.

Ønsket om en sådan udvikling har fundet udtryk fra alle sider. Planer til nedrustning, og herunder specielt til afskaffelse af atomvåben, har været fremlagt af de forskellige stormagter og været debatteret i mange kommissioner og konferencer lige siden den anden verdenskrigs ophør. Både fra Øst og Vest har der været fremsat forslag, der som endeligt mål har en almindelig nedrustning, d.v.s. nedrustning til et sådant niveau, at der kun opretholdes nationale og eventuelt internationale politistyrker. Det er også fra alle sider erkendt, at nedrustning bør gennemføres under international kontrol, og i mange henseender er der lighed mellem de forslag, der er fremlagt af de førende stormagter.

Trods den store indsats, der har været gjort, har nedrustningsforhandlingerne hidtil været præget af store vanskeligheder. Blandt de konkrete punkter, hvorom der har hersket forskellige opfattelser, kan nævnes spørgsmålet om, hvor omfattende kontrolforanstaltninger, der vil være nødvendige, samt om balancen mellem tempoet for våbnenes afskaffelse og kontrollens iværksættelse. Det må også tages i betragtning, at det endelige mål, en afskaffelse af militærmagt som afgørende faktor ved løsning af internationale konflikter, vil betyde en revolutionerende ændring i verdensforholdene; det er derfor naturligt, at man støder på mange vanskeligheder, når man søger at overskue de mangfoldige konsekvenser af almindelig nedrustning, især i en verden præget af gensidig frygt og mistillid. Vi skal dog ikke her forsøge nærmere at analysere årsagerne til nedrustningsforhandlingernes hidtidige forløb.

E 2. *Kontrolproblemet.*

Spørgsmålet om en effektiv kontrol for at sikre, at en nedrustningsoverenskomst overholdes, har fået stærkt øget betydning efter atomvåbnenes fremkomst. Det er af høj vigtighed at kunne sikre sig imod, at et land bryder overenskomsten ved i hemmelighed at tilbageholde eller nyfremstille atomvåben, hvorved det vil kunne erhverve en afgørende magtstilling.

Kontrolforanstaltningerne kan tænkes at omfatte inspektion af de eksisterende lagre af nukleare våben, af produktionen af nukleart sprængstof, samt af militære installationer, såsom flyvepladser, affyringsramper o.s.v. En sådan inspektion kan tage mange forskellige former. Det kan dreje sig om kontrol på stedet udført af internationalt sammensatte inspektionshold; den fotografiske tekniks forfinelse gør det muligt ved rekognoscering selv fra stor højde at følge begivenheder på jorden, såsom aktivitet på militærbaser, transport, bygning af nye foretagender o.s.v. Kontrol kan også tænkes udført gennem adgang til regnskaber, gennem personlige samtaler o.s.v.

Et kontrolsystem til sikring mod enhver tænkelig omgåelse vil naturligvis kræve meget omfattende foranstaltninger. Det er således i princippet forholdsvis let at skjule atomvåben og at oparbejde skjulte reserver ved at unddrage en mindre del af den fremstillede plutonium en international kontrol.

Hele kontrolspørgsmålet må dog ses på baggrund af den almindelige atmosfære, der til den givne tid behersker forholdet mellem landene, og det mål af gensidig tillid og samarbejdsvilje, der er til stede. Således vil de problemer, kontrollen frembyder, blive væsentligt lettede, hvis der i forbindelse med nedrustningen skabes forøget åbenhed mellem landene (større rejsefrihed, øgede personlige kontakter, større gensidig informationstjeneste o.s.v.), således at det ikke bliver muligt for nogen stat hemmeligt at gennemføre større foretagender, der kunne dække over militære forberedelser. Man kan også pege på de muligheder, der kan skabes gennem et samarbejde inden for de teknologiske forskningsgrene, der har potentiel militær

betydning (f.eks. udvikling af raketter til rumforskning).*)

Kontrolforanstaltninger på international basis indgår, som allerede nævnt, som et led i alle foreliggende nedrustningsforslag. Spørgsmålene om kontrollens nærmere udformning, dens omfang og kontrolorganisationens beføjelser ligger dog endnu ganske uklare.

E 3. *Indledende skridt mod nedrustning.*

På grund af vanskelighederne ved at nå til forståelse vedrørende planer for almindelig nedrustning har forskellige forslag, der tager sigte på mere begrænsede mål, været fremført. Skønt disse kun giver beskedne bidrag til løsning af de centrale problemer, kan ethvert sådant skridt få stor indirekte betydning, idet den opnåede forøgelse af den gensidige tillid kan muliggøre mere omfattende foranstaltninger.

I denne forbindelse har spørgsmålet om en overenskomst om stop for nukleare prøvesprængninger spillet en særlig rolle. Forhandlinger herom har stået på i en række år, og under en del af forhandlingerne afholdt alle parter sig frivilligt fra gennemførelse af prøvesprængninger.

Kontrol med prøvesprængninger kan gennemføres (og den gennemføres allerede nu i stor udstrækning af de enkelte magter) ved en kombination af forskellige metoder (seismografi, måling af nedfald, af termisk stråling, af ionosfæreaktivitet m.m.). Målingerne kan foretages fra stationer fra jorden og fra satellitter. Der har dog ikke været enighed om, hvor omfattende et kontrolapparat der vil være nødvendigt. Specielt har det været hævdet, at navnlig mindre underjordiske eksplosioner er svære at opdage, fordi de er vanskelige at skelne fra naturlige jordrystelser.

Blandt andre forslag om indledende skridt henimod nedrustning kan omtales forslag om atomfri zoner, om forholdsregler til imødegåelse af overraskelsesangreb og om overenskomster om udnyttelse af det ydre verdensrum; der er

*) Den centrale betydning af forøget åbenhed og alsidigt samarbejde mellem landene for fjernelse af atomvåbnenes trussel blev særlig fremdraget af professor Niels Bohr i hans åbne brev til FN (af 9. juni 1950). Det blev heri understreget, at sådanne foranstaltninger, der kræves af sikkerhedsmæssige grunde, samtidig vil bidrage væsentligt til at skabe den fornødne gensidige tillid. (Bilag 3).

allerede gennemført en overenskomst om (fortsat) at holde sydpolsområdet afmilitariseret.

I forbindelse med bestræbelserne på at skabe større forståelse og øgede samarbejdsmuligheder mellem nationerne har det ligeledes sin betydning, at der i de senere år er sket en væsentlig forøgelse af det internationale kulturelle samarbejde mellem Øst og Vest. På teknikens og videnskabens område kan man blandt andet henviser til de store Geneve-konferencer om den fredelige udnyttelse af atomenergien, til oprettelsen af The International Atomic Energy Agency, til det internationale geofysiske år og til den øgede udveksling af studerende og forskere.

CITERET LITTERATUR*)

»Atomtidens stråling«, redigeret af B. Chr. Christensen og M. Schrøder i serien Danmarks Radios Grundbøger, Fremad 1961.

»Hvis krigen kommer«, pjece udgivet af statsministeriet 1962.

»Holifield hearings«: Joint Committee on Atomic Energy, Congress of the United States. Summary Analysis of Hearings on Biological and Environmental Effects of Nuclear War. United States Government Printing Office, 1959.

»Dædalus«, Journal of the American Academy of Arts and Sciences, special issue: Arms Control, efteråret 1960. Denne samling af artikler af mange af de mest betydelige amerikanske deltagere i debatten om atomproblemerne og nedrustningen er blevet genoptrykt, suppleret og kommenteret i »Arms Control and Disarmament«, redigeret af D. G. Brennan, Jonathan Cape, London 1961.

»The Effects of Nuclear Weapons«, redigeret af S. Glasstone, United States Atomic Energy Commission, juni 1957. (Ny, omredigeret udgave i april 1962).

»The Effects Study« CEX-58.8, United States Atomic Energy Commission 1961.

»1970 Without Arms Control«, National Planning Association, Special Committee Report, Planning Pamphlet 104, Washington, maj 1958.

»Arms Reduction Program & Issues«. Editor: David H. Frisch. The Twentieth Century Fund, New York. 1961.

*) Yderligere litteraturhenvisninger findes i de nævnte værker.

2. del: Atomleksion

På de følgende sider er givet en række leksikal ordnede beskrivelser af begreber, som finder anvendelse i den løbende atomdebat. For hvert ord gives det tilsvarende engelske, således at atomleksikonnet samtidig fremtræder som en dansk-engelsk ordbog. Derefter gives en tilsvarende engelsk-dansk ordbog og til sidst en fortegnelse over forkortelser.

Enkelte ord, som ikke har fundet anvendelse i tekststykket: »Atomvåbenproblemer«, er medtaget i nærværende atomleksikon.

Det er ikke forsøgt at beskrive reaktortechniske eller kernefysiske begreber, medmindre de har direkte tilknytning til den offentlige debat om atomproblemer omkring den ikke fredelige anvendelse af atomenergi. Nærværende atomleksikon er således langt fra udtømmende.

Affyringsramper kaldes de tekniske installationer, som anvendes ved raketaffyring. Bærer disse raketter nukleare våben, tales om affyringsramper for nukleare våben. Sådanne affyringsramper kan placeres på raketbaser, i atomdrevne ubåde, i køretøjer, på krigsskibe m. v.

Affyringsramper må betragtes som et af de mest sandsynlige mål for nukleare våben. Stadig forandring af position, skjult anbringelse, indbygning i »hårde« bunkers m.v. tjener til at gøre affyringsramper mindre sårbare.

Nukleare våben kan også affyres som granater fra kanoner.

Affyringsrampe = *missile launching equipment*.

Affyringssikkerhed — eller »ildgivningsevne« — betegner sandsynligheden for, at en raketaffyring fungerer som planlagt. De store magters udsendelse af bemandede satellitter viser, at affyringssikkerheden må være stor.

Affyringssikkerhed = *firing capability*.

Afmilitariseret zone er et landområde, som er fri for militære styrker og militære anlæg med undtagelse af nødvendige politistyrker.

Afmilitariseret zone = *demilitarized zone*.

Afrustning se nedrustning.

Afrustning = *disarmament*.

Afskrække fra krig betød tidligere, at man forhindrede modparten i angreb ved at etablere et så afskrækkende synligt forsvar, at angreb forekom nytteløst. I den nukleare debat er argumentationen for den afskrækkende virkning den simple, at ingen magt, som ved, at den selv bliver næsten tilintetgjort, hvis den angriber, vil begynde et angreb. På denne måde regner man med at have stabiliseret magtbalancen ved afskrækkende nukleart magtopbud på begge sider, hvorved man opnår »nuklear terrorbalance«.

Det er naturligvis vigtigt at vurdere, hvor stor en provokation den stat, som besidder afskrækkende magt, vil tåle, og denne grænse er sandsynligvis vanskelig at drage og måske forskellig ved provokation mod egne områder og mod allierede områder.

Afskrække = *deter*.

Afskrækkende middel = *deterrence*.

Anden (= 2.) slagkraft. Se massiv gengældelse.

Anden slagkraft = *second strike capability*.

Anti-raketvåben er betegnelsen for våben til nedskydning eller tilintetgørelse af raketter.

Anti-raketvåben = *anti missile weapons*.

Antændelighed. I forbindelse med nukleare våben tænker man ved »antændelighed« på et stofs antændelighed under indflydelse af varme-stråling; den afhænger af en lang række faktorer som stoffets art og farve, samt hvor fint det er. Ligeledes afhænger antændeligheden af, hvor hurtigt varmen tilføres.

Antændelighed = *inflammability*.

Antændelse = *ignition*.

Atmosfære. Atmosfærens lagdeling fremgår af figuren pg. 48.

Atmosfære = *atmosphere*.

Atom. Ethvert *stof* er opbygget af smådele, som kaldes for *atomer*, og som har en speciel, indre struktur, der senere vil blive omtalt. Vi kender ca. 100 forskellige slags atomer; alle atomer er så små, at de unddrager sig iagttagelse, selv i elektronmikroskop.

Atomerne kan slutte sig sammen til grupper, såkaldte *molekyler*, opbygget efter bestemte love; et molekyle er et sluttet system, der udadtil virker som et hele med sine egne, specielle egenskaber; antallet og arten af atomer, der indgår i en nærmere angivet molekyleart, er uforanderligt de samme; vandmolekyler f. eks. består altid af 2 brintatomer og 1 iltatom, brintmolekyler af 2 brintatomer. Vi kender molekyler, der kun indeholder 2 atomer, ens eller forskellige, og andre, der indeholder over 100 000.

De største molekyler kan iagttages ved de størst kendte forstørrelser, men kun uklart og skyggeagtigt.

Molekylerne og atomerne kan igen i umådelig stort antal slutte sig sammen til systemer med indre sammenhængskraft, der strækker sig så langt i alle retninger, at vore sanser bliver i stand til direkte at opfatte dem; herved fremkommer der *stoffer*, faste eller flydende, som vi kender dem. Faste stoffer med en fuldkommen regelmæssig systemopbygning kaldes for *krystal-linske*. I et luftformigt stof bevæger molekylerne sig frit mellem hinanden, undergår mange indbyrdes sammenstød uden at slutte sig sammen til et materiale med indre sammenhængskraft.

Stoffer, der kun indeholder atomer af samme slags, kaldes for *grundstoffer*; stoffer, der indeholder atomer af forskellig slags, kaldes for *kemiske forbindelser*, *legeringer*, *blandinger* o.s.v. En og samme kemiske forbindelse, f.eks. vand,

er opbygget af identiske molekyler, der altså hver for sig indeholder forskellige atomer.

Alle atomer har vist sig at være sammensatte systemer, der kun indeholder de samme 3, indbyrdes forskellige bestanddele, såkaldte *elementår-partikler*, der bærer navnene *elektron*, *proton* og *neutron*. Et af atomerne, det simplest sammensatte af alle, let brint eller hydrogen, indeholder kun 1 proton og 1 elektron, altså ingen neutron.

En *elektron* har en *masse*, hvis størrelse er kendt, og den er i besiddelse af en negativ, elektrisk enhedsladning, en *negativ elementarladning*, den mindste negative ladning, der kendes.

En *proton* har en *masse*, der er kendt, og som er knap 2000 gange større end elektronens, og en positiv elektrisk enhedsladning, en *positiv elementarladning*, der i størrelse nøjagtigt modsvarer en negativ elementarladning.

(Ordene negativ og positiv anvendes i fysikken for at betegne modsat virkende fænomener, der kan ophæve hinandens virkninger udadtil).

En *neutron* har en *masse*, der er næsten nøjagtig den samme som protonens, og den er elektrisk neutral. Den kan *ikke* opfattes som sammensat af en elektron og en proton, hvilket man tidligere troede.

Neutroner og protoner kaldes med et fælles ord for *nukleoner* eller *kernepartikler*, idet de altid befinder sig i atomets midte, hvor de opbygger den såkaldte *atomkerne*. Elektronerne bevæger sig i rummet uden for atomkernen. Herved opstår der en negativ rumladningstilstand.

I atomteoriens ældre dage tænkte man sig, at et atom lignede et solsystem, med kernen som sol og med elektronerne som planeter, der kredede om kernen i regelmæssige baner; denne håndfaste betragtningstype er forladt i moderne fysik, men mange udtryksformer, der har deres rod i dette billede, anvendes endnu.

I nogen afstand fra et atom vil den positive kerneladning og den negative rumladning neutralisere hinanden, så atomet vil virke elektrisk neutralt.

Næst efter hydrogenatomet er det tunge brintatom, deuteriumatomet, det simplest byggede atom. Kernen består af 1 proton og 1 neutron og omsværmes af 1 elektron.

Alle atomer, der indeholder samme antal protoner i kernen, siges at være atomer af samme grundstof. Antallet af protoner kaldes for dette grundstofs *atomtal*. Summen af protonernes og neutronernes masse kaldes for atomets *masse*.

Vi ser, at hydrogen og deuterium har samme atomtal, men forskelligt massetal, idet deuteriumatomet har dobbelt så stor masse som hydrogenatomet. Atomer med samme atomtal, men indbyrdes afvigende massetal kaldes for *isotoper* af det pågældende grundstof.

Både hydrogen- og deuteriumatomet indeholder 1 elektron, og de rumladninger m.m., som elektronbevægelserne fremkalder, er næsten identiske. Stoffernes såkaldte *kemiske egenskaber* er helt bestemt ved elektronernes og protonernes virkning på omgivelserne, og dette betyder, at isotoper af samme grundstof har praktisk taget identiske, kemiske egenskaber. De fysiske egenskaber kan imidlertid afvige så meget, at de kan anvendes til isotopseparation.

Man kender en tredje isotop af brint, tritium, hvis kerne består af 1 proton og 2 neutroner, omsværmet af 1 elektron. Tritiums kerne er ustabil, den går i stykker af sig selv efter kortere eller længere tid under frigivelse af energi, der dels ytrer sig som varme, dels som stråling. Man siger, at *kernen henfalder*, og stoffet kaldes for *radioaktivt* (d.e. udsender stråling som en iboende egenskab).

Summen af de elektriske ladninger er nul i alle 3 isotoper.

Helium kaldes det grundstof, der har atomtallet 2; det er lidt mere indviklet opbygget end brint, idet kernen indeholder 2 protoner og omsværmedes af 2 elektroner; også her kendes flere isotoper.

Lithium har atomtallet 3, indeholder altså 3 protoner i kernen og 3 elektroner i elektronsværmen; flere isotoper er kendt.

På denne måde opbygges grundstof rækken skridt for skridt, stadig med flere eller færre sideordnede isotoper, snart stabile, snart ustabile. Iait kender vi som tidligere nævnt ca. 100 grundstoffer (atomtyper).

Hvis et atom afgiver en elektron (flere elektroner) eller optager en elektron (flere elektroner), ophører den elektriske neutralitet; man siger, at der er opstået en atomion, der altså kan have et overskud på én eller flere positive eller negative elementarladninger. Hvis f. eks. et brintatom mister sin elektron, opstår der en positiv brintion, der for hydrogens vedkommende simpelthen er en proton.

Man taler i det hele taget om ioner, når meget små, normalt neutrale partikler bliver positivt eller negativt ladede ved at optage eller afgive nogle få elementarladninger. Molekyler eller støvpartikler kan således ioniseres.

Ved *kemiske reaktioner* sker der ændringer i elektronernes forhold f. eks. ved, at der sker overførsel af elektroner fra nogle atomer eller atomgrupper til andre (under iondannelse) eller ved, at der dannes elektronsværm, der ikke har snæver tilknytning til én atomkerne, men som i lige grad hører til 2 eller flere (i krystal- eller millioner eller endnu flere). Herved kan der frigøres betydelige energimængder i form af varme (kemisk energi). Kernernes sammensætning ændres aldrig i forbindelse med kemiske processer, men kernernes beliggenhedsændringer og elektriske ladningsstørrelse er af stor betydning og i mindre grad deres andre fysiske egenskaber.

Nukleare processer eller *kerneprocesser* er knyttet til ændringer af atomkernerne. Der kan som tidligere nævnt være tale om spontant henfald, men der kan også være tale om processer, der påtvinges udefra. Ved kerneprocesser kan der frigøres energimængder, dels i form af stråling af forskellig art, men især som varme, der er millioner af gange større pr. atom end de i forbindelse med kemiske processer kendte; man taler om *nuklear energi*, *atomkerneenergi* eller — med et misvisende udtryk — om *atomenergi*.

Dersom en langsomtgående neutron rammer kernen i den uranisotop, der har massetallet 235, absorberes neutronen, og kernen bliver meget ustabil og sønderdeles under stærk energiudvikling; der udsendes 2–3 andre neutroner som en del af sønderdelingsprodukterne. Kernesønderdeling kaldes for *fission*. De udsendte neutroner har nu mulighed for hver for sig at udløse en ny kernesønderdeling; den første reaktion kan derfor udløse en kæde af reaktioner, en *kædereaktion*. Når tilstrækkelige mængder fissilt materiale er til stede, udvikler kædereaktionen sig med så stærkt stigende hast og tager et sådant omfang, at der indtræder en eksplosion af uhørt voldsomhed - en *nuklear eksplosion*. Man kan udløse nuklear kædereaktion ved hjælp af en særlig neutronkilde.

Man kender også eksempler på nukleare processer, hvor lette atomkerner smelter sammen til tungere atomkerner under frigørelse af meget stor energi, de såkaldte *fusionsprocesser*. De kræver meget høj temperatur og tryk for at indledes, men den udløste energi er derefter så stor, at der under voldsomt stigende temperatur indledes en fortsat, nuklear reaktion, en termokernreaktion. Man kan tilvejebringe reaktionsbetingelserne ved hjælp af en nuklear eksplosion efter fissionsprincippet.

Ved tilstrækkelig høj temperatur spaltes alt stof til frie elektroner og frie atomkerner, og stoffet siges da at være bragt i *plasmatilstand*; denne tilstand antages at være til stede i stjernernes indre. Plasmatilstand kan også frembringes under laboratorieforhold.

Atom = *atom*.

TABEL 1.

	Antal elektroner	Antal protoner	Antal neutroner	Masse-tal	Isotoper af
Almindelig brint (hydrogen)	1	1	0	1	}brint
Tung brint (deuterium) ...	1	1	1	2	
Tung radioaktiv brint (tritium)	1	1	2	3	
Uran 233	92	92	141	233	}uran
Uran 235	92	92	143	235	
Uran 238	92	92	146	238	

Atom-. Der findes en mængde sammensatte ord som atomenergi, atomkrig og atomvåben. Ved gennemlæsning af leksikonartiklen om atomer vil det forstås, at det giver en mere præcis beskrivelse at tale om kerneenergi eller nuklear energi, kernevåben eller nukleare våben o.s.v.

Atomare. Tillægsord som beskriver, at et substantiv sættes i forbindelse med forhold vedrørende atomer. Atomare dimensioner betyder således afstande af samme størrelsesorden som afstandene mellem de enkelte atomer i faste stoffer, d.v.s. ca. en timilliontedel mm. Sammenlign nukleare.

Atomar = *atomic*.

Atombomber se nukleare våben.

Atombombe = *atombomb*.

Atomdrevet ubåd se nukleare ubåde.

Atomdrevet ubåd = *atomic submarine, nuclear powered submarine*.

Atomenergi. Betegnelsen anvendes ofte om energiudviklingen ved fission og fusion; et bedre navn er nuklear energi eller kerneenergi.

Atomenergi = *atomic energy*.

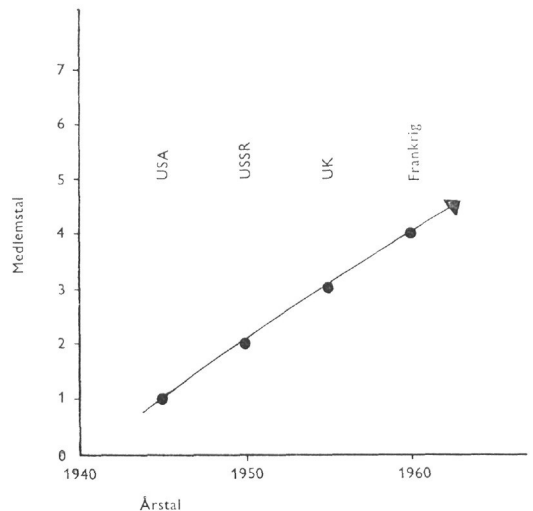
Atomfri zone. Ved en atomfri zone forstås et landområde, som er fri for lagre af nukleare våben.

Atomfri zone = *denuclearized zone*.

Atomkerne. Det lille, centrale, positivt ladede område i et atom, hvori hovedparten af atomets masse er samlet. Når undtages den lette brint, hvis kerne består af en enkelt proton, indeholder alle atomkerner både protoner og neutroner. Antallet af protoner (lig med atomnummeret) bestemmer størrelsen af kernens elektriske ladning. Dette antal er ens for alle isotoper af samme grundstof. Antallet af neutroner varierer derimod fra isotop til isotop. Det samlede antal af protoner og neutroner bestemmer isotopens kernefysiske egenskaber som radioaktivitet, neutronindfangning o.s.v.

Atomkerner = *atomic nuclei*.

Atomklubben. Betegnelse for de stater, som ejer nukleare våben. En anden betegnelse er atommagterne. I øjeblikket (november 1962) er der fire medlemmer: USA, USSR, UK og Frankrig. Der er betydelig forskel på disse landes formåen både med hensyn til antal af bomber, fremføringsmidler og bombetyper, som de enkelte lande besidder.



På figuren er klubbens vækst angivet afhængigt af årstal. Det n^{te} lands problem er problemet om denne kurves forløb i fremtiden samt problemet om, hvem de næste medlemmer

bliver. I matematikken skriver man tallene som rækkefølgen 1, 2, 3....., n-1, n, n+1,, hvor n står for et vilkårligt tal. Man anvender denne formalisme, når man vil sige noget generelt i forbindelse med et vilkårligt tal, som så kaldes n. Hvis klubben på et givet tidspunkt har n-1 medlemmer, bliver problemet: »Hvem bliver det n^{te} land«.

Atomklub — *atomic club*.

Atomkrig. Betegnelse for krig med nukleare våben.

Atomkrig = *nuclear war*.

Atommagterne se atomklubben.

Atommagt = *atomic power, nuclear power*.

Atomspionage betegner spionage rettet mod de hemmeligholdte forhold vedrørende nukleare våben.

På sin vis er spionage en form for ensidig (eller unilateral) illegal kontrol.

Man skal dog ikke glemme, at megen information kan vindes f.eks. ved at læse modpartens litteratur, og at der måske har været tendens til at overvurdere effektiviteten af spionage.

Ligeledes må man gøre sig klart, at magtbalancen hviler på troligheden (s. d.) af ødelæggelsesmidlerne. Det er derfor i en vis forstand i en forsvarers interesse, at hans modstander har et ret omfattende kendskab til hans ødelæggelsesmidlers virkemåde og omfang.

Spionage — *espionage*.

Atomvægt. Den relative vægt af et atom af det pågældende grundstof. I kemien fastlægges skalaen derved, at den gennemsnitlige atomvægt af naturlig ilt atomer sættes til nøjagtig 16 atomvægtsenheder. I kernefysikken sættes atomvægten af iltisotopen ilt-16 lig med 16 atomvægtsenheder; da naturlig ilt er en isotopblanding afviger de to skalaer lidt fra hinanden.

Atomvægt = *atomic weight*.

Begrænset krig betegner krig, som føres med begrænsede midler eller på begrænsede landområder. Dette sidste tilfælde betegnes ofte lokal krig. I atomdebatten tænker man specielt på begrænset krig som krig uden anvendelse af

nukleare våben. Undertiden diskuteres, om det er muligt at begrænse en atomkrig til anvendelse af taktiske nukleare våben.

Begrænset krig = *limited tvår*.

Beriget uran. Uran hvori det procentiske indhold af isotopen uran²³⁵ som følge af en isotopadskillelse er større end for det naturlige uran.

Beriget uran = *enriched uranium*.

Bilateral aftale er en aftale mellem to lande. Bilateral betyder tosidig.

Bilateral = *bilateral*.

Biologisk krigsførelse gennemføres ved udspreddning af bakterier, vira m.m., således at »fjendtlige« befolkninger bliver syge eller dør. Spredningsmetoderne i biologisk krig kan afhænge af faktorer som vejrforhold og kan eventuelt være ukontrollable, så ens egen befolkning løber en risiko. Af disse grunde er der en tilbøjelighed til f.eks. at tillægge biologisk krig mindre trolighed end nuklear krig.

Biologisk krigsførelse = *biological warfare*.

Bombefly. Betegnelse for bombebærende fly (se fly og tabel C 2 i afsnit C 1), i den nukleare debat som regel særlig tænkt i betydningen bærere af store nukleare bomber. Disse fly's mængde, bæreevne, Operationsradius og hastighed er sammen med deres stationering, beredskab og brændstofforsyning, eventuelt i luften, vigtige punkter i den nukleare debat.

Bombefly = *bomber*.

Brintbombe se fission-fusionbombe.

Brintbombe = *hydrogen bomb*.

Brintenergi se fusionsenergi.

Brintenergi = *fusion energy*.

Brudzone i forbindelse med nukleare våben. Det område omkring og under nulpunktet for en overfladeeksplosion, hvor jorden bliver gennemkrydset af revner. Denne zones radius er ca. 1½ gange kraterets radius.

Brudzone = *rupture zone*.

Brådsø i forbindelse med nukleare våben. En sky der ruller udad fra den nederste del af stilken af den paddehattesky, der er dannet ved en eksplosion under overfladen. Ved en under-vandsekspllosion består brådsøen af en sky af vanddråber, og ved underjordsekspllosioner af små, faste partikler, der bevæger sig på en væskeagtig måde.

Brådsø, her = *base surge*.

Bølge = *wave*.

Bølgedal = *wave-trough*.

Bølgetop = *wave-crest*.

Centrifugering, d.v.s. hastig rotation af flyden-de eller luftformig materiale, fører til adskillelse af tunge og lette bestanddele, idet de tunge-ste bestanddele koncentrerer sig yderst i centrifugen og de letteste inderst. Centrifugering har været foreslået til adskillelse af U^{235} fra naturlig uran, hvorved det bliver muligt at fremstille nukleart sprængstof. Det har været omtalt for nylig, at nye tyske opdagelser på dette punkt skulle markere afgørende fremskridt. Andre udtalelser betegner disse meddelelser som over-drevne. Dog er emnet »isotopadskillelse ved centrifugering« på de store magters lister over hemmeligheder.

Man kan have begrundet formodning om, at centrifugeringsmetoden, hvis den får en heldig gennemførelse, vil betyde en forenkling af fremstillingsprocesserne for nukleart sprængstof, således at produktionsanlæggene i så fald vil blive mindre og tillige mindre øjnefaldende ved betragtning udefra.

Centrifuge = *centrifuge*.

Civile mål betegner bombemål, som overvejen-de omfatter civile anlæg og civilbefolkning. De teknologiske fremskridt har medført, at det civile produktionsapparat, det civile kommunikationssystem og den civile hjælpetjeneste i højere og højere grad har betydning for opnåelse af sejr, og det bliver derfor vanskeligere og vanskeligere reelt at skelne mellem civile og militære mål.

Civilt mål = *civilian target*.

Cyklon er betegnelsen for et lavtryk med omgi-vende cirkulære vinde. En cyklon med et under-tryk på 10 millibar og 1400 km i diameter har et energiindhold svarende til 40 megatons TNT.

