Verifikation av kärnvapen-nedrustning - en inledande studie

Anders Axelsson, Mikael Meister, Katarina Wilhelmsen

FOI-R--3660--SE

April 2013

FOI

FOI-R--3660--SE

Anders Axelsson, Mikael Meister, Katarina Wilhelmsen

Verifikation av kärnvapennedrustning – en inledande studie

Bild/Cover: Sovjetisk ubåt på grund i Blekinge skärgård.
Foto: Albert Håkansson, Scanpix

Titel	Verifikation av kärnvapennedrustning – en inledande studie
Title	Verification of nuclear disarmament – an initial study
Rapportnr/Report no	FOI-R--3660--SE
Månad/Month	April
Utgivningsår/Year	2013
Antal sidor/Pages	104 p
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	
Forskningsområde	2. CBRN-frågor och icke-spridning
FoT-område	
Projektnr/Project no	I280104
Godkänd av/Approved by	Torgny Carlsson
Ansvarig avdelning	Försvars- och säkerhetssystem

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk. All form av kopiering, översättning eller bearbetning utan medgivande är förbjuden

This work is protected under the Act on Copyright in Literary and Artistic Works (SFS 1960:729). Any form of reproduction, translation or modification without permission is prohibited.

Förord

Denna rapport är som namnet antyder resultatet av en inledande studie av verifikation av kärnvapennedrustning. Det har varit ett inspirerande arbete inte minst tack vare intressanta och värdefulla kontakter med andra grupper verksamma inom området.

Författarna vill rikta ett varmt tack för ett värdefullt och inspirerande besök i Norge till de norska deltagarna, *Forsvarets forskningsinstitutt*, FFI, *Stråleværnet*, *Institutt for energiteknikk* och *NORSAR*, i det norsk-brittiska samarbetet kring verifikation av kärnvapennedrustning, *UK-Norway Initiative* (UKNI). Under arbetets gång har gruppen också haft förmånen att delta i två givande workshops om verifikation av kärnvapennedrustning anordnade av det Londonbaserade institutet VERTIC som vi härmed tackar.

Slutligen riktar vi ett stort tack till Steinar Høibråten, FFI och Jens Wirstam, FOI som tagit sig tid att läsa och granska vår rapport och kommit med goda och konstruktiva förslag till förbättringar och förtydliganden.

Sammanfattning

Denna rapport är resultatet av en studie med syfte att inventera och beskriva problemområdet verifikation av kärnvapennedrustning ur ett tekniskt perspektiv men också att ge en grund för fortsatta studier. Ambitionen har varit att identifiera hur en icke-kärnvapenstat som Sverige skulle kunna bidra i en sådan nedrustningsprocess.

Bakgrunden till studien är det åtagande som gjorts enligt icke-spridningsfördragets artikel VI: att förhandla om ett avtal om fullständig kärnvapennedrustning. Om förhandlingar om sådan nedrustning skulle komma till stånd kommer verifikationen att ha en given plats bland de frågor som måste lösas. För trovärdighet och politisk acceptans kan det komma att bli önskvärt att involvera icke-kärnvapenstater.

En särskild utmaning förknippad med verifikation av kärnvapennedrustning är att det kommer att krävas metoder för verifikation av stridsspetsar på individnivå. Detta ställer, förutom att krav på nationella säkerhetshänsynstaganden tillgodoses, ytterligare, icke-spridningsbetingade, krav på att information om kärnladdningars konstruktion inte sprids.

I rapporten behandlas befintliga avtal relaterade till kärnvapennedrustning samt problematiken kring hur ett eventuellt kärnvapennedrustningsavtal skulle kunna implementeras. Vidare diskuteras verifikationsproblematiken för ett avtal om nedrustning samt relevanta tidigare erfarenheter av nedrustning och verifikation av nedrustning.

Ur ett mer renodlat tekniskt perspektiv diskuteras egenskaper hos kärnladdningar med relevans för identifiering av deklarerade objekt samt problemställningar kring identifiering, avrustning och slutdisposition av material och komponenter behandlas. Det ges också en översikt över tänkbara mät- och verifikationstekniker och hur de skulle kunna komma till användning för verifikation av kärnvapennedrustning.