Cyklon = *cyclone*.

Decoy. Lokkedue. Begrebet bruges om genstan-de, der skal lokke antiraketvåben til at tage fejl af den virkelige raket og »lokke-duen«.

Decoy = *decoy*.

Delvis nedrustning kan tænkes gennemført på mange måder, således ensidigt (unilateralt), tosidigt (bilateralt), flersidigt (multilateralt) eller gennem international overenskomst. Stør-relsesmæssigt kan man tænke sig nedrustning efter forholdstal, med bevarelse af afskrækkende balance m.m. Se endvidere »international kontrol« og »nedrustning«.

Delvis nedrustning = *arms reduction*.

»Den gale ansvarshavende« er betegnelsen for et af de forhold, som kan føre til tilfældig krig eller ikke tilsigtede krig. Der tænkes her på den mulighed, at en politisk eller militær ansvarshavende går amok og udløser et angreb. *

Det er klart, at der er gennemført meget strenge forholdsregler af såvel organisatorisk som teknisk natur for at forhindre denne situa-tions opståen. At problemstillingen alligevel ofte fremdrages, skyldes nødvendigheden af til stadighed at erindre om betydningen af det menneskelige element.

Den gale ansvarshavende = *the mad commander*.

— *unauthorized behaviour*.

Dekontaminering. Rensning for radioaktivt stof.

Dekontaminering = *decontamination*.

Deployere (verbum), oprindelig betegnelse for overgang fra marchkolonne til kampformation, nu anvendes udtrykket tillige til beskrivelse af den fase i et våbens historie, hvor våbnet, som er færdigt fra produktion, hentes i fabrik eller fra lager og stilles til rådighed for de væbnede styrker.

Deployere = *deploy*.

Deuterium. En isotop af brint med massen 2 mod den normale 1 for (let) brint. Den udgør ca. 0,01 pct. af naturligt forekommende brint. kan udvindes ved isotopadskillelse (s.d.) og

*) Se Peter Bryant: »Red Alert«, Ace Books, Inc., New York, 1958.

anvendes i fusionsvåben (og i reaktorer, hvor den tjener til nedbremsning af neutroner, men ikke som energikilde). Den kaldes ofte tung brint. Se i øvrigt »Atom«.

Deuterium = *deuterium*.

Diffusion (isotopadskillelse ved): En luftart (A), der har mindre atomvægt end en anden (B), vil passere hurtigere gennem en porøs væg end B. Hvis man har et luftformigt grundstof, der indeholder flere isotoper, vil derfor den letteste isotop slippe hurtigst igennem; standser man f.eks. processen, når omtrent halvdelen af luftarten er gået igennem, vil der være opstået forhøjet koncentration af den lette isotop i denne halvdel; der skal et stort antal trin til efter hinanden, før man når til så klar koncentrationsændring, at man kan tale om, at der er blevet isoleret en mængde let isotop.

Diffusion — *diffusion*.

Disengagement er en speciel nydannelse i efterkrigsårenes diplomatiske sprogbrug og dækker den situation, hvor en stor magt trækker sig tilbage fra sine indflydelsesområder (taget i videste forstand) på fremmed territorium. Hvis landområdet, der er tale om, er begrænset, taler man om en »disengagement zone«. Disengagement zone anvendes ofte i snævrere betydning; en afmilitariseret zone i den forstand, at der i zonen ikke findes andre nationers militære styrker, d.v.s., de andre nationer afstår fra eller ophører med at engagere sig i zonen.

Disengagement = *disengagement*.

Dommedagsbomben er betegnelsen for et endnu ikke konstrueret våben, som kan tilintetgøre Jordens befolkning. Et sådant våbens fremkomst ville skabe en ekstrem situation, som diskuteres for at belyse visse sider af problemstillingen i den nukleare debat. Det ligger ikke uden for mulighederne, at et sådant våben kan fremstilles, og man bør erindre, at en omfattende nuklear krig kan vise sig at være et så kraftigt indgreb i naturen, at den kan bringe os nær den fuldstændige udslettelse af menneskeheden, uden at dette tilsigtes eller forudses. Se nærmere hos H. Kahn (Dædalus). Se pg. 36.

Dommedagsbomben = *the doomsday machine*.

Dosis. Strålingsdosis, s.d.

Dosishastighed. Den strålingsmængde, der modtages i tidsenheden. Den angives f.eks. i rad pr. time eller i millirad (= $\frac{1}{1000}$ rad) pr. uge, osv.

Dosishastighed = *dose rate*.

Dynamisk overtryk. Det lufttryk, der fremkaldes af den bevægelse af luften, der indtræder bag chokbølgen fra en eksplosion. Det vokser med kvadratet på den hastighed, hvormed luften rammer en genstand. Dynamisk overtryk måles ligesom almindeligt overtryk (s.d.) i psi.

Dynamisk overtryk = *dynamic pressure*.

»**Dæmpning**« af en underjordisk eksplosion betegner metoder til formindskelse af det seismiske signal (jordrystelsen) fra en eksplosion, så den bliver vanskelig at opdage. Det engelske ord for denne fremgangsmåde, muffle, betyder omvikle for at dæmpe lyden som ved dæmpning af et pistolskud.

Det har været hævdet, at dæmpning kan gennemføres med en dæmpningsfaktor 300. Dette betyder, at en iagttaget udstyret med en seismograf vil måle en given nuklear eksplosion (som er blevet dæmpet med denne faktor), som om den var 300 gange mindre, end den virkelig var. Da der altid er en del seismisk støj fra små jordskred, bevægelser i jordskorpen, bølgeslag m.m., betyder det også, at iagttageren eventuelt slet ikke vil observere noget usædvanligt, d.v.s. eventuelt ikke opdager eksplosionen.

Dæmpe = *muffle, decouple*.

Eksplosionsdybde = *depth of explosion*.

Eksplosionshøjde. Den højde over jordoverfladen, hvori et våben, der af fyres over jorden, sprænges.

Eksplosionshøjde = *height of burst*.

Eksplosionskrater. Den omtrent cirkulære fordybning, der dannes i jorden ved en overfladeeksplosion af et (nukleart) våben. Kraterets diameter og dybde vil afhænge af jordbunden art, og diameteren vil vokse omtrent proportionalt med kubikroden (den tredje rod) af våbnets energiudvikling.

Eksplosionskrater — *explosion crater*.

Elektromagnetisk separation (af isotoper) beror på afbøjning i et magnetisk felt af en strøm

af ioner af det pågældende grundstof. Da de forskellige isotoper på grund af den forskellige masse af bøj es ulige meget, kan de direkte opsamles i hver sin beholder. Metoden giver en god adskillelse mellem isotoperne, men de mængder, der kan opsamles, er små.

Elektromagnetisk separation = *electromagnetic separation*.

Fission. Mange af de atomkerner, der hører til de tungeste grundstoffer, kan af en neutron bringes til en gennemgribende spaltning, fission, hvorved der dannes to brudstykker, fissionsprodukter, der er radioaktive, ligesom der samtidig dannes 2–3 nye neutroner.

Blandt de i naturen forekommende stoffer har kun uran²³⁵ tilstrækkelig fissionsandsynlighed til at kunne undergå en kædereaktion (se pg 8). Man kan i reaktorer fremstille andre isotoper med denne egenskab; af disse kan uran²³³ og plutonium²³⁹ fremstilles i tilstrækkelig mængde til praktisk energiudvikling eller til anvendelse i nukleare våben.

Fission = *fission*.

Fissionbombe. En bombe, hvori energiudviklingen sker ved en kædeproces af fissioner (s. d.).

Fissionbombe = *fission bomb*.

Fission-fusion bombe (brintbombe). En bombe, hvori det meste af energiudviklingen sker ved en kædeproces af fusioner. En sådan proces kan imidlertid først begynde, når der er frembragt meget højt tryk og meget høj temperatur. Dette gøres med en fissionbombe, som altid benyttes som »tændsats«.

Fission-fusion bombe = *fission fusion bomb*.

Fladebrande kendes fra brand fremkaldt af store naturkatastrofer og ved de store bombardementer af byer under den anden verdenskrig.

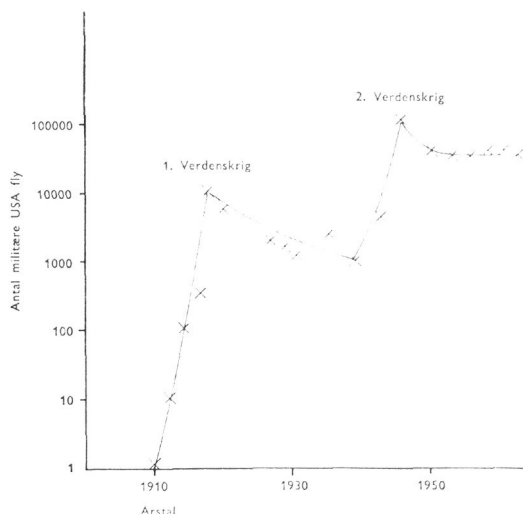
Fladebrand opstår, når store områder antændes samtidigt. Varmedevikling medfører opadstigende luft i centrum af brandområdet, og luft strømmer til udefra og nærer ilden; efterhånden bliver hastigheden af den tilstrømmende luft så stor, at enorme storme rettet mod brandcentret udvikler sig og suger løst materiale ind mod branden.

Fladebrand = *firestorm*.

Flodbølge se jordskælv

Flodbølge = *flood*.

Fly. Udviklingen af de militære flyvevåben giver en illustration af kaprustningens forløb. Kapaciteten er i figuren illustreret fra år til år for USA's vedkommende fra det tidspunkt, hvor brødrene Wright i 1909 opnåede at se en af deres maskiner som den første spæde begyndelse til USA's luftvåben. I 1958 var der ca. 300 USA baser for fly spredt i en snes lande, ca. 20.000 fly, af hvilke 13.000 var jetfly, hvoraf 2.000 SAC jet med bæreevne for termonukleare våben; hele dette tekniske apparat blev betjent af et personale på ca. 1 million mand. Der er på figuren interessante toppe i kapaciteten fremkaldt af de særlige anstrengelser, som medførtes af de to verdenskrige. Den tegnede kurve er naturligvis ikke særlig nøjagtig, og detaljer og små udsving omkring depressionen og krigen i Korea ses ikke på tegningen. På pg. 27 er nævnt nogle få fly af amerikansk oprindelse. Disse fly er blot valgt som en illustration til de vigtige forhold: maksimalhastighed, maksimal højde, Operationsradius og lasteevne. Tillige er der nævnt SAC bombemaskiner, en enkelt tanker og nogle jagere for at illustrere nogle få af de vigtige faktorer i opbygningen af en luftstyrke. Tankfly er af ganske særlig interesse, fordi de er en illustration til udviklingen: tankning i luften, som gør det lettere for SAC til stadighed at have en afskrækkende styrke på vingerne. Andre forholdsregler er gennemført for hurtigt at kunne bringe luftflåden i aktion. Det nævnes



således, at ca. $\frac{1}{3}$ af ovennævnte SAC luftflåde eller ca. 700 maskiner i 1958 til enhver tid kunne bringes i luften på 15 minutter efter uventet varsling.

For interesserede kan yderligere henvises til den righoldige litteratur om emnet.

Se f.eks. Jane's All the Worlds Aircrafts; sidste udgave er redigeret af J. W. R. Taylor og udkommet hos Sampson Law, Marston og Co. LTD., London 1961/62, men værket er i øvrigt kommet som årbog gennem en lang række år, eller W. Green og J. Fricker: The Air Forces of the World, MacDonald, London 1958.

Fly = *aircraft, airplane*.

Forbrændingsenergi = *heat of combustion*.

Forbud mod nukleare våben har været foreslået i forskellig udformning, f. eks. forbud mod militær anvendelse af nukleare eksplosiver eller forbud mod angreb med nukleare våben. Sådanne forbud er mulige som led i en nedrustningsaftale. Man har også tænkt sig at søge gennemført total afskaffelse af nukleare våben.

Forbud mod nukleare våben

= *prohibition of nuclear weapons, ban the bomb*.

Forsager er betegnelsen for eksplosioner af enhver art, som imod ønske forløber ufuldstændigt, eller som helt udebliver.

Forsager = *fizzle*.

Forskning og udviklingsarbejde. I forbindelse med forskning taler man ofte om grundforskning og målforskning. Det at finde frem til et nyt våben kan ofte indeholde militær målforskning som et vigtigt led og vil hyppigt gå ud på under udnyttelse af grundforskningsresultater at opfinde, målforske, udvikle og gennemkonstruere det nye våben samt fremstille de første få eksemplarer. Hvis dette arbejde lykkes, påbegyndes planlægningsarbejdet, hvorefter fabrikation (eller produktion) kan iværksættes. Afgrænsningerne mellem grundforskning, målforskning og udviklingsarbejde er ikke skarpe, og der er megen vekselvirkning mellem disse trin i kæden fra opfindelse til produktion.

Forskning og udviklingsarbejde = *research and development*.

Fredelig udnyttelse af atomenergi betegner hele det store område af forskning, udvikling og

produktion, som er opstået efter atomenergiens opdagelse, og som har civilt øjemed.

Programmer med dette formål gennemføres i mange af verdens lande med betydelig assistance fra de store magter, som besidder de nukleare råmaterialer. Forsøgsanlægget Risø er et eksempel på et sådant program. (Se illustrationen næste side).

Megen indsats inden for den fredelige udnyttelse af atomenergi iværksættes efter gennemførelsen af præsident Eisenhowers »Atoms for Peace« plan.

Fredelig udnyttelse af atomenergi = *peaceful application of atomic energy*.

Fredelig udnyttelse af nukleare eksplosioner har været foreslået til mange formål. Således kan man nævne store udgravningsarbejder, fredelig udnyttelse af brintenergi, olieframskaffelse, radioaktivitetsproduktion m. m. En række prøvesprængninger til delvis undersøgelse af disse muligheder har været gennemført.

Fredelig udnyttelse af nukleare eksplosioner = *peaceful application of nuclear explosions*.

Fremføringsmidler for nukleare våben er her brugt som betegnelse for de forskellige midler til fremføring af nukleare våben, f. eks. fly inklusive baser, raketter med affyringsramper, hvad enten disse er faste eller bevægelige, idet de anbringes på vogne, i fly, overfladeskibe eller undervandsbåde eller eventuelt i satellitsystemer; nukleare våben kan også fremføres af granater afskudt fra kanoner.

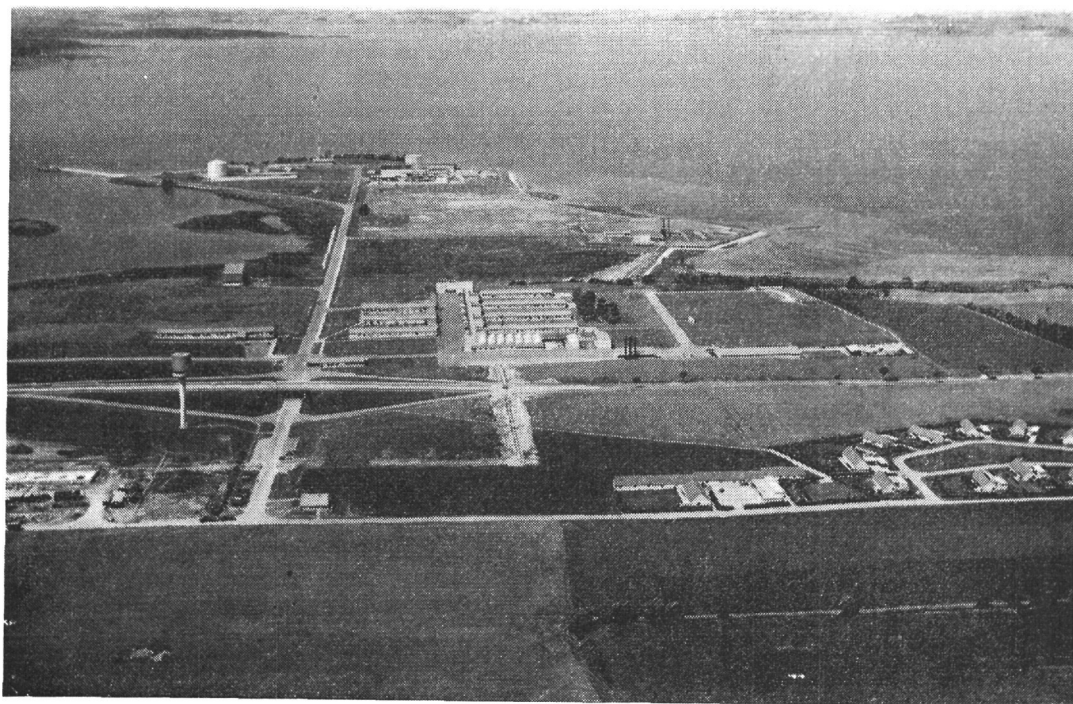
Fremføringsmidler = *delivery means, vehicles* (bruges i næsten samme betydning, men der er mange alternativer).

Fusion. En proces, hvor lette atomkerner ved høje tryk og temperaturer undergår en sammensmeltning (fusion).

Fusion = *fusion*.

Fusionsenergi. Energi udviklet ved sammensmeltning af to tunge brintkerner (deuteriumkerner), hvorved der enten dannes en tritiumkerne og en proton eller en helium³ kerne og en neutron, eller ved sammensmeltning af en deuteriumkerne og en tritiumkerne, hvorved der dannes en helium⁴ kerne og en neutron. Fusionsenergien frigøres i brintbomber eller som de også kaldes termonukleare bomber.

Fusionsenergi = *fusion energy*.



Luftfoto af Risø.

Første (=1.) slagkraft se massiv gengældelse
 Første slagkraft = *first strike capability*.

Gammastråling. Elektromagnetisk stråling med høj energi, der udsendes fra atomkerner under mange kerneomdannelser, som fission, radioaktiv omdannelse og neutronindfangning.
 Gammastråling = *gamma rays*.

Gangsterbomben er en nuklear bombe, der falder i hænderne på en (tilstrækkelig omfattende) gangsterorganisation. Dette er i øjeblikket kun en tænkt situation.

Gangsterbombe = *gangsterbomb*.

Gen. Molekylær struktur, som er bærer af en arvelig egenskab, f. eks. øjenfarve.

Gen = *gen*.

Genetik. Arvelighedslære.

Genetik = *genetics*.

Genetisk. Vedrørende arvelige forhold.

Genetisk = *genetic*.

Genetiske virkninger (af stråling). Stråling kan fremkalde gen-ændringer (mutationer), således at arvelige egenskaber ændres.

Genetiske virkninger = *genetic effects*.

Gengældelsesstyrke betegner først og fremmest den ikke øjeblikkeligt sårbare styrke, en magt må være i besiddelse af for at kunne yde gengæld mod en angriber. Gengældelsesstyrken er naturligvis ikke noget stationært, men må hele tiden tilpasses rustningskapløbets øjeblikkelige stade. I USA sikres gengældelsesstyrken først og fremmest ved hjælp af hårde affyringsramper, ved bevægelige og til dels skjulte affyringsramper som ubåde med Polaris raketter, eller ved den fuldt lastede bombeflåde, der til stadighed

er på vingerne. Men derudover repræsenterer de faste og åbent placerede raketter, SAC's luftflåde og de taktiske våben en gengældelsesværdi. Se også »Massiv gengældelse«.

Gengældelsesstyrke = *retaliatory force*.

Giftkrig er en fællesbetegnelse for kemisk, biologisk og radiologisk krigsførelse.

Giftkrig = *toxicological warfare*.

Global. Verdensomspændende.

Global = *world wide*.

Globalt nedfald. Radioaktivt stof, som er ført op i atmosfærens øverste lag, vender først tilbage til jorden i løbet af nogen tid. På grund af de meteorologiske forhold heroppe spredes dette støv over betydelige områder. Især stratosfærestøvet spredes over hele jorden, og man taler i så fald om globalt nedfald.

Globalt nedfald = *world wide fall out*.

Hårde mål er militære anlæg, som gennem speciel modstandsdygtighed mod chok og varme (i kraft af særlig konstruktion) i vid udstrækning kan undgå ødelæggelse. De fleste sådanne mål vil dog være sårbare ved fuldtræffer med en megatonbombe. Affyringsramper for raketter kan konstrueres som hårde mål. Disse konstruktioner er indført for at være i stand til at opretholde en »second strike capability«, en vigtig faktor i forbindelse med gengældelsesstyrken.

Hårde mål = *hardened targets*.

Halveringstid for en radioaktiv stofmængde er den tid, der forløber, før halvdelen af stoffet ved radioaktivt henfald er forsvundet. Den er uafhængig af stofmængden og er en karakteristisk størrelse for det pågældende radioaktive stof. Den er således også uafhængig af, i hvilken kemisk form stoffet findes.

Halveringstid = *half life*.

Halveringstykkelse for gammastråling er den tykkelse af et givet materiale, der vil absorbere halvdelen af en indfaldende gammastråling. Denne tykkelse afhænger af strålingens energi samt af arten af materialet. For bløde gammastråler (og røntgenstråler) er absorptionen størst i materialer med højt atomnummer som bly. For hårdere gammastråling er halverings-

tykkelsen omtrent omvendt proportional med materialets vægtfylde.

Halveringstykkelse = *half-thickness*.

Hemmeligt våben er betegnelsen for et våben, som endnu ikke har været brugt i krig eller prøvet offentligt, men som findes »på lager«. Muligheden for hemmelige våben spiller en stor rolle i psykologisk krigsførelse, hvad enten denne mulighed er baseret på realiteter eller ej. Begrebet hemmelige våben er dog blevet af mindre betydning på grund af eksistensen af masseødelæggelsesvåbnene.

Hemmeligt våben = *clandestine weapon, secret*

Henfald. Se radioaktivt henfald.

Henfald = *decay*.

Hypocenter = nulpunkt (s.d.).

Hypocenter = *hypocentre*.

Ildkugle. Den lysende kugle af varme luftarter, som øjeblikkelig dannes ved en nuklear eksplosion, og som derefter stiger til vejrs, medens den udvider sig og afkøles. Se iøvrigt »paddehattesky«.

Ildkugle = *ball of fire*.

Ilt eller oxygen. Grundstof med atomnummer 8. Udgør ca. 20 pct. af atmosfæren og efter vægt ca. 90 pct. af vand.

Ilt — *oxygen*.

Implosion. Indadrettet »eksplosion«, der frembringes ved, at et antal sprængladninger, der er anbragt på en kugleoverflade, eksploderer samtidigt. Herved kan et fissilt materiale, der er anbragt f. eks. i form af en indre kugleskal, sammenpresses så stærkt, at det bliver overkritisk.

Implosion = *implosion*.

Initialnuklear stråling er den ioniserende stråling, der udsendes under en nuklear eksplosion.

Inspektion beskriver forskellige former for kontrol på stedet foretaget af nationale eller internationale undersøgelseshold. Inspektion kan f. eks. tænkes gennemført i forbindelse med prøvesprængninger, nukleare lagre, nuklear pro-

duktion, affyrringsramper, militær forskning m. m. Inspektion er et af de vigtigste punkter i nedrustningsforhandlingerne.

Inspektion = *inspection*.

Inspektion på stedet = *ground inspection*.

Interkontinental raket se raket.

Interkontinental raket = *intercontinental ballistic missile (ICBM)*.

Internationale Atomenergiorganisation, Den, i Wien var oprindeligt tænkt anvendt som formidlings- og kontrolorganisation bl.a. i forbindelse med nukleart materiale. Denne tanke er efterhånden og af mange grunde blevet forladt, og den internationale atomenergiorganisation har i det væsentlige alene fungeret som formidler af informations- og personaleudveksling i forbindelse med den fredelige udnyttelse af atomenergien.

International Atomenergiorganisation, Den, = *International Atomic Energy Agency = IAEA*.

International kontrol i forbindelse med nedrustning kan tænkes at omfatte kontrol med lagre af nukleare våben, med produktion af sprængstof og våben og med fremføringsmidler indbefattet militære baser. Kontrollen tænkes varetaget af en kontrolorganisation med ret til at foretage de nødvendige inspektioner til sikring af, at afrustningsaftalerne overholdes.

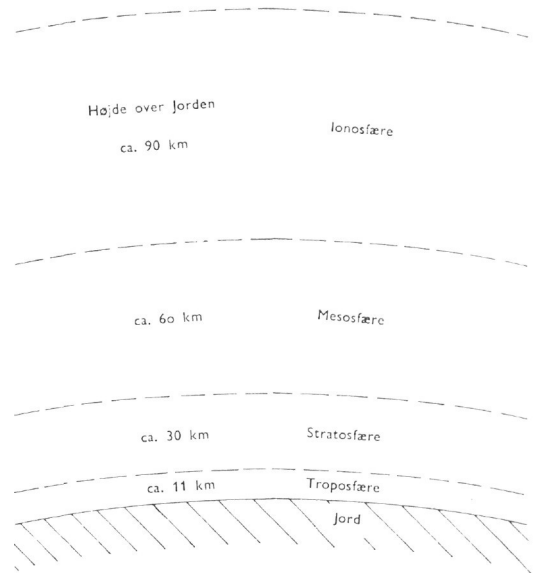
Kontrol med prøvesprængninger i forbindelse med en aftale om stop for prøvesprængninger kan baseres på et antal kontrolstationer fordelt over jorden og udrustet med fysiske måleapparater til registrering af nukleare eksplosioner (seismiske instrumenter, varmestrålingsdetektorer, mikrobarometre, radioaktivitetsmåleudstyr O.S.V.).

International kontrol = *international control*.

Ioniserende stråling. Elektromagnetisk stråling (ultraviolet stråling, røntgenstråling og gammastråling) eller partikelstråling (alfapartikler, betapartikler, neutroner), der ved passage gennem stof kan ionisere, d.v.s. frembringe elektrisk ladede partikler.

Ioniserende stråling = *ionizing radiation*.

Ionosfæreaktivitet beskriver ændringer i ionosfærens tilstand, som f.eks. fører til ændringer i gengivelsen af radiosignaler. Ionosfæren er et



Luftlagene omkring jorden.

ioniseret bælte i atmosfæren; dets beliggenhed i forhold til Jorden er vist på illustrationen. I ionosfæren er atomerne delvis spaltet i positivt ladede ioner og negativt ladede elektroner (∴ delvis plasmatilstand).

Ionosfæreaktivitet = *ionosphere activity*.

Irreversible trusler betegner trusler, fra hvilke der ingen vej er tilbage. Hvis land A truer land B med, at det vil gøre sådan og sådan, hvis ikke B gør dette eller hint, har det meget svært ved ikke at gennemføre en sådan kategorisk trussel, såfremt B ikke adlyder. En række irreversible trusler kan trin for trin føre til krise og krig.

Irreversibel trussel = *irreversible threat*.

Isotopadskillelse. Adskillelse af de forskellige isotoper i samme grundstof. Da de er kemisk næsten ens, beror isotopadskillelse på anvendelse af forskellige fysiske metoder, hvoraf diffusion (s.d.) og elektromagnetisk separation (s.d.) er de vigtigste.

Isotopadskillelse = *isotope separation*.

Isotoper. Forskellige former af samme grundstof med næsten identiske kemiske egenskaber, men med forskellig atomvægt, idet antallet af neutroner i kernen er forskellig. De fleste grundstoffer har hver flere stabile isotoper, der forekommer i et bestemt mængdeforhold, over-

alt hvor grundstoffet findes. Ved fysiske metoder kan en adskillelse mellem de forskellige isotoper gennemføres (se isotopadskillelse). I kernereaktioner vil forskellige isotoper af samme grundstof ofte reagere på hver sin måde. Se i øvrigt »Atom«.

Isotop = *isotope*.

Jagerbomber. Betegnelse for fly til kombinerede opgaver d.v.s. til opgaver, som varetages af jagere og (lette) bombefly.

Jagerbomber = *fighter-bomber*.

Jagere. Betegnelse for kampfly til angreb på fjendtlige fly og beskyttelse af egne fly. Hastighed, Operationsradius, antal og bevæbning har betydning for vurdering af den gensidige afskrækkende styrke mellem de forskellige militærmagter (se fly og tabel C 2 i afsnit C 1).

Jager = *fighter*.

Jod. Grundstof med atomnummer 53. Ved fission dannes et antal radioaktive isotoper af jod med halveringstider fra timer til ca. 1 uge. I den første tid efter sprængningen af et kernevåben er en betydelig del af fissionsprodukterne jodisotoper. Da de, dersom de er til stede i fødemidler, søger til skjoldbruskkirtelen, er de blandt de fissionsprodukter, der kan være særlig farlige under visse omstændigheder.

Jod = *iodine*.

Jordrystelse = *seismic chock*.

Jordskælv. Store energifrigørelser forekommer i naturen blandt andet ved jordskælv. Som eksempel kan nævnes jordskælvet i Chile i 1960, som bestod af en række enkeltrystelser, af hvilke den største skønnes at have haft en energiuudvikling på ca. 200 megatons TNT. Denne rystelse gav anledning til en flodbølge, som medførte oversvømmelser så langt borte som i Japan.

Det bør bemærkes, at det er sjældent, at en naturlig energiuudvikling udløser en så udpræget retningsbestemt virkning som her, men samtidig må det erindres, at man ved samtidig eksplosion af flere nukleare bomber langs en ret linie og under vandoverfladen netop er i stand til at fremkalde sådanne virkninger.

Jordskælv = *earthquake*.

Jordvold = *earthen mound*.

Kalorie. En enhed for varmemængde, nemlig den varmemængde der skal til for at opvarme 1 gram vand 1 grad celsius (ved 15° C).

Kalorie = *calorie*.

Kemisk energi. Energi, der kan udvindes ved kemiske processer (hvorved atomkerner forbliver uændrede), f.eks. ved forbrænding.

Kemisk energi = *chemical energy*.

Kemisk krigsførelse tænkes gennemført ved udspredding af gift, giftgas, nervegas m.m. Spredningsmetoderne for kemisk krigsførelse er ikke særlig veludviklede og afhænger af meteorologiske forhold, hvorfor de kan betyde en risiko for angriberens egne styrker. Af disse grunde tillægges kemisk krig ofte mindre troighed end nuklear krig.

Kemisk krigsførelse = *chemical warfare*.

Kerneenergi eller nuklear energi er den energi, der frigøres ved atomkerneprocesser.

Kerneenergi = *nuclear energy*.

Kerne våben. Nukleare våben.

Kerne våben = *nuclear weapons*.

Kiloton, egl. 1000 tons: For nukleare våben angives den samlede energiuudvikling f.eks. i det antal kiloton konventionelt sprængstof (TNT), der ville give samme energifrigørelse.

Kiloton = *kiloton*.

Kolde krig, Den. Begrebet den kolde krig dækker den teknologiske og politiske magtbalance kombineret med chikanerier, uvenskabelig tone, økonomiske forholdsregler m.v. mellem de store magtgrupper, som har præget den internationale situation i det sidste tiår. Det udtrykker, at vel har der i dette tidsrum ikke været verdenskrig eller storkrig omfattende store landområder, men dog har mindre krige, oprør, aggressiv propaganda m.v. hørt til dagens begivenheder i en sådan grad, at man kan hævde, at krig har været ført med næsten alle midler med undtagelse af omfattende militære magtmidler.

Kold krig = *cold-war*.

Kombinationen nukleare våben - raketter. De nukleare våbens store ødelæggelsesradius sammenholdt med raketters store hastighed og relative usårlighed fører til, at kombinationen nukleare våben - raketter, til trods for at raketterne ikke er absolut træfsikre, er det i dag mest effektive masseødelæggelsesvåben.

Kommunikationssystemer er fællesbetegnelse for de tekniske midler til opretholdelse af samkvem, nyhedsformidling m.v. Som eksempler kan nævnes transportsystemer, postforbindelser, telegraf, TV, radio, telefon m.v. På grund af den komplicerede teknik, som anvendes i kommunikationssystemerne, er disse særligt sårbare over for panik, skabt ved reel eller psykologisk krigsførelse, og for præcise konventionelle eller nukleare angreb. Som eksempel på følgerne af panik kan man tænke på overbelastning af telefonsystemet eller trafiksammenbrud. Som eksempler på følgerne af præcise angreb kan tænkes på ødelæggelse af radiostationer, trafikknudepunkter m.v., eventuel besættelse af disse. Det må erindres, at der findes såvel militære som civile kommunikationssystemer, der kan være delvis uafhængige af hinanden.

Kommunikationssystemer = *communication systems*.

Kondensationssky. En tåge af meget små vanddråber, der kortvarigt omgiver ildkuglen efter en nuklear eksplosion, såfremt atmosfærens fugtighedsindhold er højt. Den fremkaldes ved afkøling af luften under den negative trykfase og forsvinder igen, når normalt tryk genoprettes.

Kondensationssky = *condensation cloud*.

Kontaminering. Forurening med radioaktivt stof.

Kontaminering = *contamination*.

Kontrol se international kontrol.

Konventionelle bomber betegner bomber med kemisk sprængstof i modsætning til nukleare bomber, hvor hovedparten af den udviklede eksplosionsenergi hidrører fra nuklear energi. Konventionelle sprængstoffer og bomber har naturligvis også undergået en vis teknologisk udvikling, og der findes et utal af sprængstoffer og mulige anvendelser. Der er enorm forskel på den teoretiske øvre grænse for konventionelle

bombers sprængkraftkoncentration og den tilsvarende grænse for nukleare våbens sprængkraftkoncentration, idet den sidste er omtrent 100 millioner gange større end den første.

Konventionelle bomber = *conventional bombs*.

Konventionel krig betegner krigsførelse uden anvendelse af nukleare våben.

Konventionel krig = *conventional war*.

Konventionelle våben betegner alle typer våben, hvor nye og usædvanlige de end er, der ikke involverer nukleart sprængstof. Ofte undtages også kemiske og bakteriologiske våben.

Konventionelle våben = *conventional weapons*.

Kortdistanceraket se raket.

Kortdistanceraket = *short range ballistic missile (SRBM)*.

Krig ved uheld betegner en krigssituation, som opstår, fordi begivenhederne på en eller anden måde kommer ud af kontrol. Der anføres i den løbende debat en række mulige situationer, som kunne tænkes at resultere i en ikke tilsigtet eller tilfældig krig. Ofte omtalte muligheder er: 1) falsk alarm, som opstår på grund af tekniske fejl eller forkert tydning af observationer, 2) begrænset krig mellem to små nationer, der kommer ud af kontrol, idet andre inddrages, 3) en politisk eller militær ansvarshavende, der ikke har den øverste myndighed, går amok og udløser et angreb.

Krig ved uheld = *accidental war*.

Kritisk mængde for et system, der indeholder fissilt materiale, er den mængde, for hvilken det antal af neutroner, der produceres ved fissionsprocessen, netop modsvarer det antal, der forsvinder ved indfangning og tab gennem overfladen. Den afhænger af det fissile materiale og andre faktorer.

Kritisk mængde = *critical amount*.

Krypton. Grundstof med atomnummer 36 tilhørende de inaktive luftarters række. Ved affyring af nukleare våben og i reaktorer dannes radioaktive isotoper af krypton med forskellige halveringstider.

Krypton = *krypton*.

Kuffertbombe. Dette begreb beskriver et nukleært våben, som kan transporteres » i en kuffert« eller på anden simpel og skjult måde.

Kuffertbombe = *suitcase bomb*.

Kulstof (kul). Grundstof med atomnummer 6 og med 2 stabile isotoper, kulstof¹² (99 pct.) og kulstof¹³ (1 pct.). Ved indvirkning af den kosmiske stråling og i fusionvåbnene dannes en radioaktiv kulstofisotop, kulstof¹⁴, med en halveringstid på ca. 5600 år.

Kulstof = *carbon*, (*kul* — *coal*).

Lagre af nukleare våben. De faktiske lagre af nukleare våben har stor betydning i den løbende diskussion om krigsfaren. Det er vigtigt at fremhæve følgende punkter:

- 1) Lagrene er meget store og beregnes at svare til sprængvirkningen af ca. 60 milliarder tons TNT eller, om man vil, 20 tons TNT pr. person i verden.
- 2) Det er ikke offentligt kendt, hvor mange nukleare våben der findes af de forskellige størrelser og til forskellige formål. Ej heller er lagrenes faktiske placering kendt.
- 3) Lagrene er i en vis udstrækning og især for de store våbens vedkommende skudklare.
- 4) Bomberne fylder kun lidt, og det er forholdsvist let at skjule lagrene eller dele af lagrene.

Lagre af nukleare våben = *nuclear stockpiles*.

Langdistanceraket se raket.

Langdistanceraket = *intercontinental ballistic missile (ICBM)*.

Lithium. Grundstof med atomnummer 3 bestående af 2 isotoper med atomvægt 6 og 7. Da bombardement af lithium med neutroner medfører dannelse af tritium (s.d.), der sammen med deuterium kan benyttes i fusionvåben, anvendes lithiumdeuterid i brintbomber.

Lithium = *lithium*.

Lokal krig se begrænset krig.

Lokal krig = *local war*.

Luftbåren inspektion betegner inspektion ved luftfotografering eller anden form for iagttagelse og måling fra fly, satellit m.v.

Luftbåren inspektion = *aerial inspection*.

Lufteksplosion i forbindelse med et nukleært våben: Sprængning over land eller vand i en sådan højde, at ildkuglen ikke rører overfladen. Efter højde inddeles i fri, høj og lav eksplosion.

Lufteksplosion (fri, høj, lav) = *air burst*, (*free, high, low*).

Luftformig = *in gas phase*.

Masseødelæggelsesvåben er fællesbetegnelsen for de såkaldte ABC-våben, tftom-, biologiske og kemiske (*chemical*) våben. På engelsk betegnet NBC-våben (*nuclear, biological and chemical*).

Masseødelæggelse = *mass destruction*.

Massiv gengældelse er betegnelsen for gengældelse med anvendelse af nukleare våben i et omfang, som fører til praktisk taget udslættelse af modstanderen. Muligheden for massiv gengældelse tænkes først og fremmest opretholdt som afskrækningsmiddel. I forbindelse med massiv gengældelse bruges begrebet »første slagkraft«, d.v.s. hele den styrke, som kan anvendes til udslættelse af modstanderen, så længe ens eget land er intakt. Ved »anden slagkraft« forstår man den del af hele slagkraften, som kan anvendes, selv efter at man selv er praktisk taget udslættet. Se også gengældelsesstyrke.

Massiv gengældelse = *massive retaliation*.

Maximal tilladelig dosis. Således benævner man en dosis, der efter vor nuværende viden indebærer en så ringe risiko for beskadigelse af en person eller hans arveanlæg, at man kan se bort derfra, både under hensyn til personen og til samfundet. De doser, der anvendes, er fastsat af en international kommission (ICRP). De fastsatte værdier angiver de strålingsdoser, man mener at kunne acceptere i fredstid. Der er fastsat forskellige doser for f.eks. erhvervsarbejdere, børn, mindre befolkningsgrupper, hele befolkningen o.s.v.

Maximal tilladelig dosis = *maximum permissible dose = mpd*.

Maximum ceiling. Den maximale højde, hvori et fly kan flyve vandret, men hvor maskinkraften er fuldt udnyttet, så ingen manøvrevevne findes. Se også »Service ceiling«.

Megaton, egl. million tons. For nukleare våben angives den samlede energiudvikling f.eks. ved at opgive det antal megatons konventionelt sprængstof, som regel TNT, der ville give samme energifrigørelse.

Megaton = *megaton*.

Mellemdistanceraket se raket.

Mellemdistanceraket = *intermediate range ballistic missile (IRBM)*.

Mikrosekund = milliontedel sekund

Mikrosekund = *micro second*.



Mobil affyringsrampe (USSR).

Militære mål betegner bombemål, som overvejende omfatter militære anlæg og personel. Se også civile mål.

Militære mål = *military targets*.

Militær teknologi se våbenteologi.

Militær teknologi = *military technology*.

Mobile affyringsramper er bevægelige affyringsmekanismer for nukleare våben eller fordelingsystemer, f.eks. bevægelige raketaffyringsinstallationer, som vist på illustrationen. Andre eksempler er undervandsbåde, flymoderskibe, fly, kanoner m.m.

Mobile affyringsramper = *mobile launching platforms*.

Moderator. Grundstoffer eller kemiske forbindelser med særlige kernefysiske egenskaber, som tillader, at de kan anvendes til at gøre neutroner langsomme, kaldes moderatorer. De anvendes især i reaktorer.

Moderator = *moderator*.

Multilateral aftale er en aftale mellem flere lande. Multilateral betyder flersidig.

Multilateral = *multilateral*.

Mutationer. Ændringer af arvelige egenskaber.

Mutation = *mutation*.

Mætning beskriver en situation, hvor den størrelse, man taler om, har nået sin størst mulige værdi. Anderledes udtrykt er »mætning opnået ved et eller andet middel« ensbetydende med, at yderligere anvendelse af midlet ikke giver yderligere resultat. Kommer man således for meget sukker i kaffen, kan denne blive mættet med sukker, og yderligere sukkerstykker, der hældes i, vil så blot føre til, at de lægger sig på koppen bund uden at opløses. Kurven over dødelighedens afhængighed af dosis (pg. 21 i afsnit B 10) nærmer sig mætning for store doser. Tilsvarende er »mætningsværdien for sprængkraftkoncentrationen«, »den teoretiske grænseværdi«, indtegnet på den illustration, der er vist i forbindelse med begrebet »sprængkraftkoncentrationen«.

I atomdebatten taler man om, at den mulige effekt af lagrene af nukleare våben nærmer sig mætning, d.v.s., at den oplagrede ødelæggelseskraft har så stor størrelse, at yderligere forøgelse af ødelæggelseskraften ikke forandrer situationen.

Mætning = *saturation*.

Nagasaki-bomben havde en størrelse af ca. 20 kilotons. Dens virkninger er detaljeret beskrevet i »Effects of Nuclear Weapons«.

Nagasaki-bomben = *the Nagasaki bomb*.

Naturligt uran. Uran, som det forekommer i naturen (se uran).

Naturligt uran = *natural uranium*.

Nedrustning betyder en reduktion af de militære styrker. Ved almindelig nedrustning forstås en situation, hvor der kun opretholdes bevæbnede styrker i et omfang, som er tilstrækkeligt til politimæssige formål, eventuelt indbefattende internationale politistyrker, f.eks. under FN's flag.

Nedrustning = *disarmament*.

Negative fase. Det tidsrum, hvori chokbølgen fra en (nuklear) eksplosion på et givet sted frembringer et lufttryk, der er lavere end før eksplosionen. Den negative fase indtræder, efter at den positive fase (s.d.) er afsluttet, og den kan være af flere sekunders varighed. Den negative fase bidrager stærkt til ødelæggelsen.

Negative fase = *negative phase*.

Neutron. En partikel uden elektrisk ladning og med omtrent samme masse som en proton. Neutroner findes i alle atomkerner (undtagen i den lette brintisotop). Fissionsprocesserne udløses af neutronbestraling, og både ved fission og fusionvåben skabes neutroner i stort tal. Disse kan fremkalde kerneprocesser, der igen frembringer radioaktive stoffer (induceret aktivitet). (Se i øvrigt »Atom«).

Neutron = *neutron*.

Nominelle bombe. Den nominelle bombe er en regnestørrelse og svarer til en energiudvikling på 20 kilotons.

Nominelle bombe = *nominal bomb*.

n^{te} land se atomklubben.

n^{te} land = *nth country or nth power*.

Nuklear. Hvad der vedrører atomkerner. Fremmedordet nuklear overtages og foretrækkes, fordi det er kort og internationalt forståeligt, og fordi man i det teknologiske fagsprog i forbindelse med nuklear energi har brug for ordet »kerne« i flere betydninger (nucleus, core, kernel). Den gængse praksis at anvende ordet »atom« er for løs, idet al kemisk energi også (og måske med større ret) kan kaldes atomenergi, således at det er mere rimeligt at sondre mellem kemisk energi og nuklear energi (eller kerneenergi) end at anvende et upræcist begreb som atomenergi.

Nuklear = *nuclear*.

Nuklear afpresning kan tænkes praktiseret i mange former, idet begrebet betegner en magts forsøg på at tiltvinge sig fordele ved trussel om anvendelse af nukleare våben.

Nuklear afpresning = *nuclear blackmail*.

Nuklear energi eller kerneenergi er den energi, der frigøres ved atomkerneprocesser.

Nuklear energi = *nuclear energy*.

Nuklear energiudvikling. Frembringelse af energi ved fission og fusion.

Nuklear energiudvikling = *nuclear energy release*.

Nukleare magtbalance, Den. Efter at USSR er kommet i besiddelse af nukleare våben, er der opstået en nuklear magtbalance. Dens teknologiske aspekter er beskrevet i afsnit D 1 og D 2.

Nukleare magtbalance, den = *the nuclear power balance*.

Nukleare processer. Atomkerneprocesser. Eksempler er

- 1) Spaltning af uran forårsaget af indfangning af neutroner. Denne proces kaldes fission.
- 2) Sammensmeltning af lette atomkerner forårsaget af høj temperatur og tryk. Sådanne processer kaldes fusion.

Nukleare processer = *nuclear processes*.

Nukleart sprængstof. De nukleare sprængstoffer er uran, især isotoperne uran²³⁵ og uran²³³, samt plutonium²³⁹, der alle fører til energifrigørelse ved fission, og deuterium, tritium og lithium, som fører til energifrigørelse ved fusion.

Nukleart sprængstof = *nuclear explosive*.

Nuklear strategi er betegnelsen for strategi baseret på nukleare våben. »Nuklear strategi« dækker over mange vigtige begreber som f.eks. nukleare våbens mængde, anvendelse og trolighed. Også radiologisk krigsførelse, strålingspsykologi og trusler om anvendelse af nukleare våben har deres betydningsfulde plads i diskussionen om nuklear strategi.

Nuklear strategi = *nuclear strategy*.

Nuklear teknologi. Den teknik, som er udviklet i forbindelse med anvendelsen af nuklear energi. Som al anden teknologi undergår også den nukleare teknologi betydelig udvikling. I Danmark arbejdes der alene med den fredelige side af den nukleare teknologi, og det arbejde, som udføres på atomenergikommisionens forsøgsanlæg Risø, udgør en væsentlig del af den danske indsats til fremme af den nukleare teknologiske udvikling.

Nuklear teknologi = *nuclear technology*.

Nukleare ubåde. Kølen til den første nukleare undervandsbåd »Nautilus« blev lagt i 1952. I 1954 søsattes »Nautilus«, og siden da har USA oprettet en betydelig flåde af nukleare ubåde. Nu udstyres disse fartøjer med Polaris raketter og indgår som et væsentligt led i USA's »første« og navnlig »anden slagkraft« (se »Massiv gengældelse«), som medfører, at USA har tilstrækkelig afskrækkende styrke til - selv efter at USA som sådan er blevet ødelagt - at have en reserve til ødelæggelse af en fjende.

De nukleare ubådes sejlads via Nordpolen hører til vor tids betydeligste opdagelsesrejser.

De nukleare ubåde er uafhængige af iltforsyning til maskinkraft og kan derfor holde sig under vand i meget lang tid (flere måneder). Den store kraftkoncentration i nukleart brændstof medfører tillige, at nukleare ubåde har meget kraftigt maskineri og deraf følgende stor hastighed. Mandskab på nukleare ubåde gennemgår både fysisk og psykologisk specialtræning og er givetvis personel af særlig udsøgt

karakter. Under vurderingen af problemet »den gale ansvarshavende« spiller omtale af de specielle psykologiske forhold på afsondrede stationer som disse ubåde en vis rolle.

Nuklear ubåd = *nuclear submarine*.

Nukleare våben. Begrebet nukleare våben er her brugt som fællesbetegnelse for fissionbomber, fission-fusionbomber og fission-fusion-fissionbomber. Dette begreb dækker altså de ikke korrekte, men hyppigt anvendte ord atom- og brintbombe. Nukleare våben karakteriseres ikke alene som ovenfor nævnt ved arten og forløbet af de karakteristiske nukleare processer, men også ved deres sprængkraft, d.v.s. energiuudvikling sammenlignet med f.eks. det konventionelle sprængstof TNT, ved deres udvikling af radioaktivitet, hvorved der sondres mellem »rene« og »snavsede« bomber, og ved deres militære anvendelse, hvorved der sondres mellem taktiske og strategiske bomber.

Nukleare våben = *nuclear weapons*.

Nulpunktet. Betegnelse for det punkt på jordoverfladen eller havoverfladen, der ligger lodret under en bombes eksplosion i atmosfæren eller lodret over en underjordisk eksplosion.

Nulpunktet = *ground zero* (jordoverflade).
= *surface zero* (havoverflade).

Overfladeeksplosion i forbindelse med et nukleart våben: Sprængning over land eller vand i så ringe højde, at ildkuglen (s.d.) rører overfladen.

Overfladeeksplosion = *surface burst*.

Overkritikalitet siges at være til stede i en mængde fissilt materiale, når neutronproduktionen overstiger neutronforbruget, således at kædeprocessens hastighed vokser eksplosionsagtigt.

Overkritikalitet = *excess criticality*.

Overtryk. Den kortvarige trykstigning, der ledsager chokbølgen fra en (nuklear) eksplosion; den angives i kg pr. cm² eller i pound pr. square inch (psi). Dens størrelse og varighed afhænger af våbnets energi, af afstanden fra sprængningspunktet og af det medium, hvori eksplosionen har fundet sted.

Overtryk = *overpressure*.

Paddehattesky. Den karakteristiske form for den radioaktive sky fra en nuklear eksplosion. Efterhånden som ildkuglen (s.d.) afkøles, kondenseres det radioaktive materiale til en sky, der forlænger sig opad og danner paddehattens stilk. De øverste dele af denne stilk standser i en højde, hvor dens tæthed svarer til den omgivende luft og breder sig derefter i vandret retning, hvorved paddehatteformen fremkommer.

Paddehattesky = *mushroom cloud*.

Pat. Udtrykket er hentet fra skakspil: dersom det er en spillers tur til at trække, og dersom de eneste mulige træk stiller egen konge i skak, siger man at kongen er pat, og spillet regnes for uafgjort. Udtrykket overføres til atomdebatten og betyder her en situation, hvor ingen af parterne kan gå i krig uden selv at blive ødelagt. Situationen mellem øst og vest betegnes ofte som »ubrydelig pat« og ville, hvis udtrykket var rigtig valgt, give anledning til helt stabile forhold. Faren for »unauthorized behaviour« medfører, at glosen »ubrydelig« aldrig kan blive 100 pct. dækkende.

Pat = *stalemate*.

Ubrydelig pat = *unbreakable stalemate*.

Plutonium. Grundstof med atomnummer 94. Det findes ikke i naturen, men dannes under reaktors drift i uran-brændselet af uran²³⁸ gennem mellemedet neptunium. Plutonium er fissilt og anvendes som reaktor-brændsel og i fissionvåben.

Plutonium = *plutonium*.

Polaris se raket.

Polaris = *polaris*.

Polaris ubåd er en amerikansk undervandsbåd-type, som bærer afskydningsklare Polaris raketter (se illustrationen pg. 25).

Polaris ubåd = *Polaris submarine*.

Positiv fase. Det tidsrum, hvori chokbølgen fra en (nuklear) eksplosion på et givet sted frembringer et lufttryk, der er større end før eksplosionen. Den positive fase begynder med en pludselig trykstigning i det øjeblik, trykbølgen fra eksplosionen når stedet.

Positive fase = *positive phase*.

Primitiv atombombe er betegnelsen for et nukleart våben på samme eller lignende tekniske udviklingsstade som de første bomber, der kastedes i Japan. Et nyt medlem af atomklubben, som har erhvervet medlemskab gennem egne anstrengelser, vil efter alt at dømme til at begynde med alene være i besiddelse af primitive bomber.

Primitiv bombe = *primitive bomb*.

Produktion af nukleare våben. Produktion af nukleare våben omfatter en lang række trin. Fissionsmaterialerne uran²³³, uran²³⁵ og plutonium²³⁹ udvindes ved hjælp af uran- og thoriumholdig råmalm, der skal brydes og raffineres. Uran²³⁵ isoleres ved hjælp af isotopseparationer (s.d.), medens vejen til fremstilling af uran²³³ og plutonium²³⁹ går over reaktorprocesser med efterfølgende kemisk isolation.

Lithium og deuterium er råstofferne til fusion. Af disse findes deuterium i alt vand. Deuterium isoleres ved isotopseparation (tungtvandsfabrikker). Udover de teknologiske processer under selve fremstillingen af de nukleare stoffer omfatter fremstillingen af den færdige bombe et meget stort mekanisk og elektrisk konstruktionsarbejde, og også konventionelle sprængstoffer indgår i bomben.

Produktion af nukleare våben = *nuclear weapons production*.

Proportionale nedrustninger eller nedrustninger efter forholdstal er en af de mulige fremgangsmåder for omfattende nedrustning.

Proportionale nedrustninger = *proportionate arms reductions*.

Proton. En partikel med omtrent massen 1 og med en positiv enhedsladning. Den er identisk med atomkernen i den hyppigste (lette) brintisotop. Alle atomkerner indeholder protoner, og antallet af protoner kaldes for *atomtallet*. (Se i øvrigt »Atom«).

Proton = *proton*.

Prøveskud med raketter og opsendelse af bemandede rumfartøjer har givet offentligheden et indblik i disse fremføringsmidlers rækkevidde, bæreevne, hastighed, træfsikkerhed og afskydningsikkerhed. Prøveaffyringernes antal er meget større end antallet af nukleare prøve-sprængninger. Investeringerne i raketudvik-

lingsarbejde er af samme størrelsesorden som investeringerne i udviklingen af nukleart sprængstof. Disse forhold giver endnu en understregning af den særlige betydning, som sammenstillingen nukleare våben - raketter har.

Prøveskud med ICBM raketter er på grund af disse fremføringsmidlers rækkevidde i og for sig et globalt anliggende, og spørgsmålet om en internationalisering af rumforskningen omfattende såvel raketter som satellitter har derfor været rejst.

Prøveskud med raketter = *test firing of missiles*.

Prøvesprængninger af nukleare våben har været foretaget med uregelmæssige mellemrum siden den første eksplosion fandt sted i New Mexicos ørken i 1945.

Skønt det er muligt temmelig detaljeret at forudberegne forløbet af en nuklear eksplosion og mange af dens virkninger, har erfaringer opnået ved prøvesprængninger været af stor betydning for konstruktionen af nye våbentyper. Prøvesprængninger er derfor et væsentligt led i nye atomklubmedlemmers udvikling af deres våben.

Prøvesprængninger kan ikke undgå også at give andre lande oplysning om, hvor langt den, der foretager prøven, er nået.

Prøvesprængninger foretaget i atmosfæren spreder radioaktivitet over hele jordkloden og bliver herigennem et globalt anliggende.

En prøvesprængning er et temmelig omfattende foretagende, således at der næppe er tvivl om, at der ved de fleste prøvesprængninger foretages en kombination af flere undersøgelser samtidigt, f.eks. studier af selve eksplosionsprocessen, civilforsvarsmæssige undersøgelser, kernefysiske eksperimenter m.m. Omkostningerne forbundet med en prøvesprængning er for USA af størrelsesordenen 10 millioner kroner, næsten uanset sprængningens størrelse.

Prøvesprængning = *nuclear test*.

Psi. Måleenhed for overtryk (s.d.).

psi = *psi* (*pound per square inch*, pund per kvadrattomme).

Psykologisk krigsførelse betegner anvendelse af mere eller mindre utislørede trusler, evt. understøttet af handlinger, i den hensigt at opnå fordele; i nogle tilfælde kan man opnå, at det ikke bliver nødvendigt at virkeliggøre selve truslerne,

i andre, at yderligere handling, f.eks. militære operationer, kan undlades, og i atter andre, at modparten lammes som følge af panik med deraf følgende sammenbrud af modpartens samfundsstruktur, så egne militære operationer gøres lettere.

Den Jkendsgerning, at den nukleare magtbalance og rustningskapløbet beror på opretholdelse af en afskrækkende styrke som stabilisator, medfører særligt store muligheder for psykologisk krigsførelse, se f.eks. afsnit C 6. Psykologisk krigsførelse = *psychological warfare*.

Rad. Virkningen af stråling på stof, herunder også på en organisme, afhænger af den energimængde, der absorberes i stoffet. Den strålingsmængde, et stof modtager, defineres derfor som den absorberede energi pr. enhed af masse. Denne kaldes absorberet dosis og måles i rad. 1 rad er lig 100 erg pr. gram stof. Se også under Strålingsdosis og Rem.

Rad rr *rad*.

Radarkæder til varsling af fjendtlige fly eller raketter er opbygget på strategisk vigtige positioner for USA. Radarkæderne er sammen med komplicerede regnemaskiner, kommunikationssystemer og andre anlæg et led i varslingssystemerne. Kodeord for to af kæderne er DEW (distant *early warning*) og BMEWS (*ballistic fissile early warning system*). Radarstationerne er gigantiske tekniske anlæg.

Radarkæder = *radar-warning-chains*.

Radioaktivitet. Spontan udsendelse af stråling, oftest alfa- eller betastråling, eventuelt ledsaget af gammastråling, fra atomkernen i en (ustabil) isotop. Ved denne udsendelse omdannes atomet sædvanligvis til et atom af et andet grundstof, der eventuelt også er radioaktivt. Den radioaktive omdannelse vil til slut føre til et ikke-radioaktivt stof.

Radioaktivitet = *radioactivity*.

Radioaktivitetsmåleudstyr kan bruges til måling af radioaktivitet fra prøvesprængninger. Prøver af støv fra luften kan fremstilles ved at suge luft gennem et stykke filterpapir, som dernæst anbringes under en tæller, som registrerer de enkelte sønderdelinger. Det benyttede apparat kan være en automatisk prøveskifter, som kan håndtere et stort antal prøver, idet det selv



Apparat (feltinstrument) beregnet til påvisning af ioniserende stråling og til måling af denne strålings styrke.

skifter prøve, gennemfører målingen og stempler resultatet ud.

Radioaktivitetsmåleudstyr, som kan bruges til måling af radioaktivt nedfald i en krigssituation, kan være indrettet med tællere af samme virkemåde som den nævnt ovenfor, men udstyret må være væsentlig mere feltmæssigt i sin udformning. Illustrationen viser eksempel på det danske civilforsvars måleudstyr til sporing af radioaktivitet.

Til måling af radioaktivitet anvendes ioniseringskamre, proportionaltællere, GM tællere og scintillationstællere.

Radioaktivitetsmåleudstyr = *measuring equipment for radioactivity.*

Radioaktivt henfald. Et radioaktivt stof udsender stråling som følge af omdannelse af atomkerner i stoffet, og stoffets mængde formindskes derved. Efterhånden som mængden formindskes, formindskes strålingen. Henfaldet

karakteriseres for ethvert radioaktivt stof ved halveringstiden (s.d.).

Radioaktivt henfald = *radioactive decay.*

Radiologisk krigsførelse består i anvendelse af nuklear stråling til drab eller svækkelse af modstanderens styrker eller befolkning. Denne kan man tænke sig gennemført f.eks. ved spredning af radioaktivt affald. Små nukleare våben og spredning af radioaktivitet gennem lokalt nedfald kan også anvendes til dette formål.