Slutligen diskuteras tänkbara roller för Sverige och andra icke-kärnvapenstater i verifikation av kärnvapennedrustning.

Nyckelord: Kärnvapen, kärnvapennedrustning, avtal, verifikation, icke-spridning

Summary

This report is the result of a study with the objectives to give a mainly technical overview of the field of verification of nuclear disarmament and also to provide a basis for further studies. The aim has been to identify possible contributions from non-nuclear weapon states, such as Sweden, in a future nuclear disarmament process.

The background to this study is the commitment made under the Nuclear Non-Proliferation Treaty:" … to pursue negotiations in good faith […] on a Treaty on general and complete disarmament under strict and effective international control". If or when negotiations on such disarmament commence, verification will be one of the issues that have to be resolved. It might be desirable, for reasons of credibility and acceptability, to involve Non-Nuclear Weapon States in the verification process.

A particular challenge associated with the verification of nuclear disarmament is that it will require methods for verification of individual warheads. This imposes, in addition to meeting requirements related to national security considerations, further non-proliferation-related restrictions on the dissemination of information regarding the design of nuclear warheads.

The report covers existing agreements related to nuclear disarmament as well as issues related to the implementation of a possible future treaty on nuclear disarmament. Verification problems confronting a treaty on disarmament are also discussed as is relevant previous experience of disarmament and disarmament verification.

Properties of nuclear devices relevant to the identification of declared objects and issues concerning identification, disarmament and final disposition of materials and components are also treated. Further, an overview of possible measurement and verification techniques and how they could be employed in the verification of nuclear disarmament is given.

Finally, possible roles for Sweden and other non-nuclear-weapon states in the verification of nuclear disarmament are discussed.

Keywords: Nuclear weapons, nuclear disarmament, Treaties, verification, non-proliferation

Rapporten i sammandrag

De i icke-spridningsfördraget (NPT) erkända kärnvapenstaterna (USA, Ryssland, Storbritannien, Frankrike och Kina) har enligt fördraget åtagit sig att förhandla om ett avtal om total nedrustning av sina kärnvapenarsenaler.[1] Om sådana förhandlingar skulle komma till stånd kommer verifikationen av eventuell nedrustning att ha en given plats bland de frågor som måste lösas. För trovärdighet och politisk acceptans kan det komma att bli önskvärt att involvera icke-kärnvapenstater. Det är därför av vikt för icke-kärnvapenstater att studera frågan för att kunna påverka utfallet om eller när den får ökad aktualitet på den internationella agendan. Delar av verifikationsproblematiken kan även ha bäring på andra eventuella nedrustningsprocesser, t.ex. av regional eller unilateral natur.

Befintliga avtal och erfarenheter

Kärnvapennedrustning har kopplingar till ett flertal existerande såväl bi- som multilaterala avtal som reglerar olika aspekter relaterade till kärnvapen, tillverkning av klyvbart material, vapenutveckling och vapenbärare. Dock finns till dags dato ingen praktisk erfarenhet av verifikation av avtal mellan stater rörande nedrustning av enskilda kärnstridsspetsar och det finns inte heller avtal som omfattar anläggningar för produktion och underhåll av kärnstridsspetsar. Rustningskontrollerande avtal inom kärnvapenområdet mellan USA och Ryssland/Sovjetunionen har alla reglerat antal förbandslagda stridsspetsar. Flyttning av stridsspetsar till lager och en reduktion i antalet vapenbärare har alltså varit nog för att uppfylla åtaganden enligt avtalen. Om parterna skulle påbörja diskussioner om fortsatta reduktioner av såväl strategiska som substrategiska kärnvapen skulle frågan om inspektion av stridsspetsar komma att konkretiseras vilket skulle kunna ge värdefulla erfarenheter för ett avtal om mer allmän kärnvapennedrustning.