Radiologisk krigsførelse = *radiological warfare.*

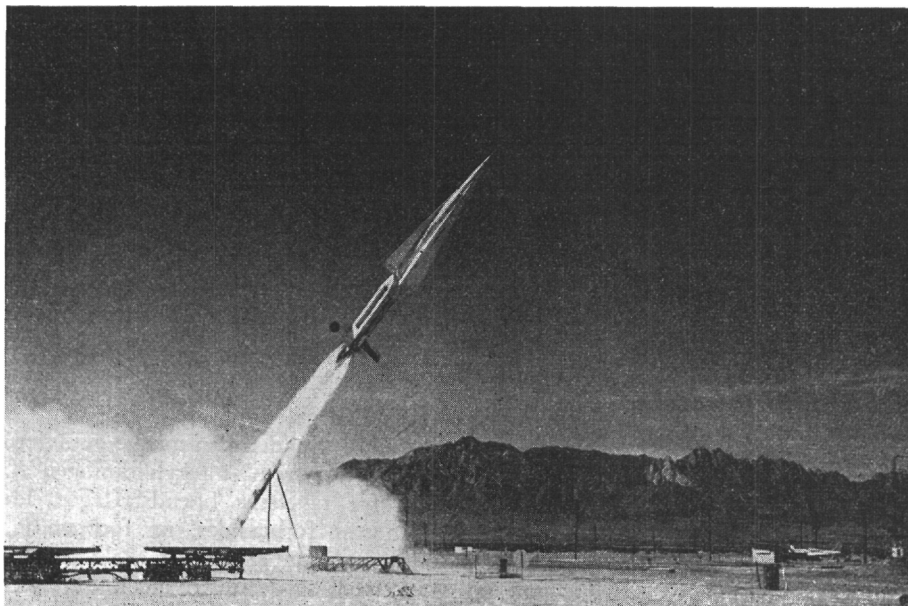
Raket. En raket er et projektil, som i de første øjeblikke - undertiden mange minutter - af sin færd drives frem af rekylvirkningen af brændstof fra raketens brændstoflager, idet dette brændstof forbrændes, og forbrændingsgassen udstødes bagud af raketten. Raketten drives *ikke* frem ved, at de udstrømmende gasser trykker på en omgivende atmosfære, derfor virker raketten også i lufttomt rum. I modsætning hertil er en granat et projektil, som gennemløber sin bane efter en overordentlig kortvarig éngangspåvirkning (brøkdelen af et sekund), der frembringes ved affyring af en sprængladning; det styres ved i de første bevægelsesøjeblikke at gennemløbe et kanonløb. Man skelner mellem frie raketter og styrede raketter. Frie raketter er sådanne, som efter drivstoffets opbrænding følger de love (ballistiske love), der gælder for et almindeligt projektil. Ved styrede raketter sørger man for en reservebeholdning af brændstof, der kan anvendes til korrektion af banen under flugtens senere stadier.

Udviklingen af raketter kan vi følge gennem de sensationelle rumrejser m.v. Denne udvikling er på sin vis lige så revolutionerende for den militære teknologi som opdagelsen af den nukleare energi. Den største omvæltning er kombinationen raketter — nukleare våben.

Raketter inddeles først og fremmest i grupper efter deres rækkevidde.

I tabel C 2 er der nævnt nogle korttrækkende raketter, nemlig T7A (USSR), Honest John (USA) og Nike-Hercules (USA). Figuren på pg. 58 viser en Nike-Hercules raket lige efter affyring. Disse våben er beregnet til luftforsvar og taktisk bombing. Der findes et utal af forskellige korttrækkende raketter eller »kortdistanceraketter« (SRBM).

I tabel C 2 nævnes ligeledes nogle mellem-distanceraketter (IRBM), nemlig Ti (USSR),



Nike-Hercules. Kortdistance raket (USA).

T2 (USSR), Thor (USA) og Polaris (USA). I tabel C 2 omtales endelig nogle interkontinentale raketter (ICBM). Illustrationen pg. 59 viser Atlas (USA).

Vigtige teknologiske problemstillinger i forbindelse med raketprogrammerne er brændsel, konstruktionsmaterialer, styring, produktionskapacitet, affyriingspladser m.v.

Ved alle raketter skelnes mellem den egentlige raket og rakethovedet. Det er rakethovedet, som bærer de nukleare våben.

Raketter inddeles også efter deres anvendelsesmåde. Man skelner således mellem affyring i luften mod luftmål (air to air) og mod mål på jorden (air to surface), mellem affyring fra jorden mod luftmål (surface to air) og mod mål på jorden (surface to surface) samt endelig mellem disse typer og raketter til anvendelse mod undervandsbåde (antisubmarine).

I dette skrift er kun få raketter blevet omtalt; mere om raketter kan f.eks. findes i: F. I. Ordway III og R. C. Wakeford: *International Missile and Spacecraft Guide*, McGraw-Hill, New York 1960, og Jane's *All the Worlds Aircraft 1961-62* redigeret af J. W. R. Taylor, Sampson Low, Marston & Co. Ltd., London 1961/62.

Raket = *missile*.

Raketbaser er betegnelsen for faste affyriingsrampers geografiske position. Raketbaser med

nukleare våben har spillet og spiller en meget stor rolle i den offentlige diskussion om rustningskapløbet. Samtidig må det nævnes, at raketbaser til konventionelle våben som regel kan anvendes i forbindelse med nukleare våben, når visse foranstaltninger træffes.

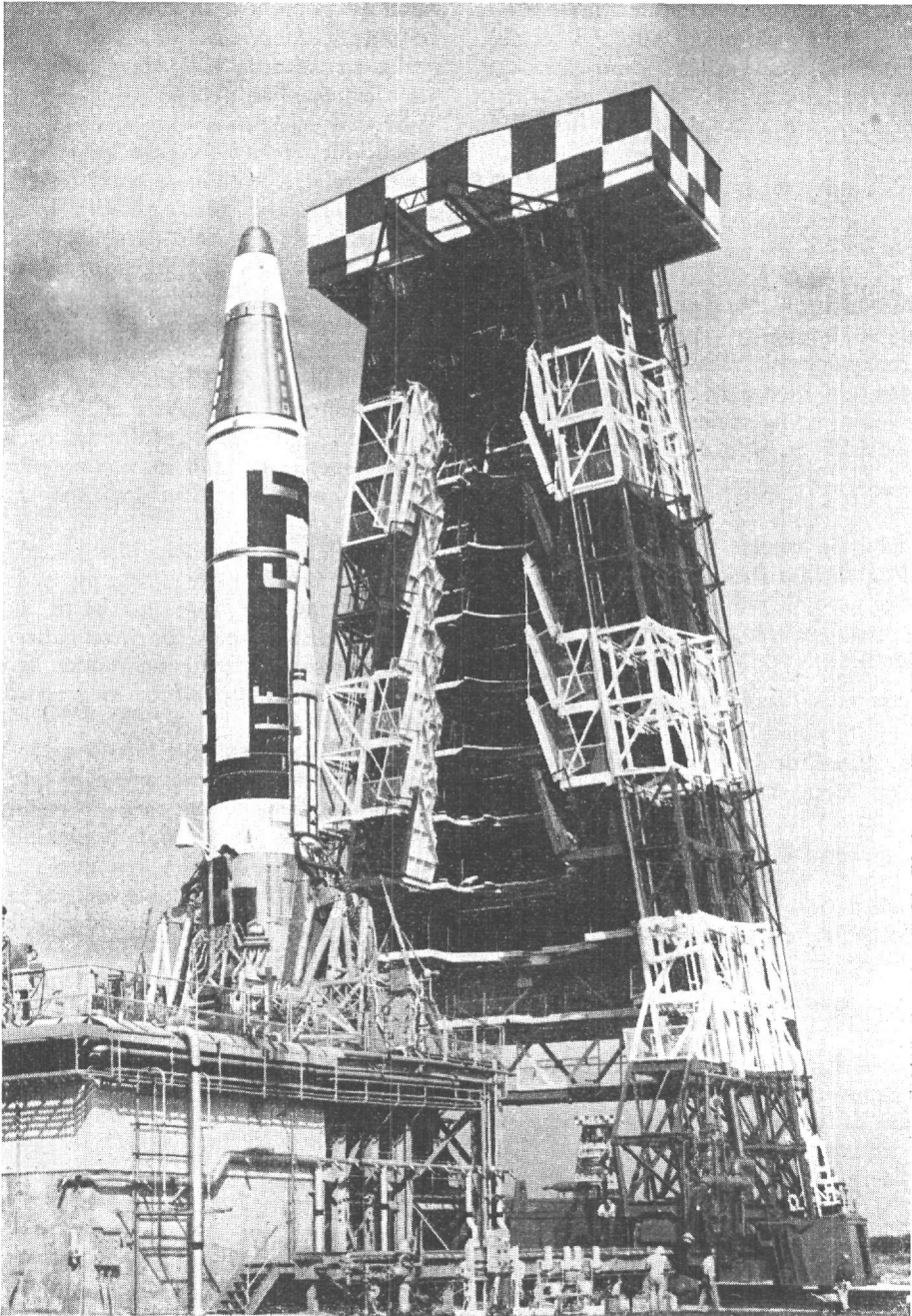
Raketbase = *missile launching base*.

Raketforspringet betegner det forspring i fremstilling og anvendelse især af store raketter, som USSR i visse perioder synes at have over for USA.

Raketforspring = *missile gap*.

Reaktor. Uran kan som bekendt anvendes til varmeudvikling i de såkaldte reaktorer. Man skelner mellem kraftreaktorer, hvor produktion af varme og derefter elektricitet er det væsentlige, forsøgsreaktorer, hvor produktion af neutroner til eksperimentelt brug er det væsentlige, og produktionsreaktorer, hvor produktion af bombematerialet plutonium er det væsentlige. Der findes naturligvis alle mulige kombinationer af disse tre formål i forskellige reaktorer.

Reflektor (for neutroner): Neutrontabet til omverdenen for en reaktor eller et nukleart våben kan nedsættes ved en ydre skal af stoffer som



Atlas. Interkontinental raket (USA).

kulstof eller beryllium, der kan af bøje hurtige neutroner uden at indfange dem. Herved vil en del af neutronerne blive spredt tilbage mod udgangspunktet.

Reflektor for neutroner = *neutronreflector*.

Relativ biologisk effektivitet (R.B.E.). Den biologiske virkning af ioniserende stråling varierer med energien og arten af strålingen, således at der til at fremkalde samme biologiske virkning skal doser (målt i rad, s.d.), der kan have for-

skellig størrelse. Hvis der f. eks. for alfastråler kun kræves 0.1 rad til at give samme biologiske virkning som 1 rad af en standard-stråling (røntgenstråler inden for et bestemt energiområde), siger man, at alfastrålingen har R.B.E. lig 10.

Relativ biologisk effektivitet — *relative biological effectiveness.*

Rem. Ved multiplikation af den i et stof absorberede strålingsdosis (målt i rad, s.d.) med den relative biologiske effektivitet (s.d.), fås et udtryk for den biologiske virkning af strålingen. Denne virkning måles i rem, idet dosis i rad gange RBE er lig dosis i rem.

Rem = *rem.*

Ren bombe. En bombe, hvis væsentligste energid udvikling skyldes fusion, og som derfor kun giver ringe mængde radioaktive produkter i forhold til sprængvirkningen (sammenlignet med fissionbomber).

Ren bombe = *clean bomb.*

Røntgen. Enhed for dosis af røntgen- eller gammastråling. Den defineres som den mængde stråling, der i 1 cm³ luft (ved normalt tryk og temp.) ved ionisering (se ioniserende stråling) frembringer en elektrisk ladning på 1 elektrostatiske enhed (d.v.s. både 1 positiv og 1 negativ). Røntgen anvendes også som løs betegnelse for medicinsk anvendelse af røntgenstråling.

Røntgen = *roentgen.*

Røntgenstråler. Elektromagnetisk stråling, der opstår i atomernes ydre elektronsystem ved opbremsning af hurtige elektroner. Røntgenstråler er identiske med gammastråler (s.d.) med samme energi. Disse udsendes dog fra atomkernerne.

Røntgenstråler = *X-rays.*

Satellitmåling beskriver fysiske målinger, der er foretaget i en satellit, d.v.s. i en kunstig jorddrabant, og dernæst via radio videregivet til jorden. I satellitter kan man tænke sig at måle varmestråling, neutronstråling, radioaktivitet m.v. som et led i kontrol med prøvesprængninger.

Satellitmåling = *satellite measurement.*

Satellitprogram. De store magter har hver sit omfattende satellitprogram, som i atomdebatten spiller en væsentlig rolle, fordi disse programmer demonstrerer de to magters formåen med hensyn til raketaffyring. Bæreevne, hastighed, rækkevidde og træfsikkerhed bliver tillige klart demonstreret. Samtidig hermed åbner satellitterne muligheder for forbedret kommunikation (langdistance(tele)kommunikation, herunder TV-sending over særlig store afstande), for inspektion og varslingsystemer og meget mere. Tillige demonstrerer nedtagning af rumkabiner muligheden af at benytte satellitter som fremføringsmidler for nukleare våben.

Satellitprogrammerne har en ganske betydelig fredelig interesse, idet udforskningen af verdensrummet er vor tids mest omfattende opdagelsesfærd, om hvis betydning vi knap formår at at gætte.

Som alle andre teknologiske fremskridt kan rumfarten bruges både i krig og fred. Det er imidlertid værd at lægge mærke til, at der fra de førende stormagter har været udtrykt ønske om at internationalisere rumfarten, hvilket har stor betydning i forbindelse med nedrustningsbestræbelserne.

Et samarbejde på dette felt, der står i så nær forbindelse med den militære teknologi, vil betyde større åbenhed og øgede personlige kontakter også på det militære forskningsområde, og det vil endvidere give mulighed for at lede nogle af de store organisationer og det store produktionsmaskinen bag rustningskapløbet ind i fredelige baner.

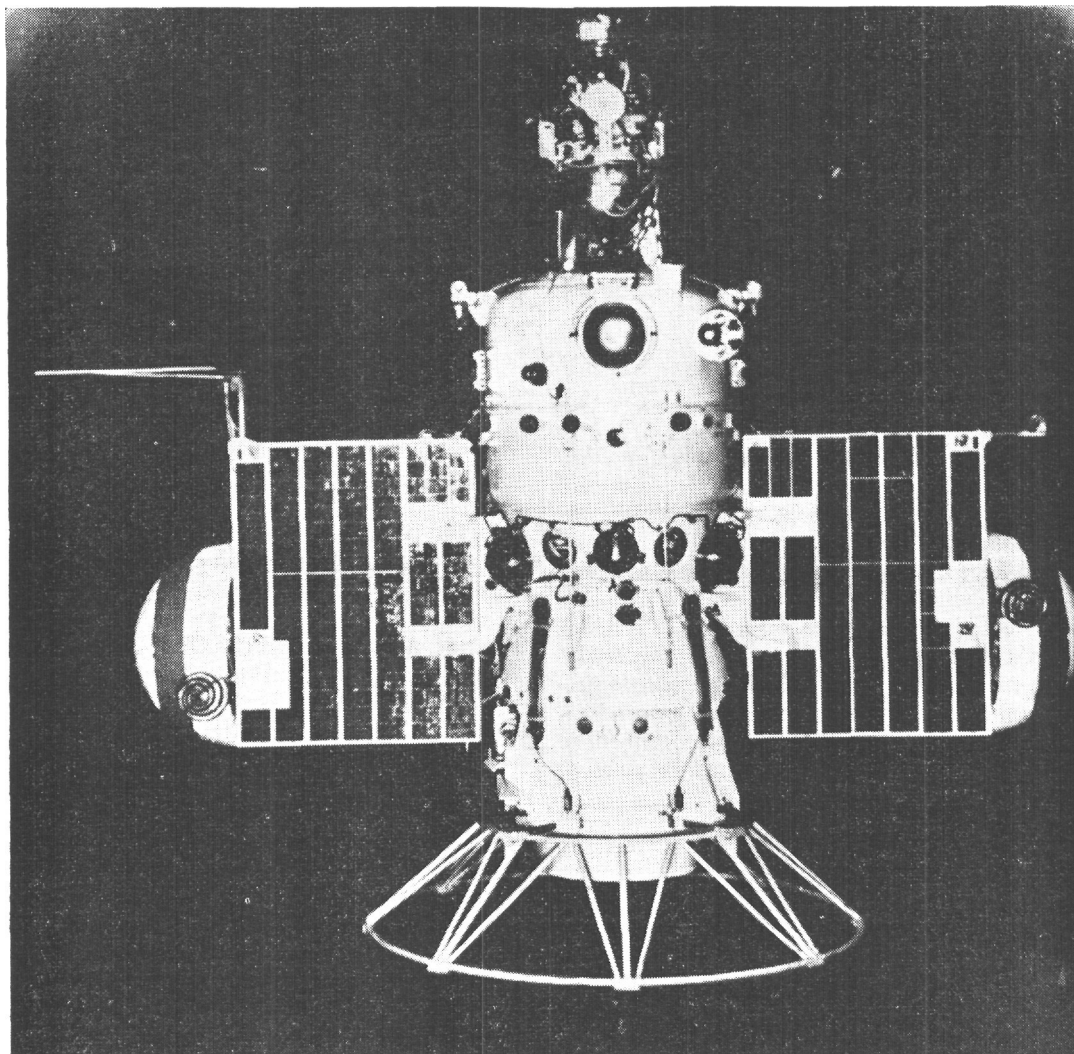
Der findes megen litteratur om satellitter. Her skal blot henvises til et enkelt værk: F. I. Ordway III og R. C. Wakeford: *International Missile and Spacecraft Guide*, McGraw-Hill, New York 1960.

Satellit = *satellite.*

Scaling-love, matematiske udtryk, der tillader at vurdere virkningerne af en (nuklear) eksplosion af given energi ud fra kendte virkninger af et standardvåben på f. eks. 20 kilotons.

Scaling-love = *scaling laws.*

Seismograf i betegner målinger af jordrustelser. Et vigtigt og delvis uafklaret spørgsmål er, om det er muligt at skelne jordrustelser fra nukleare



Mars 1. En af de første interplanetariske stationer (USSR).

eksplosioner under en vis størrelse eller fra eksplosioner, som er gennemført under anvendelse af dæmpning (s.d.).

Seismograf = *seismograph*.

Service ceiling. Den højde, hvori et fly endnu har en stigeevne på 100 feet/min, hvilket tillader en vis manøvrering. Se også »Maximum ceiling«.

Snavset bombe. En bombe, hvis væsentligste energiudvikling skyldes fission, og som derfor giver stor mængde radioaktive produkter i for-

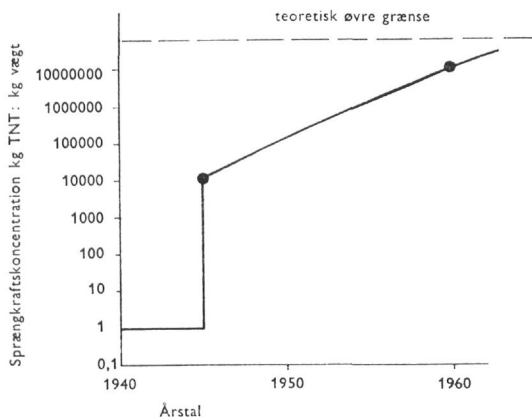
hold til sprængvirkningen (sammenlignet med fusionbomber).

Snavset bombe = *dirty bomb*.

Sprænghoved Den del af et våben, f.eks. et raket hoved eller forpartiet af en torpedo, hvori sprængstoffet findes.

Sprænghoved = *warhead*.

Sprængkraftkoncentration af konventionelle våben og nukleare våben er et af de vigtigste sammenligningsgrundlag for forståelse af betydningen af de nukleare våben. Sprængkraftkoncentrationen er den ækvivalente mængde tri-



nitrotoluol (s.d.) divideret med sprængstoffets faktiske vægt. Her skal vi yderligere illustrere begrebet ved en kurve, som angiver forløbet af udviklingen af denne størrelse i løbet af de sidste år. Det store spring skete i 1945, men den betydelige vækst siden da er også åbenbar. Den teoretiske koncentrationsgrænse er sprængkraftkoncentrationen i rent fusionsmateriale. Man må bemærke den på figuren benyttede skala, som så at sige i sig selv illustrerer størrelsesordenen af begrebet. Den benyttede enhed er ækvivalent kg TNT divideret med kg vægt. Sprængkraftkoncentration = *power concentration of explosive*.

Stabilisering gennem afskrækkelse se afskrækkelse.

Stabilisering gennem afskrækkelse
 = *terror balance*
 = *stability through deterrence*.

Statistik. I mange talmæssige vurderinger indgår statistiske betragtninger. Statistiske betragtninger er altid, når de anvendes til forudsigelser af begivenheders forløb, behæftet med usikkerhed. Lad os illustrere med et eksempel: Vi tænker os, at man ved hjælp af sygejournaler og dødsattester finder ud af, at der i 1959 døde så og så mange personer af leukæmi. (Det derved fundne tal er i sig selv usikkert, fordi det ikke er givet, at alle dødsfald af denne årsag er erkendt som sådanne. Denne usikkerhed er en systematisk usikkerhed, og den vil vi se helt bort fra i nærværende sammenhæng). Begrebet statistik kommer ind i samme øjeblik, vi ud fra det omtalte antal døde vil udtale os om den fremtidigt sandsynlige årlige hyppighed af dødsfald på grund af leukæmi. Dette tal vil uund-

gåeligt være behæftet med usikkerhed, fordi det som forudsætning har forskellige faktorer, der kan ændre sig; vi går f.eks. ud fra, at bekæmpelsesmetoderne ikke ændres, men dette kan meget vel ske. Bortset fra usikkerhed af denne art vil følgende groft gælde: Hvis vore forudsigelser er baseret på N tilfælde, vil vort statistiske skøn have en procentvis usikkerhed, som er 100 divideret med kvadratroden af N . Med andre ord, er vor statistik baseret på 2500 dødsfald, vil den statistiske usikkerhed være $100/\sqrt{2500} = 100/50 = 2$ pct. eller 50 dødsfald. Iagttages der derfor ved næste behandling af et tilsvarende materiale 2456 eller 2539 dødsfald, vil vi ikke være i stand til statistisk at påvise nogen ændring i situationen. Statistik = *statistics*.

Stop for prøvesprængninger har været foreslået som en begrænset nedrustningsforanstaltning. Stop for prøvesprængninger = *test ban*.

Strategic Air Command (SAC) i USA er den organisation, som er direkte ansvarlig for opretholdelsen af USA's afskrækkende nukleare styrke ved hjælp af USA's luftflåde. I 1958 rådede man over 20.000 fly, heraf 13.000 jettfly, og af disse igen 2.000 jettfly til fremføring af termokleare våben. Organisationen støttede sig på et personel af 1 million mand.

Strategiske mål er mål, der i forvejen er udvalgt som bombemål gennem militær planlægning. Militære anlæg, administrationscentre, produktionsanlæg, transportknudepunkter, forsyningscentre m.m. er potentielle strategiske mål.

Strategiske mål = *strategic target*.

Stratosfæren. Den øvre del af atmosfæren over troposfæren (s.d.). Det er karakteristisk, at luftbevægelserne i det væsentlige er vandrette og uden turbulens. De radioaktive fissionsprodukter udvaskes ikke i stratosfæren, da nedbør ikke forekommer her, og de kan derfor opholde sig i lang tid i dette luftlag. Se illustrationen pg. 48.
 Stratosfæren = *stratosphere*.

Strontium. Grundstof med atomnummer 38. Ved sprængning af nukleare våben dannes en isotop med atomvægt 90, Strontium-90, der er radioaktiv med en halveringstid på 28 år. Ved omdannelsen udsendes kun betastråling; da

stoffet optages gennem føden og søger til knoglerne, er Strontium-90 et af de mest risikable stoffer blandt fissionsprodukterne.

Strontium = *strontium*.

Stråling kan være enten varmestråling (s.d.) eller ioniserende stråling (s.d.).

Stråling = *radiation*.

Strålingsdosis. Den af en organisme modtagne strålingsmængde. Den måles i »rad«, der angiver den absorberede energi. 1 rad er lig 100 erg pr. gram. En mængde på 1 røntgen hård røntgenstråling eller gammastråling vil i vand og blødt væv give en absorberet dosis på ca. 1 rad.

Strålingsdosis = *radiation dose*.

Strålingssyge. Den sygdomstilstand, der opstår, når legemet udsættes for en stor strålingsdosis (s.d.). De første symptomer er kvalme, opkastning og diarrhoe, og de opstår desto hurtigere, jo større dosis har været. Se i øvrigt 1. del, afsnit B 10.

Strålingssyge = *radiation sickness*.

Styresystemer for raketter anvendes til forøgelse af træfsikkerheden. Der findes mange forskellige muligheder, f.eks. fjernstyring kombineret med observation eller selvstyring efter mål, som raketens maskineri er blevet indstillet til at op-søge.

Styresystem = *guidance*.

Styret raket = *guided missile*.

Størrelsesorden. Ordet størrelsesorden anvendes med forskellig betydning. Når man siger, at to størrelser A og B er af *samme* størrelsesorden, mener man hermed som regel, at den ene ligger inden for de grænser, man får ved at trække 50 pct. fra eller lægge 100 pct. til den andens størrelse. (A ligger inden for $\frac{1}{2}$ B og 2 B, og B ligger inden for $\frac{1}{2}$ A og 2 A).

Hvis man derimod siger, at A er én størrelsesorden større end B, mener man som regel dermed, at A er ca. 10 gange så stor som B; siger man, at A er to størrelsesordner større, betyder det som regel, at A er ca. 10×10 eller 100 gange større. Næste trin er ca. $10 \times 10 \times 10$ eller 1000 gange større o.s.v.

Størrelsesorden = *order of magnitude*.

Taktiske atombomber er betegnelsen for nukleare våben, der anvendes i kampområdet. De er ofte relativt små. Det må antages, at selv anvendelse af disse små atomvåben først vil ske efter de øverste politiske myndigheders principielle beslutning og efterfølgende ordre fra den lokale kommando. Disse våben spiller en særlig rolle i den nukleare debat, idet der diskuteres, hvorvidt anvendelsen af sådanne våben vil føre til krig af tiltagende omfang eller til afslutning af en lokal krig. Deres ødelæggende virkning inden for de områder, de dækker, er lige så stor som andre nukleare våbens.

Taktiske atombomber = *tactical nuclear weapons*.

Tankfly. Betegnelse for fly, som bruges til tankning i luften af andre fly. Betydningen af disse fly i atomdebatten hænger sammen med den forøgelse af beredskabet, som udvikling af tankning i luften har medført. (Se fly og tabel C 2 i afsnit C 1). Samtidig må man erindre, at fly på jorden er meget mere sårbare end fly i luften.

Tankfly = *stratotanker*.

Tankning i luften se tankfly.

Tankning i luften = *aerial refueling*.

Teknologisk gennembrud betegner den ændring i situationer, der opstår, når en opdagelse eller opfindelse hurtigt medfører afgørende ændring i udviklingen.

Teknologisk gennembrud = *technological breakthrough*.

Teoretisk grænse for sprængkraftkoncentration. Definitionen af denne grænse, se figuren under sprængkraftkoncentration, er baseret på fusionsprocesserne, der giver den største kendte energiudvikling pr. vægtenhed. Såfremt mennesket nogen sinde lærer mere energirige kerneprocesser at kende, vil grænsen forøges, men der findes en absolut øvre grænse karakteriseret af Einsteins energi-masse ækvivalens, som fører til et tal godt 100 gange højere end det anførte, og som næppe nogen sinde kan overstiges.

Teoretisk grænse = *theoretical limit*.

Termonukleare våben betegner våben, hvor en del af eksplosionsenergien vindes fra fusionsprocessen, som kaldes en *thermo*-nuklear proces,

fordi den opretholdes gennem høje temperaturer. På dansk kaldes disse våben ofte brintbomber.

Termonukleare våben = *thermonuclear weapons*.

Thorium. Grundstof med atomnummer 90. Isotopen thorium²³² kan ved neutronbombardement i en reaktor omdannes til thorium²³³, der ved radioaktive omdannelser ændres til uran²³³. Dette sidste stof kan benyttes som brændsel i reaktorer.

Thorium = *thorium*.

Tilfældig krig se »ikke tilsigtet krig«.

Tilfældig krig = *accidental war*.

Total atomkrig dækker begrebet nuklear krig, som omfatter hele eller næsten hele jordkloden, og i hvilken alle nukleare lagre bruges fuldt ud. Skøn over virkningerne af en total krig er givet i afsnit C 7.

Total atomkrig = *all out nuclear war*.

Total udslættelse af menneskeheden er næppe mulig med de nu kendte våben. Næsten total udslættelse ligger dog inden for det opnåelige. I forbindelse med de såkaldte »Holifield hearings« blev der offentliggjort idealiserede beregninger af H. Everett og G. E. Pugh, der viste den beregnede drabsprocent for befolkningen i USA efter fjendtlige angreb med bombemængder fra 100 til 50.000 megatons afleveret således, at tætbebyggede områder får størst og tyndbebyggede områder mindst bombemængde pr. arealenhed, idet man sprænger på en sådan måde, at man får »fuldt udbytte« af det lokale nedfald.

Det skal understreges, at antallet af døds ofre alene drejer sig om død på grund af stråling, medens følgerne af brand, eksplosionstryk, epidemier, hungersnød, alles kamp mod alle o.s.v. ikke er medregnet. De meteorologiske forudsætninger svarer til gennemsnitssituationen. Endelig bør det nævnes, at man har forudsat anvendelse af temmelig snavsede bomber (33 pct. fusion, 67 pct. fission).

Det fremgik klart af beregningerne, at en velforberedt befolkning havde en betydelig bedre chance for at klare sig end en uforberedt befolkning.

I nærværende sammenhæng er det vigtigt at

notere sig, at man fandt, at en bestemt mængde nukleare bomber kan dræbe næsten 100 pct. af USA's befolkning ved strålingsbeskadigelser alene, og at denne mængde er af samme størrelsesorden som lagrenes nuværende kapacitet. Flere bomber end disse vil formentlig kun »slå de døde ihjel«, og dette betyder, at man med de nuværende lagre praktisk taget har nået mætning.

Total udslættelse = *extermination*.

Trinitrotoluol (TNT). Det hyppigst anvendte kemiske sprængstof. Det er blevet sædvane, at nukleare våbens energiudvikling. (sprængkraft) angives ved den mængde TNT, der ville give samme energiudvikling udtrykt i tusinder eller millioner af tons - kaldet kilotons eller megatons.

Trinitrotoluol = *trinitrotoluene*.

Tritium. En brintisotop med atomvægten 3, d.v.s. tre gange normal (let) brints atomvægt. Den findes kun i minimal koncentration i naturen, men kan fremstilles i store mængder i reaktorer og opstår ved sprængning af fusionbomber. Den er radioaktiv med en halveringstid på 12 år. Omdannelsen sker under udsendelse af blød bestråling.

Tritium = *tritium*.

Trolighed er et overordentlig vigtigt begreb i den nukleare debat. Man kan tale om »troligheden« af et våbens anvendelse og om en situations trolighed og mener dermed et vagt defineret og ofte subjektivt betonet mål for sandsynligheden for, at et våben anvendes, eller at en situation opstår. På samme måde kan man tale om et bombemåls trolighed som bombemål.