Det finns flera exempel på unilateral nedrustning. Nedrustnings- och verifikationsprocesserna har varit olika beroende på politiska och andra omständigheter. Detta torde även gälla eventuella framtida unilaterala åtaganden: såväl process som sammansättning av en eventuell verifikationsregim påverkas av vilka andra stater som mest berörs, liksom av om beslutet främst har regional eller global påverkan. Olika nedrustningsscenarier kräver olika verifikation för att ett trovärdigt eller åtminstone allmänt accepterat slutresultat skall kunna uppnås. I slutet på 1980-talet avbröt Sydafrika sitt kärnvapenprogram, monterade ned de sex kärnladdningar man tillverkat och ställde sina anläggningar under IAEA:s kontroll. I samband med Sovjetunionens kollaps uppstod tillfälligt tre nya ”kärnvapenstater”: Ukraina, Kazakstan och Vitryssland. Processen i de tre staterna innebar initialt inte någon

[1] Åtagandet som sådant omfattar inte endast kärnvapenstater utan alla signatärstater.

nedrustning eller nedmontering utan en förflyttning av vapnen till Ryssland, där de senare delvis avvecklades. Omvärlden har accepterat dessa exempel på nedrustning trots avsaknad av i alla avseenden fullödig och transparent verifikation, sannolikt därför att inget av länderna föreföll ha starka incitament att fuska. I en eventuell framtida övergång till en kärnvapenfri värld, där tvivel om avsikter i allra högsta grad kan kvarstå, skulle det vara mindre troligt att öppenhet och förtroende skulle vara tillräckligt för att kompensera tekniska brister i kontrollen.

Steg på vägen mot allmän kärnvapennedrustning

Ryssland och USA står tillsammans för mer än 90 % av världens kärnvapen, och en fortsatt bilateral nedrustningsprocess tills dessa länders arsenaler är i någon form av paritet med andra länders kärnvapeninnehav ter sig som ett naturligt första steg. När man närmar sig de nivåer där andra kärnvapenstater befinner sig torde en multilateral process bli aktuell, vilket medför en ny uppsättning utmaningar. Existerande avtal har visat att det är möjligt att framgångsrikt implementera bilateral verifikation för vapenbärare. Ett multilateralt avtal med multilateral verifikation skulle säkerligen vara långt mer komplicerat att implementera än de existerande bilaterala. För produktionsanläggningar, stridsspetsar och ledningssystem finns inga skarpa erfarenheter av vare sig bi- eller multilaterala avtal.

Under en bilateral verifikationsregim mellan jämbördiga parter har båda parter förmodligen liknande sekretesskrav avseende egna system, vilket medför större förståelse för motpartens vilja att förhindra spridning av information. Vidare är det lättare att uppnå en gemensam bild av vilken information som är nödvändig att ha tillgång till för effektiv verifikation och därmed lättare att enas om procedurer som tillfredsställer behovet av information utan att den nationella säkerheten äventyras. I en multilateral verifikationsregim där stater med olika kunskapsbild deltar är det svårare att nå enighet om hur mycket information som kan delas och hur mycket som måste delas för att tillräcklig trovärdighet ska uppnås, liksom om vad som utgör tillräcklig trovärdighet. För såväl kärnvapenstater som icke-kärnvapenstater torde frågan vad som är nödvändig respektive tillräcklig information för att kunna verifiera ett avtal om kärnvapennedrustning vara en av de allra viktigaste i sammanhanget.

Verifikation

En rimlig tolkning av begreppet fullständig kärnvapennedrustning innefattar generellt såväl stridsspetsar som plattformar och ledningssystem. Vi har av flera skäl valt att begränsa resonemanget huvudsakligen till verifikation av kärnstridsspetsar, till skillnad från hela kärnvapensystem. Den minsta gemensamma nämnaren för alla typer av kärnvapensystem är stridsspetsen och ett verifierat avtal om fullständig kärnvapennedrustning kommer att kräva att befintliga stridsspetsar destrueras eller

försätts i obrukbart skick på ett verifierbart sätt. Befintliga rustningskontrollerande avtal begränsar verifikationen till vapenbärare, vilket är relevant om det gäller rustningskontroll mellan två stater som eftersträvar strategisk balans. För ett avtal som ska omfatta nedrustning och verifikation av samtliga kärnvapen är det emellertid inte tillräckligt att verifiera vapenbärare. Inte bara vapenbärare utan också ledningssystem används i vissa fall såväl för kärnvapen som för konventionella vapensystem. Det är högst troligt att kringsystem för helhetens skull kan komma att omfattas av någon form av verifikationsåtgärder eller transparensåtgärder under ett framtida avtal.