Troligheden af et våbens anvendelse undergår ændringer i tidens løb. Dels kan teknikken udvikling føre til, at et våben forældes, og troligheden af dets anvendelse bliver mindre samtidig med, at troligheden af anvendelsen af det nye og som regel endnu farligere våben stiger. Ligeledes kan en våbentypes trolighed forringes, hvis den pågældende våbentype ikke anvendes gennem mange år. Et eksempel herpå er krigsgasser. Krigsgassers ringe trolighed som våben beror dog også på den omstændighed, at meteorologiske, d.v.s. forholdsvis uforudsigelige, forhold er afgørende for heldig anvendelse af krigsgas.

Moderne krig er præget af bevægelighed, og der må derfor lægges en del vægt på, at hæstyrker ikke slæber rundt på overflødige våben. Hvis et våbens anvendelse når til at være meget lidt trolig, nærmer det sig til at være et overflødigt våben.

Trolighed = *credibility*.

Troposfære. Atmosfærens nederste dele, hvori de sædvanlige meteorologiske fænomener foregår. Den strækker sig til en højde af 8–15 km afhængig af breddegrad, årstid og de klimatiske forhold. Se figuren pg. 48.

Troposfære = *troposphere*.

Trykbølge. De ændringer af trykket i luften (eller i jorden eller havet) der fremkaldes af en (nuklear) eksplosion og forplanter sig ud fra sprængningsstedet.

Trykbølge = *blast wave*.

Træfsikkerhedsradius for et fremføringsmiddel er det tal, der angiver den sandsynlige afstand mellem bombemålet og eksplosionsstedet. Har man prøvet at skyde til skive, ved man, at antallet af træffere ikke er 100 pct. Ved at sammenligne en serie prøveskud kan man talmæssigt angive træfsikkerhedsradien som kvadratrod af middelværdien af kvadratet på afvigelsen i én retning. Denne definition anvendes her for begrebet træfsikkerhedsradius.

Raketter styres på mange forskellige måder, nogle fjernstyres, andre søger selv mod deres mål o.s.v. Styringsaggregater for raketter hører til de vigtigste forsknings- og udviklingsopgaver i vor tids teknologi, og drastiske forbedringer i træfsikkerhed kan både med hensyn til strategisk bombing og antiraketvåben betyde en stor revolution i den militære teknologi.

Træfsikkerhedsradius = *accuracy at target*.

Tungt vand. Vand, hvori brinten udgøres af isotopen deuterium (s.d.) også kaldet tungt brint. Anvendes som moderator i reaktorer.

Tungt vand = *heavy water*.

Udvalget af nukleare våben er meget stort, idet man erindrer, at der findes to grundprocesser: fusion og fission, mulighed for et vidt spænd af energiudvikling: 50 tons til 50 megatons og mere, samt et utal af forskellige fordelingsystemer fra kufferter til raketter.

Udvalg af nukleare våben = *arsenal of nuclear weapons*.

Udviklingsarbejde se forskning og udviklingsarbejde.

Unddragelse af nukleart materiale fra kontrol eller fra fredelig anvendelse til fremstilling af bomber, er en af de vanskeligheder, som fremdrages i debatten om våbenkontrol.

Unddragelse = *diversion*.

Underjordisk eksplosion i forbindelse med nukleare våben: Sprængning med sprængningscentret dybt under jordens overflade.

Underjordisk eksplosion = *underground burst*.

Unilateral handling er en handling, som et enkelt land udfører ensidigt. Unilateral betyder ensidig.

Unilateral = *unilateral*.

Uran. Grundstof med atomnummer 92, indeholdende ca. 99.3 pct. af en isotop med atomvægt 238, 0,7 pct. uran²³⁵ og meget lidt uran²³⁴. Ved isotop-adskillelse kan uran beriges i uran²³⁵ og anvendes i reaktorer, ligesom rent uran²³⁵ kan benyttes i nukleare våben. Uran udvindes i stadigt større mængde.

Uran = *uranium*.

Vandsøjle. Den ringformede vold af vand, der som en hul søjle rejser sig, når chokbølgen fra en undervandsekspllosion når overfladen.

Vandsøjle = *spray dorne*.

Varmestråling, elektromagnetisk stråling, der skyldes atomernes bevægelser. Ofte tænker man specielt på varmemestråling, der stammer fra et område med høj temperatur. Fra en sprængning af et nukleart våben udsendes i to bølger varmemestråling. I den første, der er yderst kortvarig, er ultraviolet lys det dominerende, i den anden, der varer længere, er energien hovedsagelig koncentreret i det synlige og infrarøde spektralområde.

Varmestråling = *thermal radiation*.

Varslingssystemer se radarkæder.

Varslingssystemer = *warning system*.

Varslingstider har en række betydninger i den nukleare debat, idet disse tider ikke alene er

teknisk, men også geografisk betonet. Endvidere er varslingsstederne for radioaktivt nedfald afhængige af de meteorologiske forhold. I tekststykket (afsnit C 3) omtales varsling for langdistanceangreb, som i tilfælde af raketvåbens anvendelse indskrænker sig til 15 minutter, og varslingssteder for radioaktivt nedfald, som uden for de zoner, hvor brand og trykbølge forvolder hovedskaderne, kan beløbe sig til flere timer på grund af vind- og vejrforholdenes betydning.

Vægtfylde. Angivelse af et stofs vægt pr. rumfangsenhed. Angives i gram pr. cm^3 .

Vægtfylde = *density*.

Våbensystemet betegner det totale våben indbefattende spræng hoved og fremføringsmiddel.

Våbensystem = *weapons system*.

Våbenteologi er et begreb, som er mindst lige så gammelt som videnskaben. Det hentyder til den del af teknologien, som tager sigte på konstruktion og produktion af våben. Våbenteologiens fremskridt og udvikling er her illustreret under omtalen af fly, raketter og nukleare våben. Mange andre emner kunne tilføjes og ville vise en lignende hastig udvikling. Våbenteologi er ikke i princip og grundlag forskellig fra almindelig teknologi; nuklear energi, radar, fly o.s.v. har samme oprindelse, hvad enten de anvendes militært eller civilt.

Våbenteologi = *weapons technology*.

Way-Wigner-loven. Et matematisk udtryk, der beskriver det radioaktive henfald af fissionsprodukterne. Tilnærmet kan det formuleres således, at hver gang tiden siden eksplosionen syv-dobles, nedsættes strålingsintensiteten fra fissionsprodukterne til en tiendedel.

Way-Wigner-loven = *Way-Wigner-law*.

Xenon. Grundstof med atomnummer 54 tilhørende de inaktive luftarters række. I reaktorer og ved affyring af nukleare våben dannes kortlevende, radioaktive isotoper af xenon.

Xenon = *xenon*.

Ødelæggelseskategorierne A, B, C og D er omtalt i afsnit B 4 og illustreret i tabel B 3.

Ødelæggelseskategori = *type of damage*.

Ødelæggelsesradius = *radius of damage*.

Øjenbeskadigelser. Ved en nuklear sprængning er varmestrålingen så stor, at selv refleksbettinget blinken og sammentrækning af pupillen i mange tilfælde ikke kan hindre, at en stor varmemængde når at trænge ind i øjet. Der kan derfor navnlig om natten indtræde temporær blindhed selv på stor afstand fra eksplosionsstedet; men yderligere kan det ske, at tilstrækkelig varmeenergi koncentrerer på nethinden til forbrænding af nethinden indtræder; herved sker der varig skade.

Øjenbeskadigelser = *eye injuries*.

Nethindebeskadigelser = *retinal burns*.

Engelsk-dansk ordbog for begreber af interesse i atomdebatten

Der lægges alene vægt på den særlige betydning, ordene har i atomdebatten. Der er ikke tale om en egentlig ordbog, idet alle oversættelser er mere eller mindre »frie«.

accidental war	tilfældig krig	avoidance	omgåelse af kontrolaftalers ånd ved at udnytte »huller« i aftalen eller ved at udnytte aftalen til det yderste
accuracy at target	ikke tilsigtet krig		
aerial inspection	træfsikkerhedsradius		
aerial reconnaissance	luftbåren inspektion		
aerial refueling	luftbåren rekognoscering		
airborne alert	tankning i luften		
aircraft	på post i luften		
airplane (amerikansk)	fly	balance of prudence	balance baseret på for-sigtighed og klogskab (som modstykke til ter-rorbalance)
air to air	fly		
	affyring af raket fra fly mod mål i luften	balanced arms reductions	afbalancerede nedrustninger (så ingen part får overtag på grund af nedrustningen)
air to ground	affyring af raket fra fly mod mål på jorden		
alert	på post	ban the bomb	forbyd nukleare våben
all out nuclear war	total atomkrig	bargain east against west	spille øst ud mod vest
anti-missile weapons	anti-raket våben	base surge	brådsø
anti-submarine missile	anti-ubåd våben	»bigger bang for the buck«	»større knald for penge«
armament race	rustningskapløb	bilateral	bilateral, tosidig, ved af-tale mellem to lande
arms control	kontrol med våben i vide-ste forstand	biological war	biologisk krig, d.v.s. ud-spredning af bakterier, vira m.m.
arms race	se armament race	blast	trykbølge
arms reduction	nedrustning, delvis af-rustning	bomber	bombefly
arms supremacy	våbenmæssig overlegen-hed	breakdown	sammenbrud af kontrol-aftale
arsenal of nuclear weapons	udvalg af nukleare våben		
atom	atom	calorie	kalorie
atombomb	atombombe, se nukleare våben	catalytic war	katalytisk krig
	atomar	centrifuge	centrifuge
atomic	atomklub	chainreaction	kædeproces
atomic club	atomenergi	cheating	snyderi (med kontrol og inspektion)
atomic energy	atommagt (medens ud-trykket ofte i civile atomenergispørgsmål be-tyder atomkraft)		
atomic power	atomvægt	chemical energy	kemisk energi
	fredelig udnyttelse af atomenergi, plan til »« fremsat af præsident Eisenhower i 1955	chemical warfare	kemisk krigsførelse, d.v.s. udspredning af gift, giftgas, nervegas m.m.

circular probable error (CPE)	et mål for træfsikkerheden	depth of explosion deter	eksplosionsdybde afskrække, få til at afstå fra gennem frygt
civilian target	civilt mål	deterrence	afskrækkende middel
clandestine weapon	hemmeligt våben	deterrence force	afskrækkende styrke
clean bomb	ren bombe (d.v.s. relativt lidt radioaktivitet)	deuterium	deuterium, tung brint
coal (or carbon)	kul	development	udviklingsarbejde
cold-ward	kold krig	diffusion	diffusion (isotopadskillelse)
combination of nuclear weapons and missiles	kombination af nukleare våben og raketter	dirty bomb	snavset bombe (d.v.s. meget radioaktivitet)
communication between potential enemies	at være på talefod med med »fjenden«	disarmament	afrustning (nedrustning)
communication-systems	kommunikationssystemer	disengagement	frigørelse
condensation cloud	kondensationssky	dispersal	spredning (af nukleare våben på mange baser)
conquest of space	verdensrummets erobring	diversification	rig variation
contaminate	kontaminere, forurene	diversion	unddragelse
control of ballistic missiles	kontrol med raketter (kontrol med fordelings-systemer)	doomsday machine	dommedagsbombe
control of launching equipment	kontrol med fordelings-systemer	doserate	dosishastighed
control of nuclear production	kontrol med produktion af nukleare våben	dynamic pressure	dynamisk overtryk
control of nuclear stockpiles	kontrol med lagre af nukleare våben	earthquake in Chile 1960	jordskælv i Chile 1960
control of nuclear tests	kontrol med prøvesprængninger	efficiency	nyttevirkning
control of research and development	kontrol med forskning og udviklingsarbejde	electromagnetic separation	elektromagnetisk separation
control techniques	kontrolsystemer	emergency	nødsituation
conventional bombs	konventionelle bomber	enriched uranium	beriget uran
conventional diplomacy	konventionelt diplomati	escalation	tiltagende omfang af krig, evt. af atomkrig
conventional war	konventionel krig	espionage	spionage
conventional weapons	konventionelle våben	evasion	omgåelse (af trufne aftaler)
credibility	trolighed	explosion crater	eksplosionskrater
critical amount	kritisk mængde	extensive war	omfattende krig
cyclone	cyklon	excess criticality	overkritikalitet
damage of retina	øjenbeskadigelse, nethindebetændelse	exterminate	(total) udslætte
decontaminate	dekontaminere, rense	fallout	(radioaktivt) nedfald
decoupling	dæmpning, når det anvendes om underjordisk sprængning	fall out shelters	beskyttelsesrum mod radioaktivt nedfald
decoy	lokkedue	false alarm	falsk alarm
demilitarized zone	afmilitariseret zone	feed back	tilbagemelding
•demonstrations for or against nuclear weapons	atomdemonstrationer	fighter	jager
denuclearized zone	atomfri zone	fighter bomber	jagerbomber
deploy	deployere (militært udtryk)	fireball	ildkugle
		firing capability	afskudssikkerhed
		firestorm	fladebrand
		first degree burn	første grads forbrænding
		first strike capability	første slagkraft
		fissile	fissilt
		fission	fission
		fission bomb	fissionbombe
		fission fusion bomb	fission-fusionbombe
		fission fusion fission bomb	fission-fusion-fission-bombe
		fission ignition (of thermonuclear weapons)	fissionstænding (af brintbomber)

fission products	fissionsprodukter	intermediate range ballistic missile	IRBM mellemdistanceraket
fizzle	forsager, d. v. s. bombe, som ved prøvesprængning var en fiasko eller afbrænder	International Atomic Energy Agency	IAEA Den internationale Atomenergiorganisation
flood	flodbølge	iodine	jod
free air burst	lufteksplosion	ionosphere activity	ionosfæreaktivitet
fusion	fusion (brintenergi)	irreversible threats	irreversible trusler
fusion energy	fusionsenergi, brintenergi	isotop	isotop
fusion-fission rate in thermonuclear weapons	forholdet mellem fusion og fission i termonukleare våben	isotop separation	isotopadskillelse
gamma rays	gammastråling	kill the dead	slå de døde ihjel
gangsterbomb	gangsterbombe	kiloton	kiloton
gas phase	gasfase, luftform	»knowledge detection«	»psykologisk kontrol«
gen	gen	krypton	krypton
genetic	genetisk	legalized espionage	legaliseret spionage
genetic effects	genetisk virkning	limited war	begrænset krig
genetics	genetik	lithium	lithium
geometrical shape	geometrisk form	local war	lokaliseret krig
ground inspection	inspektion på stedet	mad commander, the	gale ansvarshavende, den
ground to air	affyring af raket fra jorden mod mål i luften	mass destruction	masseødelæggelse
ground to ground	affyring af raket fra jorden mod mål på jorden	massive retaliation	massiv gengældelse
ground zero	ground zero (nulpunktet)	maximum permissible dose	maksimalt tilladelig dosis
guidance	styresystem (spec. for raketter)	measuring equipment for radioactivity	radioaktivitetsmåleudstyr
guided missile	styret raket	megaton	megaton
half-life	halveringstid	microsecond	mikrosekund
half-thickness	halverings tykkelse	military targets	militære mål
handbag nuclear weapon	kuffertbombe	military technology	militær teknologi (våben-teknologi s.d.)
hardened targets	hårde mål	miscalculation	fejlregning
hardness	hårdhed (om bombemål)	missile	raket
»have not«	de lande, som ikke har nukleare våben	missile gap	raketforspring
»have«	de lande, som har nukleare våben	missile launching base	raketbase
heat of combustion	forbrændingsenergi	mobile launching equipment	bevægelig affyrringsrampe
heavy water	tungt vand	mound	jordvold
height of burst	eksplosionshøjde	muffle	dæmpe
Hiroshima bomb, the	Hiroshimabomben	multilateral	multilateral, flersidig, ved aftale mellem flere lande
hydrogen bomb	brintbombe	mushroom cloud	paddehattesky
ignition	antændelse	mutation	mutation
implosion	implosion	Nagasaki bomb, the	Nagasakibomben
inflammability	antændelighed	natural uranium	naturligt uran
initial nuclear radiation	initial nuklear stråling, begyndelsesstråling	negative phase, suction phase	negative fase
inspection	inspektion	neutron	neutron
intelligence service	efterretningsvæsen	neutron bomb	neutronbombe
intercontinental ballistic missile	ICBM langdistanceraket		

nominal bomb, the n th country n th power nuclear nuclear blackmail	nomielle bombe, den n ^{te} land n ^{te} magt (n ^{te} land) nuklear (kernefysisk) nuklear afpresning, trus- ler om anvendelse af nukleare våben	positive phase potential enemy	positiv fase mulig eller potentiel fjende magtbalance sprængkraftkoncentration forebyggende angreb »forkøbskrig« forkøbsret
nuclear diffusion	spredning af nukleare vå- ben	power balance power concentration preclusive attack preemptive war preemption premeditated attack preventive war primitive bomb productions control profitable conquest proportionate arms reduc- tions	forebyggede angreb overlagt angreb primitiv bombe kontrol med produktion erobring, som betaler sig proportionale nedrustnin- ger
nuclear disengagement zone	zone i landområder uden for atommagternes land- områder, hvor disse magter afstår fra og op- hører med at placere nukleare våben	protection proton psychological inspection psychological war	beskyttelse proton psykologisk inspektion psykologisk krig
nuclear energy	nuklear energi, atom- energi, kerneenergi	quick decisions quick reacting systems	hurtige afgørelser hurtigt reagerende syste-
nuclear energy release nuclear explosive nuclear inventory	nuklear energiudvikling nukleart sprængstof opgørelse af lagrene af nukleare våben og/eller nukleart sprængstof	radar warning chain radiation radiation dose radiation psychology radiation sickness radioactive decay radioactivity radiological warfare radius of damage reactor reflector research retaliation revenge revolutions in the art of	radarkæde stråling strålingsdosis strålingspsykologi strålingssyge radioaktivt henfald radioaktivitet radiologisk krigsførelse ødelæggelsesradius reaktor (neutron) reflektor forskning gengældelse, hævn revanche, hævn
nuclear processes	atomkerneprocesser, nu- kleare processer	retaliatory force roentgen rupture zone	omvæltninger i krigskun- sten gengældelsesstyrke røntgen brudzone
nuclear sharing	overdragelse af nukleare våben	safeguards	sikkerhedsforanstalt- ninger
nuclear stockpiles nuclear strategy nuclear submarine	lagre af nukleare våben nuklear strategi atomubåd, nuklear ubåd, atomdrevet ubåd	satellite satellite measurements	satellit målinger ved hjælp af sa- telliter, satellitmåling
nuclear technology nuclear test nuclear weapons nuclear weapons produc- tion	nuklear teknologi prøvesprængning nukleare våben produktion af nukleare våben	saturation scalinglaws second strike capability secrecy secretiveness seismic shock	mætning slagkraft no. 2 hemmeligholdelse hemmelighedskræmmeri jordrystelse
nuclei	atomkerner		
order of magnitude overkill capacity	størrelsesorden lagre større end nok til mætning		
overpressure oxygen	overtryk ilt		
payload peaceful application of atomic energy	nyttelast fredelig anvendelse af atomenergi		
peaceful application of nuclear explosions	fredelig udnyttelse af nu- kleare eksplosioner		
phased arms reductions	nedrustninger, som forlø- ber parallelt i tid, så in- gen part får et tidsrum, hvor den har overtaget		
plutonium polaris polaris submarine	plutonium typebetegnelse for raket polaris ubåd		

Seismograph	seismograf	tritium	tritium, tung radioaktiv brint
self-fulfilling prophecies	selvopfyldende profetier	troposphere	troposfære
short fange ballistic missile	SRBM kørd i stanceraket	toxicological warfare	giftkrig, d. v. s. kemisk, biologisk og radiologisk krigsførelse
skin burn	hudforbrænding	type of damage	ødelæggelseskategori
source material	råmateriale til nukleare våben	unauthorized behaviour	uautoriseret adfærd, se begrebet den gale ansvarshavende
specific density	vægtfylde	underground explosions	underjordiske eksplosioner
spray dome	kuppelformet vandsøjle	underwater explosions	undervandsekspllosioner
stability through deterrence	stabilisering gennem afskrækning	unilateral	unilateral, ensidig
stalemate	pat (skakudtryk) uafgjort	uranium	uran
statistics	statistik	vehicles	fremføringsmidler
Strategic Air Command	SAC USA's strategiske luftværn	vulnerability	sårbarhed
strategic target	strategisk mål	war exercise	militær manøvre
stratosphere	stratosfære	warhead	spræghoved
stratotanker	Stratotanker	warning system	varslingssystem
strontium	strontium	war of nerves	nervekrig
surface explosion	overfladeeksplosion	war propaganda	krigspropaganda
surface zero	surface zero (nulpunkt)	wave	bølgetop
surprise attack	overraskelsesangreb	wave-crest	bølgedal
tactical nuclear weapon	taktisk bombe	wave-trough	Way-Wigner loven
technological break through	teknologisk gennembrud (d.v.s. pludselig epokegørende opdagelse, som giver afgørende fordel)	Way-Wigner law	nukleart råmateriale raffineret til den renhed, som kræves til våbenproduktion
termination of war	krigsafslutning, ophør af krig	weapons grade fissile material	våbensystem
terror balance	stabilisering gennem afskrækning	weapons system	våbenteknologi
test ban	forbud mod prøvesprængninger	weapons technology	global, verdensomspændende
test firing of missiles	prøveskud med raketter	world wide	globalt nedfald
theoretical limit	teoretisk grænse	world wide fall out	et land, som stræber efter medlemskab af atomklubben
thermal radiation	termisk stråling, varme-stråling	would-be atomic power	
thermonuclear weapons	termonukleare våben, brintbomber	xenon	xenon
thorium	thorium	X-rays	røntgenstråler
towitro/oluene (TNT)	to«itro/oluol (TNT)		

Forkortelser som jævnligt anvendes i den løbende atomdebat

AAM = <i>Air-to-air</i> røssile	En raket, der affyres fra et fartøj i eller uden for atmosfæren mod mål i eller uden for denne; luftbåret luftværnsraket.
AGARD = The <i>advisory group for aeronautical research and development, NATO</i>	NATO's rådgivende komité for flyveteknisk forskning og udvikling.
ALBM = <i>Air launched ballistic missile</i>	Luftbåret ballistisk (mellem- eller langdistance) raket.
AAM = <i>Anti-missile missile</i>	Antiraket raket; luftværnsraket, der er beregnet på bekæmpelse af - især ballistiske - raketter.
ASROC = <i>Anti-submarine rocket</i>	En amerikansk anti-ubådsraket, affyres fra overfladefartøjer.
ASTOR = <i>Anti-submarine torpedo ordnance rocket</i>	En amerikansk anti-ubådsraket. Er en kombination af ballistisk/hydrodynamisk konstruktion, affyres fra neddykkede ubåde eller fra overfladeskibe.
ASM = <i>Air-to-surface missile</i>	En raket, der affyres fra et fartøj i eller uden for atmosfæren mod mål på overfladen (havoverfladen eller landjorden).
AUM = <i>Air to-underwater missile</i>	En raket, der affyres fra et fartøj i eller uden for atmosfæren mod mål under havoverfladen.
BMEWS = <i>Ballistic missile early warning system</i>	Radarkæde til advarsel mod raketangreb på USA
B35 =	Amerikansk bombemaskine.
B47E =	Amerikansk bombemaskine.
B50 =	Amerikansk bombemaskine.
CPE = <i>Circular probable error</i>	Se leksikon. (Træfsikkerhed).
D = <i>Deutrium</i>	Deuterium (tung brint).
DECH = <i>Di-ethyl cyclo-hexane</i>	Diætylcyklohexan, C ₁₀ H ₂₀ , et syntetisk brændstof til raketmotorer, meget nær lig kerosen.
DEW = <i>Distant early warning</i>	Radarkæde til advarsel mod raketangreb på USA.
GAM = <i>Guided air missile</i>	Styret luftbåren raket.
H = <i>Hydrogen</i>	Hydrogen. Brint.
HEF = <i>High-energy-fuels</i>	Brændstoffer med stort energiindhold; (om raketmotorer) højt-ydende, med høj specifik impuls.
HTP = <i>High test peroxide</i>	Koncentreret brintoverilte.
IAEA = <i>International atomic energy agency</i>	Det internationale atomenergi organ.
ICBM = <i>Intercontinental ballistic missile</i>	Langdistanceraket.
ICRP = <i>International commission on radiological protection</i>	Se leksikon, pg. 51.

IRBM = intermediate *range ballistic* røssile

IM = interceptor *missile*

IR = *Infrared*

JATO = /et *assisted /ake-off*

kt = *Kiloton TNT*

Li = *Lithium*

LOX = *Liquid Oxygen*

LP = *Liquid propellant*

MIDAS = *Afissile infrared detection alarm satellite*

Mpd = *Maximum permissible dose*

MRBM = *Afedium range ballistic missile*

mt = *Megaton TNT*

NASA = *National aeronautics and space administration*

Psi = *Pound per square inch*

Pu²³⁹ = *Plutonium 239*

SAC = *Strategic air command*

SAM = *Surface-to-air-missile*

SM = *Strategic missile*

SOFAR = *Sound /inding and ranging*

SONAR = *Sound navigation and ranging*

SRBM = *Short range ballistic missile*

SSM = *Surface-to-surface fissile*

SUM = *Surface-to-underwater fissile*

T = *Tritium*

TNT = *Trinitrotoluol*

UAM = *Underwater-to-air-missile*

USM = *Underwater-to-surface missile*

UUM = *Underwater-to-underwater missile*

U²³³ = *Uranium 233*

U²³⁵ = *Uranium 235*

Mellemdistanceraket.

Luftværnsraket.

Infrarød.

1. trins raketmotor (i aerodynamiske raketter), hjælperaketmotorer til start af fly.

Kiloton TNT.

Lithium.

Flydende ilt.

Flydende drivkraft.

Varselssatellit.

Se leksikon, pg. 51.

Mellemdistanceraket.

Megaton TNT.

Den amerikanske civile flyve- og rumforskningstekniske organisation.

Engelske pund pr. eng. kvadrattomme.

Plutoniumisotop med massetal 239.

USA's strategiske luftstyrker.

En raket, der af fyres fra overfladen (havoverfladen eller landjorden) mod mål i eller uden for atmosfæren.

Strategisk (artilleri) raket.

Lokaliseringssystem baseret på akustiske fænomener (sml. SONAR).

Akustisk undervands-lokaliseringssystem. Dansk betegnelse SONAR. Baseret på måling af tidsinterval mellem udsendelse og modtagelse af henholdsvis en ultrakortbølget lydimpuls og det tilbagekastede ekko. Systemet virker analogt med radar, der ikke kan anvendes under vandoverfladen.

Kortdistanceraket.

En raket, der affyres fra overfladen mod mål på overfladen. Artilleriraket.

En raket, der affyres fra overfladen mod mål under havoverfladen.

Tritium.

Trinitrotoluene.

En raket, der affyres fra et fartøj under havoverfladen mod mål i eller uden for atmosfæren.

En raket, der affyres fra et fartøj under havoverfladen mod mål på denne eller på landjorden.

En raket, der affyres fra et fartøj under havoverfladen mod mål under denne, enten direkte, eller således at en del af banen forløber over havoverfladen.

Uranisotop med massetal 233.

Uranisotop med massetal 235.

Om genetiske skader af ioniserende stråling

AF AFDELINGSLEDER, MAG. SCIENT. OVE FRYDENBERG

Indledning.

Der hersker ingen rimelig tvivl om, at en forøgelse af den ioniserende stråling, som en befolkning udsættes for, vil resultere i et øget antal mutantgener i denne befolkning. For at kunne bedømme den skade, som derved forvoldes, er det absolut nødvendigt at skønne kvantitativt over dennes omfang.

Det er nærværende redegørelses formål at søge, så vidt dette er muligt, at skønne over de genetiske konsekvenser af følgende tre, tænkte situationer:

1) En fallout stråling som følge af prøvesprængninger i fredstid, givende en vedvarende gonadedosis på 1 mr/år i hele befolkningen.

2) En fallout stråling som følge af prøvesprængninger i fredstid, givende en vedvarende gonadedosis på 10 mr/år i hele befolkningen.

3) En fallout stråling som følge af krigsmæssig atomsprængning uden for Danmarks grænser, således at omkring $\frac{1}{4}$ af befolkningen udsættes for en éngangsdosis på 25 r i løbet af nogle få uger.

Den naturlige baggrundstråling, som befolkningen i forvejen er udsat for, giver en gonadedosis af størrelsesordenen 100 mr/år. De allerede gennemførte prøvesprængninger har hidtil *maksimalt* resulteret i en gonadedosis, som skønnes at være af størrelsesordenen 6 mr/år. Dette maksimum nåedes i 1959, mens dosis året før og året efter var ca. halvt så stor. Alle prøvesprængninger for 1961 formodes i tredivårsperioden 1954—1984 at ville give en *gennemsnitlig* gonadedosis af størrelsesordenen 1 mr/år. 1961-sprængningerne vil formodentligt hæve dette tal til omkring det dobbelte.

Almene betragtninger.

For nøjagtig vurdering af situationen kræves udtømmende oplysning om:

- 1) Relationen mellem stråledosis og mutationsinduktion.
- 2) De populationsgenetiske faktorer, som bestemmer omfanget af mutationsbyrden i en population.

Disse oplysninger foreligger langt fra. Vor viden om dosiseffekt relationen er usikker på mange områder, og vor kvantitative viden om de populationsgenetiske sider af problemet er rudimentær, skønt de kvalitative populationsgenetiske principper må formodes at være nogenlunde velforståede.

Stråledosis og mutationsbøst.

Det står fast, at *alle former for ioniserende stråling er mutagen*, d.v.s. formår at fremkalde ændringer i arvemassen. I det kommende skelnes ikke mellem de forskellige former for stråling, idet det forudsættes, at de opgivne r-doser er korrigeret for relativ biologisk effektivitet, d.v.s. er at opfatte som rem-doser svarende til numerisk samme r-dosis af 250 kv røntgenstråler.