Verifikationen av ett avtal består i allmänhet av två huvudkomponenter:

1. Verifikation av riktigheten i de deklarationer som avtalsparterna avgivit, dvs. att det som deklarerats existerar, har underställts verifikation och överensstämmer med deklarationerna, samt
2. Verifikation av att deklarationerna är fullständiga, dvs. att allt det som skall omfattas av avtalet faktiskt deklarerats.

Vad gäller den första punkten består den största utmaningen för verifikation av kärnvapennedrustning i att på ett sekretessmässigt acceptabelt sätt verifiera att ett kärnvapen faktiskt är äkta, och detta diskuteras lite utförligare nedan.

Möjliga inslag i en verifikationsregim som avser lösa den typen andra typen av uppgifter är t.ex. olika typer av fjärranalys, omfattande informationsplikt avseende kärnteknisk verksamhet och omfattande tillträde för oanmälda inspektioner eller inspektioner med kort varsel på avtalsparternas territorium. Erfarenheter av dessa komponenters användning i olika verifikationssammanhang finns, men de erbjuder särskilda svårigheter, sekretessmässiga och andra, om de skall implementeras fullt ut i verifikationen av ett kärnvapennedrustningsavtal.

För att nå politisk acceptans och förtroende kommer verifikationsregimen sannolikt behöva vara multilateral; sammansättningen är däremot inte uppenbar. Ska inspektörer komma från både stater som innehar kärnvapen och icke-kärnvapenstater eller endast från stater med kärnvapenkapacitet? Representationen är en fråga om legitimitet, transparens och förtroende å ena sidan och skydd av information viktig för nationell säkerhet och nukleär spridningsrisk å andra sidan. Det är också en fråga om kostnad för verifikationsregimen. En fråga relaterad till en eventuell verifikationsregims sammansättning är huruvida IAEA skulle ha en formell roll. IAEA är ett existerande internationellt organ med hög trovärdighet och unika kunskaper inom det kärntekniska området. Det skulle också vara kostsamt att bygga upp en ny organisation med delvis överlappande uppgifter. IAEA kommer också med stor sannolikhet att ha ansvar för slutlig kontroll av det fissila materialet från avrustade kärnladdningar, även om IAEA:s nuvarande kompetens inte innefattar några andra aspekter av kärnvapennedrustning. Om man vill ge organisationen en roll i kärn-

vapennedrustning, i synnerhet en roll som går utöver kontroll av fissilt material, skulle dess kompetens och förmåga behöva utvecklas.

Verifikation av ett avtal om kärnvapennedrustning har alltså många dimensioner, men verifierad destruktion eller demontering av en kärnstridsspets är den del som skiljer sig mest från tidigare erfarenheter. En sådan process innehåller i princip fem steg: identifiering, obruten kunskapskedja för stridsspets till demontering, övervakad demontering, verifikation av demontering samt obruten kunskapskedja för fissilt material och komponenter efter demontering. Inledningsvis måste det alltså fastställas att föremålet för verifikationen faktiskt är ett kärnvapen som omfattas av avtalet, dvs. föremålet måste identifieras mot en deklaration. Detta första moment i kedjan är avgörande för hur meningsfull resten av processen är, och för vilka mål man kan uppnå med hela verifikationen. Beroende på vilka krav som ställs är det också antagligen det svåraste momentet eftersom det innefattar en ingående undersökning av ett föremål med egenskaper som i stor utsträckning inte får röjas. Sedan föremålet identifierats måste en obruten kunskapskedja upprätthållas så att identifikationen inte måste göras om på ett senare stadium i processen. Jämfört med identifikationen förefaller detta steg principiellt enklare, om än inte alls enkelt, givet den sekretess och de säkerhetsåtgärder som omger transport och hantering av kärnvapen. Överenskomna åtgärder för demontering/avrustning av vapnet måste sedan genomföras under bibehållen sekretess och säkerhet men även under bibehållen obruten kunskapskedja. Efter demontering genomförs de mätningar och undersökningar som kan krävas för att verifiera att processen genomförts enligt det överenskomna protokollet. Då processen slutförts måste det fissila materialet och andra komponenter disponeras så att kunskapskedjan åtminstone avseende det fissila materialet förblir obruten.

Det finns en mängd tekniker som kan användas för verifikationsmätningar t.ex. i syfte att bekräfta att ett föremål har för en kärnstridsspets typiska egenskaper och att det inte rör sig om en mer eller mindre avancerad attrapp. Sådana *egenskapsmätningar* kan dock bli sekretessmässigt problematiska då de kan avslöja information som av nationella säkerhets- eller icke-spridningsskäl inte får röjas. Ett sätt att angripa den typen av problem är att införa en s.k. informationsbarriär: ett system som på ett robust och automatiskt sätt hanterar mätdata och endast presenterar relevanta högnivåresultat för en inspektör.

Man kan också använda tillgängliga mättekniker för olika typer av jämförande mätningar, där man bryr sig mindre om (eller aktivt undviker) information om absoluta egenskaper och i stället inriktar sig på att konstatera att en mätning visar eller inte visar samma resultat som en tidigare mätning (dvs. överensstämmer eller inte överensstämmer med en *mall*). Det kan t.ex. gälla att verifiera att ett föremål inte har modifierats, eller att det har modifierats på förväntat sätt, då det genomgått en process som man inte fått följa direkt. Sådana s.k. *fingeravtrycksmätningar*, där man alltså inte behöver relatera resultaten till egenskaper specifika för kärnvapen utan

endast jämför med en tidigare mätning, förefaller enklare att utforma på ett sådant sätt att nödvändig sekretess bevaras. Jämförelsen av mätdata från en mätning till en annan kan göras utan att inspekterande part får tillgång till mätdata, eller på data som inte i sig avslöjar några oönskade detaljer. Emellertid kan man tänka sig fall där man ändå kommer att behöva fastställa att ett föremål har egenskaper som förväntas av ett kärnvapen. Det mest uppenbara exemplet är verifikation av den stridsspets som skall användas för att skapa den mall som skall användas för efterföljande fingeravtrycksmätningar. Man kan tänka sig lösningar på detta där fusk med mallstridsspetsen görs tillräckligt osannolikt genom någon form av slumpmässigt urval bland en större mängd utgrupperade stridsspetsar, t.ex. ombord på en ubåt.

Mätningar med lämpligt utformad utrustning är bara en del i den inspektionsprocedur som måste utformas. Denna kan förväntas bli strikt reglerad i alla detaljer. I någon mån borde nackdelar som då uppstår genom bristande flexibilitet kunna uppvägas genom att man där det är möjligt låter inspektionsproceduren innefatta flera redundanta tekniska och procedurella lösningar i varje steg. Redundans är även ett sätt att uppnå högre säkerhet i verifikationen trots de omfattande begränsningar som säkerhets- och sekretesshänsyn innebär. Inspektionsproceduren skulle då komma att reglera ett antal förhållanden. Exempelvis skulle den för varje anläggning definiera vilken typ av tillträde, till vilka platser, under vilka begränsningar och hur länge, som skulle komma ifråga och hur många inspektörer som skall beredas tillträde vid olika moment. Tillåtna mätningar och aktiviteter och tillåten utrustning skulle vara noggrant definierade, liksom hantering och förvaring av utrustning och dokumentation. Noggrant utformade procedurer för specifikation, tillhandahållande och ömsesidig validering av utrustning för mätningar, analys, dokumentation och datalagring kommer att krävas, liksom procedurer för säker lagring och autentisering av sådana data som eventuellt måste finnas kvar för framtida bruk. För att med bibehållen trovärdighet minimera risken att röja känslig information och störa normala arbetsrutiner är det en stor fördel om processen kan ske i en speciellt utformad och integrerad nedmonteringsanläggning med rymliga och överblickbara lokaler.