Den ioniserende strålings mutagene virkning omfatter både 1) egentlige gen-mutationer og 2) kromosomale mutationer. Egentlige gen-mutationer, som også kaldes punktmutationer, opfattes som substitutter i et eller nogle få nukleotidpar i genets DNA molekyle. Dette er ensbetydende med, at den genetiske kode ændres, og at det primære genprodukt derfor bliver et andet. Da nukleotidsubstitutionen set fra

et kodningssynspunkt er rent tilfældig, fører den i det overvejende antal tilfælde til mindre værdige primære genprodukter. Punktmutation medfører sjældent, formodentlig aldrig, forstyrrelser i mitose- og meioseprocesserne, som kunne medføre, at punktmutationer opstået før det egentlige kønscellestadie bliver elimineret ad denne vej. Det er ej heller synderig sandsynligt, at det ofte skulle være tilfældet, at punktmutationsbærende celler er fysiologisk skadede i så høj grad, at de af denne grund skulle blive elimineret, før de når frem til reduktionsdelingen, som viderebefordre dem til kønscellerne.

Kromosomale mutationer omfatter omlejring af større dele af kromosomer eller hele kromosomer med det enderesultat, at kropsceller eller/og kønsceller med underskud eller overskud af bestemte gener opstår. Kromosommutanter medfører tit forstyrrelser i mitose- og meioseprocesserne, hvilket ofte har til følge, at nyopståede kromosommutanter elimineres fra kimbanen, før de når frem til de egentlige kønscellestadier. For en hel del kromosommutanters vedkommende gælder det formodentligt, at de overført til afkomstindividet resulterer i så omfattende forstyrrelser, at individet dør på et meget tidligt tidspunkt, hos mennesket inden for få uger efter befrugtningstidspunktet.

Forholdet mellem stråledosis og mutationshøst er forskelligt for genmutationer og kromosommutationer. For genmutationer gælder det inden for et meget bredt område af doser, at mutationshyppigheden er lineært afhængig af stråledosis. Proportionaliteten mellem inducerede mutationer og dosis er eksperimentalt eftervist hos bananfluer helt ned til en totaldosis på 5 r (1). Der er intet som helst grundlag for at betvivle, at proportionaliteten skulle have gyldighed også for endnu lavere doser. Afvigelser fra proportionalitetsreglen kan findes ved meget store doser (2), men dette spiller i nærværende sammenhæng ingen rolle, da afvigelserne først begynder at optræde ved doser, der, hvis de gives på hele kroppen, er praktisk taget 100 pct. dødelige for mennesker, og som i alle tilfælde langt overskrider de doser, hvis genetiske virkning skal bedømmes nedenfor.

I modsætning til genmutationerne vokser kromosommutationernes antal med en potens af dosis, som er højere end én. I den bedømmelse af den samlede genetiske skade, som præsenteres nedenfor, er der alene taget hensyn til den dosiseffekt relation, som gælder for punktmutationer, da disse må formodes at spille den

altovervejende rolle ved de relativt lave totaldoser, som kommer på tale.

Det synes undtagelsesløst at gælde for bestråling af modne kønsceller, at mutationsantallet udelukkende er bestemt af den totale stråledosis, hvorimod dosishastigheden, f.eks. målt ved r/minut, ingen rolle spiller for resultatet (3). De seneste års undersøgelser på mus (4, 5, 6), bananfluer (7) og silkesommerfugle (8) har imidlertid vist, at en dosishastighedsafhængighed gør sig gældende for visse tidlige kimcellestadiers vedkommende. De resultater, som foreligger for mus, viser, at den mutagene virkning af stråling med dosishastigheder i området fra lidt under 0,01 r/m til lidt under 1 r/m er reduceret til omkring en fjerdedel af den virkning, som opnås med dosishastigheder på 25 r/m eller derover. I det dosishastighedsområde, vi har eksperimentelt kendskab til (området fra ca. 0,01 r/m til ca. 1.000 r/m), synes dosishastighedsafhængighed kun at gøre sig gældende i intervallet fra ca. 1 r/m til ca. 25 r/m. Oven for dette interval er antallet af mutationer konstant for samme totaldosis og uafhængigt af dosishastigheden. Neden for det nævnte dosishastighedsinterval er antallet af mutationer ligeledes konstant for fastholdt totaldosis og uafhængigt af dosishastigheden. Udbyttet for samme totaldosis er imidlertid i det nedre dosishastighedsinterval reduceret til omkring en fjerdedel af udbyttet i det øvre dosishastighedsinterval.

Der foreligger, så vidt jeg ved, intet som helst konkret om, hvorledes den mutagene effekt er ved dosishastigheder, som er væsentligt lavere end 0,01 r/m. Den kendsgerning, at effekten, inden for den eksperimentelle fejlgrænse, synes uændret fra hastigheder på 1 r/m ned til hastigheder lidt under 0,01 r/m, støtter i al fald ikke den antagelse, at effekten skulle falde yderligere ved endnu lavere hastigheder. Det er betydningsfuldt at påpege, at der ikke, så vidt min viden rækker, foreligger eksperimentelle kendsgerninger, der støtter den tanke, at der skulle forefindes en tærskelværdi for dosishastigheden, således at stråling med en lavere dosishastighed end denne værdi ikke skulle være mutagen.

Det fremgår af ovenstående, at mutationsudbyttet, som opnås ved bestråling af en given genetisk enhed - et gen - på et givet cellestadium, kan beskrives som en funktion af to variable: dosis (r) og dosishastighed (r pr. tidstnhed). Skønt intet på nuværende tidspunkt ta-

ler imod, at denne funktion skulle have samme form for alle genmutationers vedkommende, er det givet, funktionens parametre varierer fra gen til gen. For at kunne beregne det samlede antal mutanter, en organisme tilføres af en given stråledosis ved en given dosishastighed, kræves kendskab til det relevante område af funktionen for alle gener og alle cellestadier, samt derudover et tilfredsstillende kendskab til, hvor længe de enkelte celler befinder sig i de forskellige stadier. Sådanne oplysninger foreligger ikke for nogen organisme. I praksis er vi nødsaget til at betjene os af anderledes grove skøn over strålevirkningen end de ovenfor omtalte.

Et almindeligt anerkendt mål for den genetiske strålevirkning er den såkaldte fordoblingsdosis. Herved forstås den totale stråledosis, som givet i tidsrummet før reproduktionen, hæver mutationshastigheden i et gennemsnit til det dobbelte af den spontane hastighed. Det følger af, hvad der er sagt ovenfor, at fordoblingsdosis, selv når den som her opfattes som den gennemsnitlige dosis for et stort antal gener, vil være afhængig af cellestadie og derigennem i visse tilfælde af dosishastighed. Den størrelse, vi skal bruge i et skøn over den samlede skade, skal være *den effektive for doblingsdosis*, herefter betegnet D_s , fremkommet som et vejet gennemsnit over alle relevante cellestadier og tilpasset den relevante dosishastighed.

Alle beregninger i det følgende vil blive gennemført for to repræsentative skøn over D_s , således at det ene betragtes som et maksimalt, det andet som et minimalt skøn.

Som *minimalt skøn* anvendes $D_2 = 30$ r. Begrundelsen herfor er: 1) Undersøgelserne i Hiroshima og Nagasaki har vist med rimelig sikkerhed, at den effektive D_s for mennesker i hvert fald ikke er mindre end 10 r, og 2) en del eksperimentelt opnåede skøn over bestemte geners eller gen-grupperes D_s hos planter, bananfluer og mus falder i området fra ca. 30 r til ca. 60 r.

Som *maksimalt skøn* anvendes $D_2 = 200$ r. Dette tal er nået ad følgende vej: Et rimeligt gennemsnit af de oven for nævnte eksperimentelt bestemte fordoblingsdoser er 50 r. Disse er bestemt for stråling med stor dosishastighed (størrelsesorden 10^7 r/m til 10^3 r/m). De dosishastigheder, vi skal behandle nedenfor, er af størrelsesorden (10^{-3} - 10^{-2} r/m) ligesom - eller endog betydeigt mindre end - de dosishastigheder, ved hvilke mutationsudbyttet er re-

duceret til omkring $1/4$ for premeiotiske cellestadier hos mus, og det er disse stadier, som kvantitativt spiller langt den største rolle. Det maksimale D_s fremkommer derfor som 4×50 r = 200 r.

Mutanterne i populationen.

Enhver befolkning bærer på en mutationsbyrde: Spredt på befolkningens individer findes et vist antal mutantgener af en sådan art, at de enkelte mutantgener i homozygotisk eller heterozygotisk tilstand, eventuelt i bestemte konstellationer af de øvrige gener eller i et bestemt miljø, vil medføre, at bæreren bliver dårligere udrustet end individer uden vedkommende mutantgen, men med i øvrigt samme genetiske udstyr og miljø.

Summen af samtlige mutantgener, som på grund af submaksimal dominans, penetrans eller ekspressivitet bæres skjult af en befolkning, kan benævnes den *skjulte mutantbyrde*. I hver eneste generation kommer nogle af disse mutantgener til udtryk, idet de i visse genetiske og miljømæssige konstellationer manifesterer sig i individer, der i en eller anden henseende er »dårligere«, end de ville være uden vedkommende gen.

I de groveste og lettest erkendelige tilfælde er der tale om individer, der lider af det, vi kalder arvelige sygdomme. Den mængde mutantgener, som manifesterer sig i hver generation, kan benævnes den *udtrykte mutantbyrde*. Det er fra forskellig side (se 9) blevet skønnet, at den mere konkrete del af mutantbyrden, som manifesterer sig i klinisk erkendelige tilstande (arvelige sygdomme af alle arter og på alle alderstrin) er af størrelsesorden 5 pct. i de vest-europæiske og nordamerikanske befolkninger. Af de 5 pct skyldes omkring $1/4$ enkelte mutanter af klassisk type, mens strukturen af de genetiske elementer i resten er mere kompliceret eller helt ukendt.

Som helhed gælder det, at disse afficerede individer har en stærkt nedsat effektiv fertilitet, hvilket betyder, at *den udtrykte mutantbyrde* udgør et dræn på *den skjulte mutantbyrde*. Bortset fra variationer, som tvangfrit forklares ved ændringer i miljøet (hygiejniske, profylaktiske og terapeutiske foranstaltninger) eller i befolkningens parringsmønster (isolatophævelse etc., som medfører ændringer i den gennemsnitlige indavlsgrad), tyder alt på, at *den*

udtrykte mutantbyrde i længere perioder er konstant. Da den udtrykte byrde er bestemt af den skjulte byrde følger, at også denne er konstant. Dette til trods for, at den generation efter generation tappes for en fraktion svarende til den udtrykte byrde. Altså må den skjulte byrde tilføres en tilsvarende mængde i hver generation.

To forskellige kræfter er ansvarlige for dette tilskud, nemlig 1) mutationspresset og 2) selektionspresset. Ved mutationspresset forstås det forhold, at et vist antal normalgener i hver generation muterer, hvorved nye mutanter tilføres befolkningen. Ved selektionspresset forstås det forhold, at de allerede eksisterende mutantgener i visse kombinationer (andre end de, som resulterer i en udtrykt byrde) forlener bærerne med forøget effektiv fertilitet, således at mutantgenet derved tiltager i hyppighed. Den bedst kendte og formodentlig kvantitativt vigtigste mekanisme i denne forbindelse er de såkaldte overdominante gensystemer, som er baseret på en større fertilitet hos de individer, der bærer mutantgenet i enkelt dosis end hos individer, der slet ikke bærer mutantgenet. En anden mekanisme, som kan komme i betragtning hos mennesker, er den ejendommelige kompensationsmekanisme, som bl.a. er påvist i visse befolkningsgrupper for rhesus-genernes vedkommende. Den arbejder på den måde, at ægteskaber med en inkompatibel rhesus-kombination med deraf resulterende aborter og dødfødsler, ikke blot kompenserer tabene, men overkompenserer, således at den selektion, som inkompatibiliteten skulle medføre *mod* det rhesus-negative gen, ændres til en selektion til *fordel* for dette.

Som hovedregel må det gælde, at *den udtrykte byrde* er lig summen af det mutanttilskud, som skyldes mutationspresset, og det, som skyldes selektionspresset. Man kan også udtrykke dette ved at sige, at en del af den udtrykte mutationsbyrde skyldes mutationspresset og en anden del selektionspresset. Den del af den udtrykte byrde, som skyldes modsat rettede selektionspres, kaldes for *udspaltningsbyrden*.

Der hersker i disse år stor uenighed om den relative betydning af henholdsvis mutationspressets og selektionspressets andel i *den udtrykte mutantbyrde*. Undersøgelsen af veldefinerede gener, særligt recessive letalgener, hos *Drosophila* er forenelig med den tanke, at selektionspresset kun er ansvarlig for en yderst ringe del af *den udtrykte byrde*. Den diametralt modsatte konklusion kan med stor sikkerhed drages, for

så vidt angår visse kromosommutanter, nemlig inversioner, hos samme organisme, men der er god grund til at antage, at inversioner er mindre hyppige hos mennesker end hos bananfluer. Det er derfor muligt, at vor omfattende viden om inversionernes populationsgenetik er af mindre relevans for menneskets vedkommende. For selektionspressets betydning i denne sammenhæng taler den sikre påvisning af overdominante systemer hos flere organismer, samt den lejlighedsvis eksistens af en *skjult* mutantbyrde hos bananfluer, hvor denne byrde lader sig måle, af en sådan størrelsesorden, at den er vanskelig at forklare ud fra mutationspresset alene.

De beregninger, som præsenteres nedenfor, vil alle blive gennemført ud fra to forudsætninger:

1) At den del af den udtrykte mutantbyrde, som skyldes mutationstrykket, omfatter 1 pct. af befolkningens individer. Dette skøn rummer plads for en betydelig udspaltningsbyrde. Det er af samme størrelse som den del af de arvelige sygdomme, som kan føres tilbage til enkle klassiske gener, men dette må ikke tages som udtryk for, at det nødvendigvis er disse mutanter, mutationstrykket er ansvarlig for. Under tegnede finder det på nuværende tidspunkt vanskeligt at tillægge udspaltningsbyrden større betydning, end tilfældet er i dette skøn.

2) At hele eller praktisk talt hele *den udtrykte byrde* skyldes mutationstrykket.

Det skal bemærkes, at den mutationsbetingede byrde, som allerede eksisterer, *ikke* er identisk med strålingsinduceret byrde. Af de oven for fremførte skøn over fordoblingsdosis kan man beregne, at kun mellem 2 pct. og 10 pct af den eksisterende mutationsbetingede byrde skyldes baggrundsstrålingen. Det er i overensstemmelse hermed, at man ikke i forsøg med bananfluer, som skærmedes bag 60 mm bly mod baggrundsstrålingen, har kunnet påvise noget signifikant fald i mutationshastigheden (10).

Opdeling af den udtrykte mutantbyrde på mutation og spaltning er af vigtighed, fordi de to forholder sig helt forskelligt til ændringer i en befolknings mutationshastigheder. Udspaltningsbyrden er for alle kvantitative betragtninger uafhængig af sådanne ændringer, mens den mutationsbetingede byrde over længere tidsrum er direkte proportional med befolkningens mutationshastighed.

Hvis befolkningen udsættes for en ekstra gonadedosis på D gennem *mange* generationer,

vil den mutationsbetingede udtrykte byrde begynde at stige, indtil den når en størrelse, der er $(1 + D/D_2)$ gange den størrelse, den havde under de oprindelige forhold. Den forøgede byrde vil derefter effektueres generation efter generation, så længe den forøgede bestråling finder sted. Når ekstrabestrålingen ophører, falder den udtrykte byrde efterhånden tilbage til sit oprindelige niveau.

Vor viden om den hastighed, med hvilken den udtrykte byrde stiger og falder, er yderst usikker. Det har imidlertid en vis aktuell interesse at skønne over, hvor stor stigningen vil være i de førstkomende generationer.

Stigningshastigheden vil være afhængig af de enkelte mutantgeners skadevirkning på bærerne. Således vil mutantgener, der heterozygotisk altid virker dræbende på bæreren, inden denne når seksuel modenhed, indstille sig på den nye ligevægt øjeblikkeligt, d.v.s. i løbet af én generation. Som en anden yderlighed står mutantgener, som slet ikke virker fertilitets eller vitalitetsnedsættende i heterozygoterne, men som homozygotisk medfører et for det enkelte afficerede individ lille handicap. Disse gener vil nærme sig den nye ligevægt meget langsomt, idet halvdelen af stigningen vil kræve en størrelsesorden af 100 generationer for at realiseres. Som et illustrativt eksempel på en mutanttype, som er almindelig i naturlige bananfluepopulationer, kan nævnes et mutantgen, som dræber i dobbelt dosis, men som i enkelt dosis nedsætter vitaliteten med blot nogle få procent. En sådan mutant vil behøve omkring 25 generationer, hvilket hos mennesker svarer til 600—700 år, til at gennemføre halvdelen af stigningen mod den nye ligevægt. Nedenfor har jeg i beregningen af den skade, som vil ramme de nærmeste generationer som følge af en *vedvarende* fallout stråling, ansat stigningen i hver af disse generationer til 10 pct. af den endelige totalstigning.

Udsættes en befolkning for en *éngangs* gonadestråling vil *det totale antal individer*, som i alle følgende generationer rammes af den udtrykte byrde, være lig D/D_2 gange den eksisterende udtrykte byrde, men denne forøgede byrde vil effektueres langsomt gennem en lang række generationer. Ved udregning af skaden, som vil ramme de førstkomende generationer, er det anslået, at omkring 10 pct. af totalbyrden vil realiseres i løbet af hvert af de første 1-3 generationer, som følger umiddelbart efter den bestrålede generation.

Følgerne af en fallout stråling svarende til en gonadedosis på henholdsvis 1 mr/år og 10 mr/år.

Følgerne af en forøget stråling er i alle kommende tabeller udtrykt ved det antal (pr. år eller i det hele taget) individer, som den oven for omtalte gruppe af personer med arvelige sygdomme vil blive forøget med som følge af strålingen. Personer, som rammes af disse forskelligartede sygdomme, omtales i tabellerne som »genetisk defekte individer«.

I beregningerne er befolkningens antal sat til 4×10^6 og det årlige antal fødsler til 80.000. Variationer vil naturligvis forekomme i disse tal, men disse vil næppe i overskuelig fremtid være større, end hvad der maksimalt vil ændre de i tabellerne opgivne tal med en faktor på 2 eller 3.

Tabellerne I og II angiver det *årlige* antal defekte individer, som under de forskellige forudsætninger kan forventes som følge af en fallout gonadedosis på 1 mr/år og 10 mr/år i mange generationer. Den genetisk effektive gonadedosis er sat til 30 gange den årlige gonadedosis, hvorefter antallene i tabellerne I og II fremkommer som

$$D/D_2 \times 80.000 \times p_m.$$

hvor D er den effektive gonadedosis, som befolkningen tænkes udsat for, mens p_m er procenten i den nuværende befolkning af genetisk defekte individer, som skyldes det allerede eksisterende mutationstryk.

Talene i tabellerne I og II angiver byrden, *når ligevægt er nået*. d.v.s. efter mindst ti generationer.

TABEL I.

Det årlige antal genetisk defekte individer, som en stadig vedvarende fallout stråling svarende til en gonadedosis på 1 mr/år i det lange løb (d.v.s. efter mindst ti generationer) vil medføre i en befolkning på 4 mill.

Hvis hyppigheden af mutationsbetingede defekter for bestrålingen var	Hvis fordoblingsdosis er	
	200 r	30 r
1 0/0	<1	1
5 0/0	1	4

TABEL II.

Det årlige antal genetisk defekte individer, som en stadig vedvarende fallout stråling svarende til en gonadedosis på 10 mr/år i det lange løb vil medføre.

Hvis hyppigheden af mutationsbetingede defekter før bestrålingen var	Hvis fordoblingen er	
	200 r	30 r
1 0/0	1	8
5 0/0	6	40

Konklusion.

Hvis befolkningen fremover vedvarende udsættes for en fallout stråling, som giver en gennemsnitlig gonadedosis på 1 mr/år, vil dette medføre en stigning i det årlige antal fødsler, som resulterer i genetisk defekte individer. I det lange løb vil forøgelsen nå en størrelse af fra ét til fire individer årligt. Disse absolutte tal svarer til, at et nyfødt barns risiko for at blive ramt af en genetisk defekt, som nu er af størrelsesorden 5 pct., vil blive forøget til mindst 5,001 pct og højst 5,005 pct. Der er altså tale om en forøgelse af sygdomsrisikoen på mellem 1/4 og 1 promille af den eksisterende risiko. Ansættes gonadedosis til 10 mr/år, bliver forøgelsen af genetisk defekte individer røjt 40 om året. Dette svarer til en sygdomsrisiko på 5,05 pct. mod de nuværende 5 pct.

I de efter bestrålingens begyndelse nærmest følgende generationer vil det årlige tab næppe kunne overskride 10 pct. af de nævnte antal.

Hvis bestrålingen på 1 mr/år kun vedvarer i 20-30 år, vil det årlige tab næppe nogen sinde overskride et par individer, og det vil sandsynligvis være betydeligt mindre. Denne maksimale værdi vil nås blandt de individer, som fødes i intervallet fra bestrålingens ophør og 25-50 år frem i tiden.

Det samlede antal ofre i de næste hundrede år, som vil resultere af 20-30 års fallout bestråling på i gennemsnit 1 mr/år, kan vanskeligt tænkes at ville overskride 200 individer, hvis befolkningen ikke bliver væsentligt større i denne periode. Skulle befolkningen være vokset til det dobbelte antal ved periodens udløb, vil det totale antal ofre højst blive af størrelsesorden 300.

Følgerne af at 1 million mennesker udsættes for en éngangs gonadedosis på 25 r.

Vi skal nu forsøge at bedømme omfanget af den skade, som kan forventes, hvis omkring 1/4 af Danmarks befolkning udsættes for en ekstra gonadedosis på i gennemsnit 25 r i løbet af 1-2 uger.

Hvis vi forudsætter:

- 1) at bestrålingen omfatter 1 million mennesker af sædvanlig alderssammensætning,
- 2) at denne gruppe i al fremtid (d.v.s. i mindst et par århundreder) bevarer sin sædvanlige andel i produktionen af de fremtidige generationer,
- 3) at befolkningen som helhed bevarer sit nuværende omfang i al fremtid (d.v.s. i mindst et par århundreder), og
- 4) at de miljøfaktorer, som har indflydelse på mutantbyrdens manifestation, forbliver uændrede,

kan totalantallet af genetisk defekte individer i alle fremtidige generationer, under anvendelse af vore sædvanlige værdier for fordoblingsdosis og nuværende mutationsbetinget byrde, beregnes til mindst 1.000 og højst 40.000 individer (tabel III).

TABEL III.

Det totale antal genetisk defekte individer, som vil fødes i Danmark i alle fremtidige generationer, som følge af, at 1 million mennesker udsættes for en éngangs gonadedosis på 25 r.

Hvis hyppigheden af mutationsbetingede defekter før bestrålingen var	Hvis fordoblingsdosis er	
	200 r	30 r
1%	1.000	8.000
5°/0	6.000	40.000

Skønnene er afrundet til nærmeste multiplum af 1.000.

Det er klart, at disse tal kun har teoretisk interesse, da de refererer til en situation, som på grund af de under 1-4 nævnte forudsætnings svigten, aldrig vil forekomme. Særligt kan man frygte, at en betydelig tilvækst i befolkningen vil resultere i en tilsvarende stigning i det absolutte totalantal af defekte individer, mens man kan håbe, at en gunstig ændring af det

miljø, byrden skal udtrykkes i, vil kunne formindske denne. Det skal i denne forbindelse påpeges, at en lindring af byrdens udtryk ved terapeutiske foranstaltninger i de enkelte tilfælde ikke i sig selv medfører en formindskelse af totalbyrden, men blot en forhaling i tid. Vor nuværende viden angiver kun én mulighed for at formindske totalbyrden, nemlig det eugeniske indgreb. Skønt de store fremskridt, som i disse år finder sted i den biokemiske humangenetik, ikke mindst med hensyn til mulighederne for at erkende heterozygote mutantbærere, giver gode håb om, at eugeniske foranstaltninger kan effektiviseres langt ud over, hvad der hidtil har været muligt, så forbliver den eugeniske teknik dog et svagt redskab i kampen mod de individuelt sjældne mutantgener.

Skønt tallene i tabel III, deres teoretiske begrænsninger til trods, måske alligevel giver det mest realistiske billede af følgerne af den tænkte nedfaldssituation, har det mere aktuel interesse at skønne over denne situations følger i det nærmeste halve århundrede. Det er forsøgt i tabel IV, idet det årlige antal fødsler, der hidrører fra den bestrålede gruppe mennesker, er sat til 20.000, og den gennemsnitlige dominans af de inducerede mutanter er sat til 10 pct. Ikke mindst dette sidste skøn medfører en betydelig usikkerhed i tallene. Ved bedømmelsen af skønnene i tabel IV er det endvidere nødvendigt at erindre, at ændringer i befolkningens parringsmønster (f.eks. i indavlsgraden) vil have indflydelse på disse.

TABEL IV.

Det årlige antal genetisk defekte individer, som kan forventes i Danmark i det første halve århundrede, efter at omkring 1/4 af befolkningen har været udsat for en gonad e b e strålin g på 25 r.

Hvis hyppigheden af mutationsbetingede defekter for bestrålingen var	Hvis fordoblingsdosis er	
	200 r	30 r
1 0/0	2	16
5 0/0	12	80

Det er af en vis betydning at påpege, at de i Hiroshima og Nagasaki af Neel og Schull (11) foretagne undersøgelser næppe tillader os at tilbagevise de maksimale skøn i tabel IV. Undersøgelsen i disse byer af antallet af genetisk defekte personer, i den betydning som denne er

benyttet ovenfor, omfattede kun potentielt genetiske defekter (*in casu* misdannelser), som normalt udgør mindre end 1 pct. af samtlige fødsler. Der er undersøgt nær ved 34.000 fødsler efter bestrålede, ubeslægtede forældre. Ca. 1/4 af disse har i gennemsnit fået større doser end 25 r, mens til gengæld resten har fået mindre end 10 r. Hvis vi ansætter gennemsnitsdosis til netop 25 r og accepterer, at hele den undersøgte gruppe af defekter alene skyldes mutanter, skulle antallet af defekte børn være omkring 25 højere blandt de 34.000 »bestrålede« fødsler end blandt 34.000 tilsvarende kontroller. Den teoretiske spredning af antallet er imidlertid mere end 15, hvilket er tilstrækkeligt til helt at udviske den tænkte maksimale effekt.

Afsluttende bemærkninger.

1) De oven for fremførte skøn er alle beregnede under anvendelsen af modeller, som utvivlsomt er uhyre forenklede i forhold til de faktiske forhold. Det vil ikke være svært at påpege en lang række punkter, på hvilke de faktiske forhold er betydeligt mere komplicerede, end modellerne tager hensyn til. Erkendelsen af dette forhold bør blot medvirke til at understrege unøjagtigheden af skønnene, men bør ikke tages til indtægt for den opfattelse, at så er skønnene enten systematisk for store eller systematisk for små.

2) En ikke ringe grad af subjektivitet er nedlagt i ansættelsen af de parameterskøn, som er benyttet i beregningerne. De pessimistiske parameterskøn, såsom den laveste fordoblingsdosis (30 r) og den højeste procent af aktuelle mutationsbetingede skader (5 pct.) er grænseværdier i den forstand, at endnu mere pessimistiske skøn vil føre til konklusioner, som er i strid med kendsgerningerne. Noget tilsvarende gælder ikke for de optimistiske parameterskøns vedkommende. Mere ekstreme værdier ville føre til konklusioner, som ikke ville kunne tilbagevises, fordi vi ikke råder over erfaringsmateriale, der overhovedet tillader os at skelne mellem følgerne af de her accepterede værdier og nogle mere ekstreme. De optimistiske skøn har snarere den natur, at de er fuldt rimelige ekstrapolationer ud fra vor faktiske viden, mens endnu mere ekstreme værdier ville involvere et valg af en ønskelig situation blandt mange lige mulige.

3) I en meget væsentlig betydning er alle de angivne skøn, såvidt som de tages som udtryk for den skade, befolkningen vil lide, absolut for små. Skønnene omfatter kun den byrde af arvelige skader, som er klinisk nogenlunde veldefineret, d.v.s. de grovere defekter. Der er imidlertid ingen tvivl om, at mutanter er ansvar-

lige for mange handicap, som ikke erkendes klinisk. Der vil være genetikere, som på grundlag af vor viden om mutanternes virkning på bananfluer, ikke uberegtiget vil mene, at de klinisk erkendelige arvelige defekter kun er udtryk for $1/10$ af den samlede skade, mutanterne i en population er ansvarlige for.

LITTERATUR

- 1) Glass, H. B. and Ritterhof, R. K.: Mutagenic effect of a 5-r-dose of X-rays in *Drosophila melanogaster*. Science 1961: 133: 1366.
- 2) Russell, W. L.: Lack of linearity between mutation rate and dose for X-ray-induced mutations in mice. Genetics 1956: 41: 658.
- 3) Timoféeff-Ressovsky, N. W. und Zimmer, K. G.: Das Trefferprinzip in der Biologie. pp: 158—163. Hirzel Verlag, Leipzig (1947).
- 4) Russell, W. L., Russel, L. B., and Kelly E. M.: Radiation dose rate and mutation frequency. Science 1958: 128: 1546.
- 5) Russell, W. L., Russell, L. B., and Cupp, M. B.: Dependence of mutation frequency on radiation dose rate in female mice. Proc. Nat. Acad. Sei. (Wash.) 1959: 45: 18.
- 6) Russell, W. L., and Kelly, E. M.: Mutation frequency in mice exposed to radiation of intermediate dose rate. Genetics 191: 46: 894.
- 7) Oster, I. I., Zimmering, S., and Muller, H. J.: Evidence for the lower mutagenicity of chronic than intense radiation in *Drosophila goni.*. Science 1959: 130: 1423.
- 8) Tazima, Y., Kondo, S., and Sado, T.: Two types of doserate dependence of radiation-induced mutation rates in spermatogonia and oogonia of the silkworm. Genetics 1961: 46: 1335.
- 9) Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. General Assembly, U.N., New York (1958).
- 10) Rajewsky, B. N., und Timoféeff-Ressovsky, N. W.: Höhenstrahlung und die Mutationsrate von *Drosophila melanogaster*. Zeitsch. f. Xererb. 1938: 77: 488.
- 11) Neel, J. V., and Schull, IF. J.: The effect of exposure to the atomic bombs on pregnancy termination i Hiroshima and Nagasaki, Publ. No. 461. Nat. Acad. Sei. (Wash.) (1956).

løvrigt henvises, foruden til 9), til følgende samlede fremstillinger:

Nuclear Explosions and their Effects. Revised Edition, Delhi (1958).

The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiations. London (1956).

The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiations. A Second Report to the Medical Research Council. London (1960).

The Biological Effects of Atomic Radiation. Nat. Acad. Sei. Washington (1956).

The Biological Effects of Atomic Radiation. Nat. Acad. Sei. Washington (1960).

ORDLISTE

Bananflue (fruit fly, vinegar fly): *Drosophila melanogaster*.

DNA = desoxyribonukleinsyre er et højpolymert stof opbygget af nukleotider, som hver består af et molekyle organisk base, et molekyle desoxyribose (en pentose) og et molekyle fosforsyre. I DNA forekommer kun fire forskellige organiske baser, som hos højere organismer er de to puriner

adenin og guanin og de to pyrimidiner cytosin og thymin.

Dosishastighed (dose rate) måles i dosisenheder pr. tidsenhed, f. eks. i røntgen pr. minut, r/m. Lejlighedsvis benyttes den mindre klare betegnelse strålingsintensitet (radiation intensity) som betegnelse for samme størrelse.

Fordoblingsdosis, D_2 (doubling dose) er den stråledosis, som en gonade skal underkastes for at afgive dobbelt så mange nydannede mutationer, som den gør spontant. Fordoblingsdosis er altså den dosis, som hæver mutationshastigheden til det dobbelte af den spontane hastighed. Bortset fra variationer, som griber ind i det interval, hvor en dosishastighedsafhængighed gør sig gældende, er det lige meget, om fordoblingsdosen gives på én gang i løbet af kort tid, gives kontinuerligt over et længere tidsrum eller gives fraktioneret. Den mutagent effektive dosis er den totale opsummerede dosis før reproduktionstidspunktet.

Gen-mutation (gene mutation, point mutation) er en mutation, som skyldes ændring(er) inden for et enkelt gens struktur.

Heterozygotisk k (heterozygous). Et individ er heterozygotisk for et mutantgen, når det har dette i enkelt dosis, og altså kun har modtaget det fra den ene af forældrene, mens den anden har bidraget med til det tilsvarende normalgen. Arveformlen er af type A/a. Man siger også, at f. eks. A er heterozygotisk til stede i A/a.

Homozygotisk (homozygous). Et individ er homozygotisk for et givet gen, når det har genet i dobbelt dosis og altså har modtaget dette fra begge sine forældre. Arveformlen er af typen A/A eller a/a.

Kromosom-mutation (chromosome mutation, chromosomal aberration). En mutation, som omfatter større dele af et eller flere kromosomer eller eventuelt hele kromosomer. Kromosombrud (chromosome breakage) kan føre til 1) *deletioner* (deletions, deficiencies), d. v. s. tab af et kromosomstykke, 2) *inversioner* (inversions), d. v. s. en 180°'s vending af et kromosomstykke inden for et kromosom, eller 3) *translokationer* (translocations). Både inversioner og translokationer kan sekundært give anledning til dannelsen af deletioner. *Forstyrrelser i delingsprocesserne* kan føre til *haplosomi* (*haplosomy*), d. v. s. mangel på et helt kromosom, eller *trisomi* (*trisomy*), d. v. s. overskud af et kromosom. Både haplosomi og trisomi kan omfatte mere end ét kromosom.

Mitose = indirekte celledeling (mitosis) er den sædvanlige somatiske celledeling, hvorved hvert en-

kelt kromosom repliceres og datterkromosomerne derefter fordeles regelret på dattercellerne. Selve DNA-replikationen finder sted i interfasen før mitosens begyndelse.

Meiose = reduktionsdeling (meiosis, reductional division). De to sidste celledelinger før dannelsen af den egentlige kønscelle. Resultatet af de to meiotiske delinger er en halvering af kromosomtallet i kønscellerne.

Mutagen ad. & n. (mutagenic, mutagen). Et agens betegnes mutagent, hvis det er i stand til at inducere mutationer.

Mutantbyrden (the load of mutations) kan enten være den *skjulte byrde* (concealed or hidden load), d. v. s. samtlige mutantgener en population bærer, eller den *udtrykte byrde* (expressed load, hvilket vil sige tabet af reproduktionsevne, som populationen er underkastet som følge af mutantbærerens nedsatte fertilitet.

Den skjulte byrde kan kun måles direkte hos organismer, hvor det er muligt at isolere et kromosom og derefter opformere dette homozygotisk. Den skjulte byrde kan f. eks. udtrykkes som procenten af mutantgener blandt samtlige gener.

Den udtrykte byrde måles i letale ækvivalenter eller genetisk-døde (equivalent lethals, genetic deaths), d. v. s. den dødelighed, som ville være nødvendig for at reducere reproduktionsevnen til det faktiske, hvis dødelighed var den eneste reproduktionsnedsættende mekanisme. Den udtrykte byrde udgøres af en *mutationsbetinget byrde* (the (expressed) mutational load) og af en *udspaltningsbyrde* (the (expressed) segregational load).

Mutationspres (mutation pressure). Den gen-hyppighedsændrende kraft, som skyldes mutation.

Selektionspres (selection pressure). Den gen-hyppighedsændrende kraft, som skyldes differentiell fertilitet (egtl. fitness) hos de forskellige gentyper.

Overdominans (overdominance, superdominance, heterosis). Det forhold, at en heterozygot efterlader mere afkom end begge de tilsvarende homozygoter. Gener med denne egenskab siges at være overdominante eller heterotiske.

Silkesommerfugl (silkworm), *Bombyx mori*.

Om strålingsinducerede leukæmier

AF PROFESSOR, DR. MED. MOGENS FABER

Når den akutte sygdom, der følger bestråling med en større dosis ioniserende stråling, er overstået, kan den bestrålede synes fuldstændig helbredt. Dette vil i reglen være rigtigt, men der er hos enkelte af de bestrålede nedlagt en spire til en senere udvikling af kræftsvulster og heriblandt også kræftsvulster i de bloddannende organer - de såkaldte leukæmier.

I blodet hos mennesket findes der i hovedsagen to typer hvide blodlegemer, de flerkernede leukocytter, der dannes i knoglemarven, og lymfocytterne, der også dannes her men tillige i lymfeknuderne.

Ved en leukæmi sker der en uahæmmet vækst af visse tidligere forstadier til disse hvide blodlegemer. Forstadierne går så over i blodet, og man kan på grund af forskelligheder i cellernes udseende beskrive 3 forskellige hovedtyper af leukæmier. Da disse 3 hovedtyper har forskellig udvikling, forskellig opståelsesmåde og, hvad der i denne forbindelse er vigtigt, forskellig afhængighed af strålepåvirkning tidligere i den syges liv, skal de lige kort beskrives.

1) Den kroniske lymfatiske leukæmi er en sygdom i lymfocytterne. Den udmærker sig ved væsentligst at ramme ældre mennesker fortrinsvis mænd, og påfaldende ofte tidligere raske. Den har en lang ubemærket indledning, så den ofte findes ved en blodundersøgelse foretaget på grund af anden sygdom. Den udgør $\frac{2}{5}$ af alle leukæmier hos voksne. Man ved på nuværende tidspunkt intet om de forhold, der betinger sygdommens opståen.

2) Den kroniske myeloide leukæmi kan træffes i hele den voksne alder. Ved denne sygdom er det de tidlige stadier i udviklingen af de flerkernede leukocytter, der angribes og øges i antal. Det er den mest sjældne af de tre leukæmiformer, idet den kun undtagelsesvis findes

i børnealderen, og blandt de voksne udgør den ca. $\frac{1}{5}$ af tilfældene.

De seneste års forskning tyder på, at alle patienter med denne sygdom har en misdannelse i den arvemasse, der findes i de hvide blodlegemers moderceller. Denne ændrede arvemasse bringes videre til nye blodlegemegenerationer og kun hertil - aldrig til eventuelle børn, da æg- og sædceller er normale. Denne ændring, der betegnes som en »somatisk mutation«, indtræder antagelig i løbet af livet — er i alt fald ikke medfødt, og må anses for central i sygdommens opståelse.

3) Den akutte leukæmi kendes på, at de syge celler ser så unge og umodne ud, at man ikke kan erkende, til hvilket af de to ovennævnte systemer, de hører. Det er en sygdom, der fører til døden i løbet af få uger op til få måneder fra første symptom. Den optræder med størst hyppighed inden 5 års alderen, hvor det er den eneste kendte leukæmiiform, så bliver den sjældnere til op mod 30-40 års alderen, hvor hyppigheden stiger og igen når et toppunkt ved 50—70 år. Blandt de voksne patienter med leukæmi er den hyppig, udgør ca. $\frac{2}{5}$ af alle tilfælde.

Det er ikke muligt at angive nogen sikker årsag til den akutte leukæmi. Dette kan bl. a. skyldes, at der bag navnet skjuler sig flere forskellige sygdomme med forskellige årsager og forskelligt forløb. Foreløbig må vi nøjes med at sige, at meget tyder på, at denne sygdom kan fremkaldes af et virus, altså er en art smitsom sygdom, uden at vi ved noget om smittevejene.

4) Der er en lille rest af andre sjældne leukæmiiformer, hvor vi ved endnu mindre om opståelsesmåden, og hvor hyppigheden er så lille, at vi ikke kan bedømme deres forhold til tidligere bestråling. De skal derfor ikke omtales

selvstændigt, men vil blive medregnet i de akutte leukæmier.

Forståelsen af den ioniserende strålings evne til at fremkalde en leukæmi er kun i beskeden grad øget gennem studiet af lignende sygdomme hos dyr. Her i landet har navnlig Krebs på Radiumstationen i Århus og Engelbreth-Holm i København bidraget til disse undersøgelser. Der er nu i det hele enighed om, at f. eks. musens leukæmilignende sygdomme er virus sygdomme, og at de i det væsentligste opstår i bris-selen. Det er i alt fald ikke den samme sygdom, som vi træffer hos mennesker.

De iagttagelser hos mennesket, der belyser strålingens indflydelse, kan samles i to hovedgrupper.

A. Bestråling af raske.

1. Røntgenpersonalet gennem tiderne.
2. Personer med erhvervsbetinget aflejring af radioaktive stoffer.
3. De stråleudsatte befolkningsgrupper efter atomsprængningerne i Japan.

B. Bestråling af syge.

1. Patienter behandlet med indsprøjtning af radioaktive stoffer.
2. Røntgenbehandlede patienter.
3. Voksne og børn udsat for diagnostisk bestråling.

A 1. Det blev tidligt efter røntgenstrålernes opdagelse iagttaget, at arbejdet med disse stråler medførte en risiko for visse blodsygdomme, der skyldes, at knoglemarvens celler ophørte med at formere sig. Det drejede sig væsentligst om forandringer efter meget store helt ukontrollerede stråledoser, selv om enkelte tilfælde, også her hjemme fra, med nutidens øjne må tydes som leukæmi. Det var dog først fra ca. 1924, at det blev klart, at der døde flere røntgenlæger af leukæmi, end man skulle vente, selv om strålebeskyttelsen stadig bedredes.

A 2. Personer, der bærer radioaktive stoffer i kroppen, befinder sig i endnu højere grad under en konstant bestråling. Er stoffet bundet i knoglerne, er knoglemarven udsat for strålingen, og der må være en risiko for udviklingen af en leukæmi.

Omkring 1920 begyndte man at bruge radium til selvlysende maling. På grund af mangelfuld hygiejne fik en del af de kvinder, der brugte denne maling, noget af den ind gennem

mundten. Efter optagelsen gennem tarmkanalen vil en del af den indtagne radium af lej res i knoglerne, så strålingen samles her og i knoglemarven. I de første år døde da også en del af kvinderne af blodsygdomme. Efter at de er ophørt med arbejdet, udskiltes imidlertid store mængder radium i urinen, og stråledosis faldt. Det er derfor interessant, at der i de sidste 20 år kun er iagttaget meget få leukæmier blandt disse personer, hvoraf man efterhånden kender nogle tusinde.

A 3. Atombombesprængningerne over de japanske byer har udvidet vor viden om opståelsen af leukæmi efter bestråling med store stråledoser. I de ca. 15 år, der er gået siden eksplosionerne, er begivenhederne blevet endevendt for at skaffe så mange oplysninger som muligt, men resultaterne er ikke så klare, at man føler sig tryk ved, at de alene skulle danne grundlag for dosisvurderingen af leukæmifaren efter bestråling. Der er enighed om, at der kom en bølge af leukæmier i den del af befolkningen, der overlevede bomben, og at hyppigheden var størst i den del, der viste mest udtalt strålesyge i den første tid. Bedømmelsen sløres af, at også den ikke udsatte japanske befolkning i og uden for de udsatte byer har vist stigende leukæmihyppighed.

I den mest udsatte gruppe, hvor der kun var få overlevende, har leukæmihyppigheden været ca. 1-2 pct. eller ca. 400 gange den forventede hyppighed. Forøgelsen falder med stigende afstand fra »hypocentret«, og ved 2000 m herfra synes der ikke mere at være nogen forøgelse.

Det er ejendommeligt, at det fortrinsvis er den kronisk myeloide form for leukæmi, der træffes, og det bør nævnes, at hyppigheden af leukæmi synes at være helt uafhængig af de bestråledes alder. Den kronisk lymfatiske er ikke set, den kendes næppe i Japan, og den akutte form er først dukket op mange år efter bestrålingen.

Som det vil fremgå, er det alt for lidt, vi ved om det sunde menneskes reaktion på store stråledoser. Vi må derfor supplere vor viden med oplysninger fra patienter, der på grund af sygdom har været udsat for stråling. Ved vurderingen af de resultater, der opnås, må vi dog hele tiden huske, at det var syge mennesker, allerede da de blev bestrålede, og at deres sygdom kan have været med til at sætte sit præg på den reaktion, vi ønsker at få oplyst - i dette tilfælde leukæmien.

B 1. Aflejring af radioaktive stoffer indført frit i kroppen med medicinske formål er kendt i ret vid udstrækning. Radium har været benyttet i en del tilfælde, og billedet ligner det, vi ser ved den erhvervsmæssige radiumforgiftning. Thorium, et naturligt radioaktivt stof, har været anvendt i udstrakt grad, og en enkelt form synes at være fulgt af en række børneleukæmier. Stråledoserne var dog store — egentlige behandlingsdoser. Behandling med radiojod har været benyttet gennem en årrække til mange patienter. Nok er der set leukæmier blandt disse, men ikke flere end venteligt efter den almindelige sygestatistik. Det er dog bemærkelsesværdigt, at næsten alle måtte registreres som akutte leukæmier.

B 2. Væsentligt flere oplysninger er fremkommet ved efterundersøgelser af patienter, der har fået røntgenbehandling eller lokal radiumbehandling. Spørgsmålet er her hjemme rejst 1941 af Engelbreth-Holm, men de store værdifulde serier er først kommet i de seneste år.

Børn vokser, og derfor er deres celler i livlig vækst og deling. Det var derfor nærliggende at tro, at bestråling af barnet lettere måtte give følger. 1955 studerede Simpson og Hempelman tilstanden efter røntgenbehandling af brisselen hos den spæde, en behandling der gennem en årrække har været benyttet specielt i U.S.A., næppe her hjemme. I de år, der fulgte behandlingen, udviklede der sig et større antal kræftsvulster i skjoldbruskkirtlen og et større antal leukæmier end ventet.

Ejendommeligt nok er der ikke fuld enighed, om der kommer flere leukæmier efter denne behandling, når man undersøger børn behandlet andetsteds, men det kan jo skyldes variationer i behandlingsmåden.

1957 fremlagde Court-Brown og Doll en serie på 13.350 patienter, røntgenbehandlet for en særlig gigtlidelse med ganske høje doser. Af disse patienter havde 46 fået leukæmi i modsætning til 2,9 forventede tilfælde, og af disse havde 30 akut leukæmi. På basis af dette materiale beregnedes forholdet mellem stråledosis og leukæmirisiko, og resultatet blev, at mellem 30 og 50 røntgen fordelt til hele knoglemarven skulle give en fordobling af den leukæmihypothese, man måtte vente efter de almindelige dødelighedsstatistikker.

I en samtidig undersøgelse her i landet er spørgsmålet belyst ved en undersøgelse af alle i en årrække anmeldte tilfælde af leukæmi på basis af oplysninger venligst stillet til rådighed

af Cancerregistret. Heriblandt var ca. 100 tidligere røntgenbehandlede patienter, der senere fik leukæmi. Det blev først iagttaget, at den kroniske lymfatiske leukæmi ikke fremkaldes af bestråling, da hyppigheden såvel for røntgenbehandling som røntgenundersøgelse forud for denne sygdom svarede til, hvad der var at finde i den almindelige befolkning. Dernæst fandtes en forøgelse af de leukæmitilfælde, som kunne tilskrives bestrålingen. Denne forøgelse omfattede såvel den akutte som den kroniske myeloide leukæmi.

B 3. Interessen har naturligvis også samlet sig om de små stråledoser. Det har desværre vist sig meget vanskeligt at fremskaffe pålidelige oplysninger i dette dosisområde på grund af den svage virkning. For at påvise, at der kan opstå leukæmi efter en gennemsnitsudsættelse på 1 r, må kræves oplysninger fra en befolkningsgruppe på 4—6 millioner personer. Alene dette gør, at oplysningerne må være mangelfulde.

Også ved studiet af de lave doser må forholdene hos børn og voksne diskuteres som adskilte problemer.

Børnene har man som tidligere omtalt anset for at repræsentere en særlig følsom gruppe. Om dette synspunkt er korrekt, når vi interesserer os for de hvide blodlegemer, er ikke overbevisende rigtigt, idet disse celler hele livet igennem deler sig med en stor og så vidt vides uforandret hastighed. Et andet forhold gør imidlertid børnene interessante. Man har her en mulighed for at iagttage følger af bestråling af forældre før undfangelsen, af bestråling i svangerskabet og bestråling af barnet selv efter fødslen.

Ingen af de undersøgelser, der foreligger, giver det ringeste holdepunkt for, at bestråling af forældre kan have nogen indflydelse på opståelsen af leukæmi.

Går vi over til bestråling i moders liv, møder vi voldsomme uoverensstemmelser. Den første engelske undersøgelse over dette forhold viste tilsyneladende klart, at børn, der var født af mødre, der havde fået foretaget en røntgenundersøgelse i svangerskabet, hvor barnet kunne være ramt af strålerne, havde ca. 2 gange så stor risiko for at få leukæmi som andre børn. Denne vigtige undersøgelse er gentaget flere gange siden, også i Danmark, altid med et resultat, der afveg fra den omtalte undersøgelse. Fra England kommer således den stærkest afvigende undersøgelse over ca. 40.000 børn,

hvis mødre var røntgenundersøgt på denne måde. Der kan ventes 10 leukæmier blandt disse børn, efter hvad man vidste fra den samlede befolkning, og der opstod 9. På lignende måde fandt man her i landet 7 børn bestrålet på denne måde blandt 465 leukæmibørn mod 6 blandt 465 kontrolbørn, altså ingen forskel. Svaret hænger derfor i luften men er sandsynligvis negativt.

Går vi over til bestrålingen af børnene selv, synes de meget lidet modtagelige. I det engelske materiale fandtes ingen overbestråling hos leukæmibørnene, og i det danske materiale var dette heller ikke tilfældet.

Som helhed må man altså sige, at der ikke er tale om en særlig voldsom strålefølsomhed i børnenes knoglemarv. Det synes snarere, som om det er de gamle, der rammes.

Leukæmi efter en svag diagnostik-bestråling af voksne er meget lidt belyst i verdenslitteraturen. Det har i reglen været umuligt at fremskaffe pålidelige oplysninger om tidligere bestråling, da opsporing af disse oplysninger kun er mulig få steder. Danmark hører til et af de få lande, der er egnet til et sådant forsøg.

Resultatet af undersøgelserne her i landet er mangelfulde, men synes trods alt at give en tilnærmelse til virkeligheden, og det ser ud til, at de kan bekræftes fra England. I denne undersøgelse optræder den kronisk lymfatiske form atter uafhængig af bestråling. Såvel den kronisk myeloide som den akutte leukæmi fremviser flere bestrålede individer end et kontrolmateriale, og dette må tages som tegn på, at disse to sidste former kan fremkaldes af bestråling.

Nu viser det sig, at den måde, hvorpå de to typer fordeler sig op gennem årene, er ret forskellig. Det synes, som om den kronisk myeloide leukæmi kan fremkaldes i alle aldre og nærmest med den samme procentvise hyppighed blandt de bestrålede uafhængigt af alderstrinnet. Ved den akutte leukæmi tiltager hyppigheden af tidligere røntgenbestråling i udpræget grad op gennem årene med et maximum ved ca. 60 år.

Til beskrivelsen af strålefremkaldte leukæmier hører et skøn over, hvorvidt der findes en »tærskel« for leukæmiudviklingen. At der findes en tærskel vil sige, at helt små stråledoser er ude af stand til at fremkalde en leukæmi. Tærsklen er så den laveste dosis, hvor dette kan ske, og må hænge intimt sammen med sygdommens egentlige årsag.

Vor rent talmæssige viden kan desværre ikke belyse, om en sådan tærskel forefindes. Under henvisning til de synspunkter, der blev fremhævet, da sygdommen blev beskrevet, må vi dog formode, at den kronisk myeloide leukæmi ikke viser noget tærskelfænomen. Det kendes så vidt vides ikke fra beslægtede forandringer i arvegangen. Derimod forekommer det sandsynligt, at den akutte leukæmi kan frembyde et tærskelfænomen.

De mange undersøgelser af patientgrupper sammenlignet med erfaringerne fra Japan og i nogen grad fra de danske leukæmipatienter tyder på, at akut leukæmi kun i beskeden grad fremkaldes af stråler alene. Først når en anden faktor er til stede, opstår leukæmien. Denne faktor kunne være et virus, da hyppigheden af dens tilstedeværelse øges med alder og efter gentagne hospitalsophold. Det synes dog, som om en tidligere bestråling øger hyppigheden af akut leukæmi også hos normale, men først efter op mod 10 år.

Vi må derfor også vurdere den tid, det tager efter en bestråling, inden leukæmien viser sig, den såkaldte latenstid, og specielt spørge, om den har en øvre grænse, hvorefter man kan regne med, at der ikke mere er en risiko for leukæmi.

Meget tyder på, at en sådan findes ved den kronisk myeloide leukæmi, men sikkert først efter 10—14 år. Ved den akutte leukæmi har vi ikke anvendelige oplysninger herom, selv om mange iagttagelser tyder på en lignende opførsel.

Det er vanskeligt at vurdere, hvad de her gennemførte betragtninger vil betyde for det antal leukæmier, der opstår i tilslutning til en atombombebegivenhed. Regner vi med, at leukæmierne i Japan udgør ca. 250/million mennesker/år blandt de overlevende inden for de inderste 2000 meter, og at dette tal er uafhængigt af de bestråledes alder og udgøres af halvdelen kronisk myeloid og halvdelen akut leukæmi, har vi et vistnok acceptabelt overslag. Det bedste dosisskøn er så, at 1 rad giver 1 tilfælde pr. million pr. år.

Når dette skøn skal anvendes på de stråledoser, vi træffer efter knogleaflejring af Sr^{90} fra nedfaldet, bliver skønnet vanskeligt at gennemføre.

Regner vi med de af de forenede nationers videnskabelige komité's tal for stråledosis til knoglemarven under forudsætning af, at bombesprængningerne fortsætter, skulle det dreje

sig om 2,8 rad fordelt over 70 år. Da halvdelen af leukæmierne er uden tærskel, men med en maximal latenstid på under 15 år, må vi regne med en betydende knoglemarvsdosis på ca. 0,3 rad, hvad der i en befolkning på 4,5 millioner vil betyde godt ét tilfælde af kronisk leukæmi ud over de 30—40 tilfælde, der indtræder årligt i denne undergruppe af leukæmierne.

At vurdere betydningen af de samme ca. 0,3 rad på udviklingen af akut leukæmi er helt gæsteri. Det største tal ligger op mod det samme ca. 1 tilfælde, men det er ikke urimeligt at antage, at der slet ikke kommer noget tilskud til de ca. 70 tilfælde, der indtræder hos voksne om året, navnlig ikke hvis man tager hensyn til det sandsynlige i, at der findes en tærskelværdi, hvad der er helt afgørende, når stråledosis fordeles ret jævnt over årene, samt når der tages

hensyn til det dyreeksperimentelle forhold, at Sr^{90} ikke kan forøge antallet af virusafhængige museleukæmier.

Sammenligner man med de tal, de nordiske sundhedsstyrelser har offentliggjort, på ca. 10 M rem pr. år, bliver resultatet en halvering, hvis tilførslen af fissionsprodukter fortsætter, og skulle tilførslen ophøre, vil det være tvivlsomt, om man kan tale om eksistensen af bare ét tilfælde inden for en befolkning af Danmarks størrelse.

Værdien af sådanne beregninger må vurderes i forhold til den stadig flydende viden om leukæmierne og deres udvikling. Det her fremsatte skema kan derfor kun betragtes som en øjeblikkelig vurdering på basis af nutidens viden og må tages op til ny vurdering måske om meget kort tid.

NIELS BOHR:

Åbent brev af 9. juni 1950 til De Forenede Nationer

Jeg henvender mig til den organisation, som er oprettet for at fremme samarbejdet mellem nationer vedrørende alle forhold af fælles interesse, med nogle betragtninger angående den tilpasning af nationernes indbyrdes forhold, der kræves af vor tids store udvikling på videnskabens og teknikkens område. Samtidig med at denne udvikling rummer rige løfter om forbedring af folkenes levevilkår, har den, ved at give menneskene stadig frygteligere ødelæggelsesmidler i hænde, stillet vor hele civilisation på den alvorligste prøve.

Min tilknytning under krigen til det amerikansk-britiske atomenergiprojekt gav mig lejlighed til over for de pågældende regeringer at fremlægge synspunkter vedrørende de håb og de farer, som projektets gennemførelse måtte indebære med hensyn til nationernes indbyrdes forhold. Så længe der endnu var mulighed for umiddelbare resultater af forhandlingerne inden for De Forenede Nationers Organisation om en for alle betryggende ordening vedrørende udnyttelsen af atomenergien, har jeg ment at burde holde mig tilbage fra deltagelse i den offentlige diskussion om dette spørgsmål. I den nuværende kritiske situation har jeg imidlertid følt, at en redegørelse for mine synspunkter og erfaringer måske kunne bidrage til fornyet diskussion om denne sag, der har en så indgribende betydning for forholdet mellem nationerne.

Når jeg hermed fremlægger synspunkter, der på et tidligt tidspunkt påtrængte sig en videnskabsmand, som havde lejlighed til at følge udviklingen på nært hold, handler jeg udelukkende på eget ansvar og uden forudgående rådslagning med noget lands regering. Formålet med denne beretning og de tilsluttende betragtninger er at pege på de enestående muligheder for at fremme forståelse og samarbejde mellem

nationerne, skabt ved den overordentlige udvikling af menneskenes hjælpemidler, som videnskabens fremskridt har bragt med sig, og at fremhæve, at disse muligheder trods hidtidige skuffelser stadig består, og at alt håb og alle kræfter må samles om deres virkeliggørelse.

For vor tids rivende videnskabelige udvikling og især for den eventyrlige udforskning af atomernes egenskaber og opbygning har et internationalt samarbejde af hidtil ukendt omfang været af afgørende betydning. Den frugtbare udveksling af erfaringer og tanker mellem videnskabsmænd fra alle dele af verden var for enhver af deltagerne en rig kilde til opmuntring og styrkede håbet om, at en stadig nærmere forbindelse mellem nationerne ville gøre det muligt for dem at samarbejde på civilisationens fremskridt på alle områder.

Dog kunne ingen, der var stillet over for den indbyrdes afvigende kulturelle tradition og sociale organisation i de forskellige lande, undgå at få et dybt indtryk af vanskelighederne ved at finde frem til et fælles syn på mange menneskelige spørgsmål. Den voksende spænding, der gik forud for den anden verdenskrig, skærpede disse vanskeligheder og skabte mange hindringer for det frie samkvem mellem nationerne. Ikke desto mindre vedblev internationalt videnskabeligt samarbejde at være en afgørende faktor i den udvikling, som kort før krigens udbrud åbnede udsigten til i stor målestok at frigøre den i atomerne bundne energi.

Frygten for at blive ladet tilbage i kapløbet var i forskellige lande en stærk tilskyndelse til i hemmelighed at udforske muligheden for at udnytte sådanne energikilder for krigsmæssige formål. Det fælles amerikansk-engelske atomprojekt forblev ukendt for mig, indtil jeg, efter at være flygtet fra det besatte Danmark i efteråret 1943, kom til England på den britiske re-

gerings indbydelse og blev indviet i det store foretagende, som allerede da befandt sig på et fremskredent stadium.

Enhver, der var knyttet til atomenergiprojektet, var sig naturligvis bevidst, hvor alvorlige problemer menneskeheden ville blive stillet overfor, så snart foretagendet var fuldført. Helt bortset fra den rolle, atomvåbnet kunne komme til at spille i krigen, var det klart, at vedvarende alvorlige farer for verdenssikkerheden ville opstå, medmindre man kunne opnå almindelig enighed om gennemførelse af forholdsregler til at forhindre misbrug af de nye frygtelige ødelæggelsesmidler.

Med hensyn til dette altovervejende spørgsmål forekom det mig, at selve nødvendigheden af fælles bestræbelser for at afværge sådanne skæbnesvangre trusler mod civilisationen ville frembyde ganske enestående muligheder for at slå bro mellem nationernes forskellige indstillinger. Frem for alt burde rådslagninger på et tidligt tidspunkt mellem de i krigen forbundne nationer om de bedste midler til i forening at opnå fremtidig sikkerhed på afgørende måde bidrage til at skabe den atmosfære af gensidig tillid, som ville være uundværlig for samarbejdet på mange andre områder af fælles interesse.

I begyndelsen af 1944 havde jeg lejlighed til at forelægge sådanne synspunkter for den amerikanske og britiske regering. Med henblik på international forståelse tør det være af betydning at gengive nogle af de tanker, som på det tidspunkt var genstand for alvorlige overvejelser. For dette formåls skyld skal jeg bringe uddrag af et memorandum, som jeg forelagde præsident Roosevelt som grundlag for en længere samtale, han tilstod mig i august 1944. Foruden en oversigt over det nu almindelig kendte videnskabelige grundlag for atomenergiprojektet indeholdt dette memorandum, dateret den 3. juli 1944, følgende afsnit angående de følger, som projektets gennemførelse kunne få i politisk henseende:

»Der er næppe nogen, hvis fantasi formår at overskue de følger, som atomprojektet vil få i de kommende år, hvor i det lange løb de enorme energikilder, som vil stå til rådighed, kan forventes at revolutionere industrien og transportmidlerne. Den umiddelbart overvejende omstændighed er imidlertid, at et våben af enestående styrke, som fuldstændig vil ændre alle fremtidige betingelser for krigsførelse, er i færd med at blive skabt.

Helt bortset fra spørgsmålet om, hvor snart våbnet vil være færdigt til brug, og hvilken rolle det vil komme til at spille i den nuværende krig, rejser situationen en række problemer af yderst påtrængende karakter. Medmindre der i rette tid kan opnås overenskomster angående en kontrol af brugen af de nye aktive stoffer, kan enhver nok så stor øjeblikkelig fordel ikke opveje bestandige trusler mod menneskehedens sikkerhed.

Lige siden mulighederne for at frigøre atomenergi i stor målestok øjnedes, har man naturligvis ofret mange tanker på spørgsmålet om kontrol, men jo mere udforskningen af de pågældende videnskabelige problemer skrider frem, desto klarere bliver det, at ingen forholdsregler af sædvanlig art vil være tilstrækkelige for formålet, og at de forfærdende udsigter for et fremtidigt kapløb mellem nationerne om et våben af så frygtelig karakter kun kan undgås ved en almen overenskomst i virkelig tillid.

I denne sammenhæng er det frem for alt af betydning, at foretagendet, så vældigt det end er, alligevel har vist sig langt mindre end det kunne forudses, og at der under arbejdets fremadskriden stadig har åbnet sig nye muligheder for at lette fremstillingen af de aktive stoffer og forstærke deres virkninger.

Forebyggelsen af et i hemmelighed stedfindende kapløb vil derfor kræve sådanne indrømmelser vedrørende udveksling af oplysninger og en åbenhed angående industrielle foretagender, indbefattet militære forberedelser, som næppe ville være tænkelig, medmindre samtidig alle parter til gengæld kunne tilsikres en garanti om fælles sikkerhed mod overhængende farer af hidtil ukendt art.

En gennemførelse af effektive kontrolforanstaltninger vil naturligvis rumme indviklede tekniske og administrative problemer, men hovedsagen er, at atomprojektets fuldendelse ikke alene skulle kræve men tillige, som følge af den påtrængende nødvendighed af gensidig tillid, lette en ny stillingtagen til spørgsmålet om nationernes indbyrdes forhold.

Det nuværende tidspunkt, hvor næsten alle nationer er indviklet i en dødelig kamp for frihed og menneskelighed, kunne i første øjeblik synes at være lidet egnet til bindende overenskomster angående projektet. Ikke blot er de angribende magter stadig i besiddelse af stor militær styrke, omend deres oprindelige planer om et verdensherredømme er blevet tilintetgjort, og det står klart, at de tilsidst må over-

give sig, men selv når dette er sket, vil de i kampen forenede nationer kunne komme ud for alvorlige uoverensstemmelser som følge af modstridende indstilling til sociale og økonomiske problemer.

Ved nærmere eftertanke synes det dog, at netop under disse forhold vil de muligheder for at fremkalde tillid, som projektet indebærer, kunne få den største betydning. Ydermere skulle den øjeblikkelige situation i flere henseender frembyde helt enestående muligheder, som kunne forspildes ved en udsættelse under afventning af krigens videre forløb og det nye våbens endelige fuldførelse.«

»I betragtning af disse omstændigheder skulle den nuværende situation byde den gunstigste lejlighed for et tidligt initiativ fra den side, i hvis lod det er faldet at opnå et forspring i forsøget på en beherskelse af de mægtige naturkræfter, der hidtil har ligget uden for menneskers rækkevidde.

Uden at forringe projektets betydning for umiddelbare militære formål ville et initiativ med den hensigt at forebygge en skæbnesvanger kappestrid om det frygtelige våben tjene til at fjerne enhver grund til mistillid mellem de magter, af hvis harmoniske samarbejde kommende generationers skæbne vil afhænge.

Først når spørgsmålet om, hvilke indrømmelser de forskellige magter er rede til at gøre som deres bidrag til fyldestgørende kontrolforanstaltninger, er taget op mellem de allierede nationer, vil det være muligt for enhver af parterne at overbevise sig om oprigtigheden af de andres hensigter.

Naturligvis kan kun de ansvarlige statsmænd have indsigt i de foreliggende politiske muligheder. En yderst gunstig omstændighed synes det imidlertid at være, at de forventninger om et fremtidigt harmonisk mellemfolkeligt samarbejde, som har fundet enstemmig udtryk fra alle sider inden for de allierede nationer, så godt svarer til den enestående lejlighed, der uden for offentlighedens kendskab er blevet skabt gennem videnskabens fremskridt.

Mange grunde synes at berettige til den overbevisning, at en henvendelse med det formål at skabe fælles sikkerhed mod ildevarslenes trusler, uden at udelukke noget folk fra deltagelse i den lovende industrielle udvikling, som projektets fuldførelse indebærer, vil blive hilst velkommen og besvaret med et loyalt samarbejde til gennemførelse af de nødvendige vidtgående kontrolforanstaltninger.

Netop i den sidste henseende kan hjælp og støtte måske findes i det verdensomspændende videnskabelige samarbejde, som gennem årene har givet så rige løfter for fælles menneskelig stræben. På denne baggrund turde personlige forbindelser mellem videnskabsmænd fra forskellige lande åbne vej for indledende og uforbindende kontakt.

Det er næppe nødvendigt at tilføje, at ingen sådanne bemærkninger eller forslag rummer nogen undervurdering af vanskelighederne af de særegne skridt, som måtte tages af statsmændene for at opnå en for alle tilfredsstillende ordening, men ene og alene har til hensigt at pege på nogle sider af situationen, som kunne lette bestræbelserne for, at projektet må blive til varig gavn for den fælles sag.«

Den hemmelighedsfuldhed, som omgav projektet, og som hindrede offentligt kendskab til og åben diskussion om et spørgsmål af så gennemgribende indflydelse på internationale forhold, måtte naturligvis yderligere vanskeliggøre statsmændenes opgave. Med fuld forståelse af den usædvanlige karakter af de beslutninger det foreslåede initiativ ville indebære, forekom det mig alligevel, at man ville gå glip af store muligheder, medmindre de spørgsmål, som atomprojektet havde rejst, blev taget med i de allierede nationers planer for efterkrigstiden.

Dette synspunkt blev udarbejdet i et supplerende memorandum, hvori også de med kontrolforanstaltninger forbundne tekniske spørgsmål blev nærmere diskuteret. I særdeleshed forsøgte jeg at understrege, at netop den gensidige åbenhed, som nu var klart nødvendig for fælles sikkerhed, i sig selv ville fremme international forståelse og bane vejen for varigt samarbejde. Foruden bemærkninger, der ikke mere er af interesse, indeholdt dette memorandum af 24. marts 1945 følgende afsnit:

»Frem for alt må det forstås, at vi kun finder os i begyndelsen af en udvikling, og at der sandsynligvis i meget nær fremtid vil blive fundet midler til at forenkle metoderne til fremstilling af de aktive stoffer og at forstærke deres virkninger i en grad, der vil tillade enhver nation, som er i besiddelse af store industrielle hjulpekilder, at råde over ødelæggelsesmidler, der overgår alt, hvad man tidligere har kunnet forestille sig.

Menneskeheden vil derfor være stillet over for farer af hidtil ukendt karakter, medmindre der i tide kan tages forholdsregler til forebyggelsen af en skæbnesvanger kappestrid om så-

danne frygtelige rustninger og til oprettelsen af en international kontrol med fremstillingen og anvendelsen af de farlige stoffer.

Enhver ordning, som kan frembyde sikkerhed imod hemmelige forberedelser til benyttelse af de nye ødelæggelsesmidler, ville, som fremhævet i det nævnte memorandum, kræve overordentlige foranstaltninger. Således ville ikke alene almindelig adgang til fuldstændig oplysning om videnskabelige opdagelser være nødvendig, men tillige måtte ethvert større teknisk foretagende af industriel såvel som militær art, være tilgængelig for international kontrol.

I denne forbindelse er det af betydning, at den særlige karakter af den store indsats, der, uanset mulige tekniske forbedringer, kræves til fremstillingen af de aktive substanser og de specielle betingelser, der gælder for deres brug som farlige sprængstoffer, i høj grad vil lette en kontrol og sikre dens effektivitet, dersom blot retten til tilsyn er garanteret.

Det vil være nødvendigt med bistand af videnskabsmænd og teknikere, udnævnt af de interesserede regeringer, i enkeltheder at udarbejde forslag til en effektiv kontrol, og det måtte pålægges et stående sagkyndigt udvalg, knyttet til en international sikkerhedsorganisation, at holde sig underrettet om nye videnskabelige og tekniske fremskridt og at anbefale passende ændringer af kontrolforanstaltningerne.

Efter indstilling fra det tekniske udvalg ville organisationen være i stand til at træffe afgørelse om de betingelser, under hvilke industriel udnyttelse af atomenergikilder kunne tillades, med passende forholdsregler for at forhindre at aktive materialer bliver samlet i eksplosiv tilstand.«

»Som fremhævet i det tidligere memorandum, synes det yderst heldigt, at de forholdsregler, der kræves for at imødekomme den nye situation, som er opstået gennem videnskabens fremskridt, og som menneskehedens er stillet overfor på et for verden så kritisk tidspunkt, stemmer så godt med de forventninger om et fremtidigt nært internationalt samarbejde, som har fundet enstemmig udtryk fra alle sider inden for de mod voldeligt angreb forenede nationer.

Endvidere skulle selve situationens nye karakter frembyde enestående muligheder for at påkalde en fordomsfri indstilling, og det synes endda, at en forståelse angående denne livsvigtige sag på gavnligste måde kunne bidrage til overenskomst om andre spørgsmål, for hvil-

ke historie og traditioner har frembragt afvigende synspunkter.

Hvad sådanne videre perspektiver angår, synes det i særdeleshed, at den for fælles sikkerhed nødvendige fri adgang til oplysning skulle have vidtrækkende virkninger med hensyn til fjernelsen af hindringer, der står i vejen for det gensidige kendskab til kulturelle og materielle sider af livet i de forskellige lande, uden hvilket velvilje og agtelse nationerne imellem næppe kan bestå.

Deltagelse i en udvikling, som i vid udstrækning er blevet indledt gennem internationalt videnskabeligt samarbejde, og som rummer overordentlige muligheder med hensyn til forbedring af menneskehedens levevilkår, ville også forstærke de nære bånd, der i årene før krigen blev knyttet mellem videnskabsmænd fra de forskellige nationer. I den nuværende situation kan disse bånd blive af særlig hjælp i forbindelse med forhandlingerne mellem de pågældende regeringer og oprettelsen af kontrollen.

I de indledende forhandlinger mellem regeringerne, med den hovedhensigt at vække tillid og formindske ængstelse, skulle det kun være nødvendigt at fremdrage spørgsmålet om, hvilken holdning hver af parterne ville indtage, dersom de udsigter, som den fysiske videnskabs fremskridt har åbnet, og som i hovedtræk er almen kendt, skulle blive virkeliggjort i en udstrækning, der ville nødvendiggøre overordentlige internationale forholdsregler.«

»I betragtning af alle omstændigheder synes det, at en forståelse næppe kan udeblive, når alle parter har haft frist til at overveje de følger, som et afslag af indbydelsen til samarbejde vil medføre, og til at overbevise sig om fordelene ved en ordning, der garanterer fælles sikkerhed uden at udelukke nogen fra deltagelsen i den lovende udnyttelse af de nye kilder til materiel fremgang.

Alle sådanne muligheder kan imidlertid forspildes, hvis der ikke tages initiativ, medens sagen kan rejses i venskabelig rådslagnings ånd. En udsættelse for at afvente den videre udvikling vil, især hvis forberedelser til konkurrerende bestræbelser i mellemtiden skulle have nået et fremskredent stadium, kunne give henvendelsen udseende af et forsøg på at udøve tvang, hvilket ingen stor nation kan forventes at ville affinde sig med.«

»Det er næppe nødvendigt at understrege, hvor lykkeligt det i enhver henseende ville væ-

re, dersom verden, samtidig med at den vil få kendskab om de frygtelige ødelæggelsesmidler, der er kommet menneskene i hænde, kunne få meddelelse om, at det store videnskabelige og tekniske fremskridt har bidraget til at skabe et fast grundlag for et fremtidigt fredeligt samarbejde mellem folkeslagene.«

Når jeg ser tilbage på de dage, er det vanskeligt for mig tilstrækkeligt levende at beskrive det inderlige håb, at videnskabens store fremskridt måtte indlede en ny æra med harmonisk samarbejde mellem nationerne, og ængstelserne for, at nogen lejlighed til fremme af en sådan udvikling skulle forspildes.

Lige op til krigen afslutning benyttede jeg enhver vej, der stod åben for en videnskabsmand, til at fremhæve vigtigheden af, at atomprojektets politiske følger på det nøjeste overvejedes, og at tilråde, at der, førend der kunne blive spørgsmål om benyttelse af atomvåben, indlededes et internationalt samarbejde for at afværge de nye farer for verdens sikkerhed.

Jeg forlod Amerika i juni 1945 før den endelige prøve af atombomben og forblev i England indtil den officielle kundgørelse i august 1945 om at våbnet var bragt i anvendelse. Kort derefter vendte jeg tilbage til Danmark og har siden ingen forbindelse haft med noget hemmeligt, militært eller industrielt, foretagende på atomenergiens område.

Da krigen var endt og de store trusler om undertrykkelse af så mange folkeslag forsvundet, følte overalt i verden en umådelig befrielse. Ikke desto mindre rummede den politiske situation mørke varsler. Den forskellige indstilling hos de sejrende nationer kunne ikke undgå at skærpe de uoverensstemmelser, som kom frem i forbindelse med fredsordningen. I modsætning til de håb om fremtidigt frugtbart samarbejde, der var kommet til udtryk fra alle sider og nedlagt i De Forenede Nationers Charta, kom manglende gensidig tillid snart for dagen.

Skabelsen af nye skranker mellem landene, der hindrede fri udveksling af oplysninger, øgede yderligere mistillid og ængstelse. På videnskabens område, især inden for atomfysikken, hindrede den fortsatte hemmeligholdelse og de foranstaltninger man anså for nødvendige af sikkerhedshensyn det internationale samarbejde i en udstrækning, som spaltede videnskabsmændenes verdenssamfund i adskilte lejre.

Til trods for alle bestræbelser har forhandlingerne inden for De Forenede Nationer hidtil ikke ført til overenskomst angående forholdsregler til udelukkelse af faren ved atomrustninger. Disse forhandlingers ufrugtbarhed gjorde det måske mere end noget andet klart, at konstruktiv indstilling til en sådan livsvigtig sag af fælles interesse ville kræve en atmosfære af større gensidig tillid.

Uden fri adgang til enhver oplysning af betydning for samlivet mellem nationerne var en virkelig forbedring af verdensforholdene næppe tænkelig. Ganske vist måtte enhver international orden vedrørende atomenergien medføre en vis grad af gensidig åbenhed, men det blev mere og mere klart, at der, for at bane vej for overenskomst om en sådan orden, krævedes et afgørende første skridt henimod større åbenhed.

En åben verden med fælles kendskab til sociale forhold og tekniske foretagender i alle lande, indbefattet militære foranstaltninger, kunne synes en fjern mulighed i den foreliggende verdenssituation. Alligevel vil ikke alene et sådant forhold mellem nationerne være påkrævet for sandt samarbejde på civilisationens fremskridt, men allerede en fælles erklæring om tilslutning til et sådant mål turde skabe en gunstig baggrund for fælles bestræbelser til fremme af alles sikkerhed. Endvidere forekom det mig, at de lande, der havde ført an i den nye tekniske udvikling, som følge af muligheden for at tilbyde værdifulde oplysninger, var bedst i stand til at tage initiativet ved et direkte forslag om fuldstændig gensidig åbenhed.

Jeg mente, at det var rigtigt at henlede den amerikanske regerings opmærksomhed på disse synspunkter uden at rejse en offentlig diskussion om de vanskelige spørgsmål. I forbindelse med besøg i De Forenede Stater i 1946 og 1948 for at deltage i videnskabelige møder benyttede jeg mig derfor af lejligheden til over for amerikanske statsmænd at foreslå et sådant initiativ. Selv om det medfører gentagelse af argumenter, der allerede er omtalt, turde det bidrage til at give klarere indtryk af de tanker, der var genstand for diskussion ved disse lejligheder, at gengive et memorandum af 17. maj 1948, som jeg forelagde den amerikanske udenrigsminister som grundlag for samtaler i Washington i juni 1948:

»De dybtgående forskelle i indstillingen over for mange menneskelige forhold, som er udsprunget af de sidste årtiers sociale og politi-

ske udvikling, måtte nødvendigvis efter afslutningen af den anden verdenskrig medføre en alvorlig belastning af internationale forbindelser. Medens de fælles forsvarsbestrebelse i stor udstrækning afledede opmærksomheden fra sådanne forskelle, så længe krigen varede, var det klart, at opfyldelsen af de håb om et oprigtigt og tillidsfuldt samarbejde, som alle de mod det voldelige angreb forenede nationer havde givet udtryk for, ville kræve et helt nyt syn på nationernes indbyrdes forhold.

Nødvendigheden af fornyet tilpasning af sådanne forhold blev yderligere understreget af den store videnskabelige og tekniske udvikling, som indebærer så rige løfter for forbedring af menneskehedens kår, men som samtidig har lagt frygtelige ødelæggelsesmidler i menneskenes hænder. Ligesom tidligere tekniske fremskridt har medført erkendelsen af nødvendigheden for tilpasninger inden for de civiliserede samfund, vil nu mange af de skranker mellem nationerne, som hidtil har været anset for uundværlige for beskyttelsen af nationale interesser, stå klart i vejen for den fælles sikkerhed.

Den omstændighed, at denne krise for civilisationen stiller nationerne over for spørgsmål af dybeste fælles interesse, skulle frembyde en enestående lejlighed til at søge fortsat samarbejde på livsvigtige områder. Det føltes derfor allerede under krigen, at et for den senere udvikling gunstigt grundlag kunne skabes ved et tidligt initiativ med det formål for øje at påkalde tillid ved at gøre alle parter klare over den faktiske situation, de ville komme i, og ved at forsikre dem om beredvillighed til at deltage i de vidtgående indrømmelser angående tilvante nationale rettigheder, som ville blive afkrævet alle.

I de år, der er forløbet siden krigen, er forskellene i anskuelserne kommet stadig klarere for dagen, og et særligt nedslående træk i den nuværende situation er den udstrækning, i hvilken hindringer for samkvemmet har medført forvrængninger af kendsgerninger og bevæggrunde med deraf resulterende svigtende tillid og stadig voksende mistænksomhed mellem nationerne og endda mellem grupper inden for de enkelte nationer. Under disse forhold har de håb, der var knyttet til oprettelsen af De Forenede Nationers organisation, gang på gang mødt store skuffelser, og i særdeleshed har det ikke vist sig muligt at opnå enighed om en kontrol med atomoprustning.

I denne situation, hvor kløften mellem natio-

nerne uddybes, og ængstelsen for fremtiden breder sig, vil der til en drejning af begivenhedernes gang øjensynligt kræves, at der rejses en stor sag, der er egnet til at appellere til menneskehedens højeste idealer.

Her synes det, at baggrunden for en sådan sag måtte være kravet om en åben verden med uhindrede muligheder for fælles oplysning og gensidig forståelse. Det er klart, at velvilje og agtelse nationerne imellem ikke kan bestå uden fri adgang til oplysning om alle sider af livet i samtlige lande.

Endvidere har de til den tekniske udvikling knyttede håb og farer på det kraftigste understreget nødvendigheden af afgørende skridt henimod åbenhed som en hovedforudsætning for civilisationens fremskridt og beskyttelse. En sådan erkendelse har jo allerede ligget til grund for de forslag til en ordning af samarbejdet angående udviklingen af de nye hjælpemidler, som er blevet forelagt De Forenede Nationers Atomenergi-Kommission, men netop vanskelighederne ved at opnå enighed under den nuværende verdenssituation peger på nødvendigheden af at koncentrere bestræbelserne mere direkte omkring spørgsmålet om åbenhed.

Under disse omstændigheder forekommer det mig, at man på det omhyggeligste burde overveje konsekvenserne af et tilbud, fremsat ved en velvalgt lejlighed, om øjeblikkelige forholdsregler henimod åbenhed på gensidigt grundlag. Sådanne forholdsregler skulle på en eller anden passende måde give adgang til oplysninger af enhver ønskelig art angående forholdene og udviklingen i de forskellige lande og skulle derved tillade parterne at danne sig et sandt billede af den situation, de befinder sig i.

Et initiativ efter sådanne retningslinier kunne synes at ligge uden for grænserne for sædvanlig diplomatisk forsigtighed; alligevel må det ses på den baggrund, at der, hvis forslagene skulle blive tiltrådt, ville være tilvejebragt en afgørende forbedring af verdenssituationen, med helt nye muligheder for samarbejde i tillid og for opnåelse af enighed angående effektive forholdsregler til at undgå fælles farer.

Vanskeligheder for opnåelse af samtykke skulle heller ikke frembyde et argument imod et sådant initiativ, idet, uanset det umiddelbare svar, selve tilstedeværelsen af et tilbud af den omhandlede art ville have dyb indvirkning på situationen i mest lovende retning. Der ville nemlig over for verden være givet et bevis på beredthed til at leve sammen med alle andre

under vilkår, hvor gensidigt forhold og fælles skæbne kun ville blive formet ved hæderlig overbevisning og godt eksempel.

Et sådant standpunkt ville mere end noget andet appellere til de mennesker, der verden over kæmper for grundlæggende menneskelige rettigheder, og ville være en kraftig støtte for alle tilhængere af sandt mellemfolkeligt samarbejde. Samtidig ville de, der tøvede med at slå ind på den foreslåede linie, være bragt i en stilling, som ville være vanskelig at opretholde, siden sådan modstræben ville være ensbetydende med mangel på tillid til styrken af egen sag, når den blev lagt åben for verden.

Alt i alt synes det, at hvis kravet om åbenhed gøres til den altovervejende sag, vil der skabes helt nye muligheder, som udnyttet på formålstjenlig måde kunne bringe menneskeheden fremad mod virkeliggørelsen af det samarbejde for civilisationens fremskridt, som til trods for øjeblikkelige vanskeligheder stadig turde være inden for nærmere rækkevidde end nogen sinde før.«

Betragtningerne i dette memorandum kunne forekomme utopiske, og vanskelighederne ved at overskue komplikationerne ved en usædvanlig fremgangsmåde kan forklare, at regeringer har tøvet med at give udtryk for tilslutning til fuld gensidig åbenhed. Ikke desto mindre turde sådan åbenhed være af den dybeste betydning for alle nationer uanset forskelle med hensyn til social og økonomisk organisation, og de mål at stræbe efter og de håb, som det i det anførte memorandum var søgt at give udtryk for, deles uden tvivl af mennesker verden over.

Medens den foreliggende beretning måske kan bidrage til en mere almindelig erkendelse af vanskelighederne for enhver nation ved samtidig at være stillet over for en stor omvæltning i verden og en gennemgribende ændring af de tekniske hjælpemidler, er det imidlertid på ingen måde hensigten at give indtryk af, at situationen ikke stadig skulle rumme ganske enestående muligheder. Tværtimod er det formålet at fremhæve nødvendigheden af påny fra alle sider at efterforske veje og midler til i fællesskab at afværge dødelige farer for civilisationen og at sikre, at videnskabens fremskridt anvendes til varig gavn for menneskeheden.

I de sidst forløbne år er spændingen nationer imellem øget som følge af den politiske udvikling over hele verden, og tanken om et muligt kapløb mellem store lande om besiddelsen af

midler til at udlette befolkningen inden for store områder og endda gøre dele af jorden midlertidig ubeboelige har givet anledning til vidt udbredt forvirring og bestyrtelse.

Da der næppe kan være spørgsmål for menneskeheden om at *give* afkald på udsigten til ved atomenergikilder at forbedre de materielle vilkår for civilisationen, er åbenbart en dybtgående tilpasning af internationale forhold nødvendig, dersom civilisationen skal leve videre. Det afgørende punkt er her, at enhver sikkerhed for at videnskabens fremskridt bliver brugt alene til menneskehedens gavn forudsætter den samme almene indstilling, som er uundværlig for samarbejde mellem nationerne på alle kulturens områder.

Også inden for andre grene af videnskaben har de senere fremskridt stillet os over for en lignende situation som den, der er skabt med atomfysikkens udvikling. Selv lægevidenskaben, som indebærer så lovende udsigter for forbedringen af sundhedstilstanden overalt i verden, har skabt midler til tilintetgørelse af liv i forfærdende målestok, der rummer alvorlige trusler for civilisationen, medmindre almen tillid og ansvarsbevidsthed kan tilvejebringes og befæstes.

Denne situation kræver den mest fordomsfri indstilling til alle spørgsmål om nationernes indbyrdes forhold. Fuld forståelse af det ansvar og de pligter verdensborgerskabet medfører, er i vor tid mere fornøden end nogen sinde før. På den ene side har videnskabens og teknikkens fremskridt knyttet alle nationers skæbne uadskilleligt sammen; på den anden side er det på en yderst forskellig kulturel baggrund, at der rundt omkring i verden er stærke bestræbelser for national selvhævdelse og social udvikling i gang.

En åben verden, hvor ethvert folk kan hævde sig alene ved sine bidrag til den fælles menneskelige kultur og ved den hjælp, det med sine erfaringer og hjælpemidler kan yde andre, må være det mål, der bør sættes over alt andet. Eksempler i så henseende kan dog kun blive virkningsfulde, dersom afspærring opgives og fri diskussion om kulturelle og sociale spørgsmål tillades tværs over landegrænserne.

Kun på grundlag af offentligt kendskab til de almindelige levevilkår i landet er det inden for ethvert samfund muligt for borgerne sammen at stræbe efter fælles velfærd. På tilsvarende måde forudsætter virkeligt samarbejde mellem nationer på områder af fælles interesse fri

adgang til alle oplysninger af betydning for deres indbyrdes forhold. Ethvert argument, der med begrundelse i omsorg for nationale idealer eller interesser kunne anføres til fordel for opretholdelsen af skranker for oplysning og samkvem, må vejes i forhold til den internationale afspænding og de gavnlige virkninger af fælles belæring, som åbenhed vil medføre.

I forbindelse med bestræbelserne for at opnå et harmonisk forhold mellem det enkelte individs liv og samfundets organisation har der altid været og vil altid blive mange spørgsmål at tænke over og principper at stræbe efter. For at gøre det muligt for nationer at drage fordel af andres erfaringer og at undgå, at hensigter misforstås fra nogen side, må fri adgang til oplysninger og uhindret lejlighed til tankeudveksling være tilladt overalt.

I denne forbindelse må det tages i betragtning, at fjernelsen af skranker vil medføre større ændringer i administrativ henseende i lande, hvor ny social organisation opbygges under midlertidig afstængthed, end i lande med gamle traditioner for regeringsform og internationalt samkvem. Beredvillighed fra enhver side til at hjælpe alle folkeslag over vanskeligheder af sådan art er derfor påtrængende nødvendig.

Teknikkens udvikling har nu nået et stadium, hvor samkvemsmidlerne har åbnet mulighed for at gøre hele menneskeheden til en samarbejdende enhed, og hvor på samme tid skæbnesvangre følger for civilisationen kan opstå, medmindre internationale uoverensstemmelser kan løses gennem forhandling på grundlag af fri adgang til oplysning om alle i betragtning kommende forhold.

Netop den kendsgerning at kundskab i sig selv er grundlaget for al civilisation peger direkte på åbenhed som vejen til at overvinde den nuværende krise. Hvilke retslige og administra-

tive internationale myndigheder det end måtte blive nødvendigt at oprette for at stabilisere verdensforholdene, er det klart at kun fuldstændig gensidig åbenhed virkningsfuldt kan fremme indbyrdes tillid og garantere fælles sikkerhed.

Enhver udvidelse af grænserne for vor viden pålægger individer og nationer et forøget ansvar som følge af de muligheder, der derigennem skabes for at ændre vilkårene for menneskenes tilværelse. Den indtrængende påmindelse herom, som vi i vor tid har fået, kan ikke lades uanset og skulle gøre det klart for enhver, hvor alvorlig den prøve er, som vor hele civilisation er stillet på. Det er på denne baggrund, at der stadig skulle være ganske enestående muligheder til stede for et frugtbart samarbejde mellem nationerne til fremme for alle sider af den menneskelige kultur.

Jeg henvender mig til De Forenede Nationer med disse betragtninger i håbet om at bidrage til bestræbelserne for at finde en realistisk indstilling til de alvorlige og påtrængende spørgsmål, som menneskeheden er stillet overfor. De fremsatte synspunkter skulle vise, at ethvert initiativ fra en hvilkensomhelst side, der tilsigter at fjerne hindringer for gensidig oplysning og samkvem, vil kunne være af den største betydning for at løsne den hårdknude, verdensforholdene for tiden er kommet i, og tilskynde andre til at tage skridt i samme retning. En indsats af alle, personer såvel som nationer, der vil gå ind for fremme af mellemfolkeligt samarbejde, er nødvendigt for i alle lande med stadig større klarhed og styrke at rejse kravet om en åben verden.

København, den 9. juni 1950.

Niels Bohr.