Icke-kärnvapenstaters roll i en nedrustningsprocess

Det faktum att det är en eller flera kärnvapenstater som nedrustar medan icke-kärnvapenstater inte gör det innebär att insatserna för kärnvapenstaterna är högre. Högre insatser kan i sin tur t.ex. innebära att kärnvapenstaterna kan vilja sätta kraven högre på trovärdighet i verifikationen av andra kärnvapenstater än vad icke-kärnvapenstater allmänt sett behöver se anledning att göra. Detta resonemang kan inte förväntas gälla i samma mån för alla kärnvapenstater, och inte heller för alla icke-kärnvapenstater. I synnerhet om beteckningen ”kärnvapenstat” används om varje stat som har (eller kan komma att ha) kärnvapen och inte inskränks till de fem

i NPT erkända kärnvapeninnehavarna inses lätt att gruppen ”kärnvapenstater” innefattar aktörer med vitt skilda mål med sitt kärnvapeninnehav. Icke-kärnvapenstater är ju inte heller ett enhetligt block med i alla delar gemensamma intressen vad gäller kärnvapennedrustning. De kan förväntas ha olika intressen, och olika starka sådana, i en given nedrustningsprocess. De skillnader som finns kan förväntas generera olika inställningar till hur verifikationen bör gå till.

En lämplig början för en icke-kärnvapenstat kan allmänt sett vara att utreda huruvida ett visst specifikt nedrustningsscenario ligger i dess intresse och i så fall hur nedrustningsprocessen skulle behöva utformas för att tillgodose dess intressen. Här bör främst klarläggas på vilken nivå säkerheten i verifikationen behöver ligga för att uppfylla det identifierade intresset av en process. Som diskuterats finns olika typer av verifikation som kan ställa processen inför fundamentalt olika typer av utmaningar. Därefter kan man börja besvara frågan om vilka krav som skall ställas avseende verifikationens utformning, dvs. hur den skall ske, i vems regi den skall ske och vilka som skall delta.

Vi har i det ovanstående hela tiden talat löst om olika ”nedrustningsprocesser”. Vi har därmed velat undvika att tappa bort det kanske uppenbara faktum att man med ”kärnvapennedrustning” kan mena många olika saker. Det är svårt att i ett allmänt resonemang om t.ex. olika staters tänkbara förhållningssätt, eller verifikationsregimens utformning eller ens om lämpliga tekniska verifikationsmetoder täcka in alla. Rör det sig om NPT:s ”…*treaty on general and complete disarmament under strict and effective international control*”? Eller om något som liknar processen kring Sydafrikas ensidiga beslut att avveckla sina sex och ett halvt kärnvapen? En i NPT erkänd kärnvapenstat som ensidigt bestämmer sig för att avveckla hela eller delar av ett omfattande och avancerat kärnvapenprogram? En bilateral process mellan vilka två stater som helst (oavsett status enligt NPT) med kärnvapeninnehav?

Avslutande kommentarer och slutsatser

Framtida verifikation av ett avtal om kärnvapennedrustning kommer förr eller senare att kräva att stridsspetsar identifieras gentemot en deklaration individ för individ. För att denna uppgift ska vara möjlig att genomföra krävs dels att deklarationer och inspektioner kan göras på ett sätt som tillgodoser kvarvarande behov av sekretess kring kärnvapenarsenaler, dels överenskommelse om vilka mätningar och observationer som är nödvändiga och tillräckliga för att försäkra sig om att presenterade objekt är de stridsspetsar som deklarerats. För att uppgiften skall vara meningsfull krävs också att man kan verifiera att deklarationen verkligen omfattar alla avtalsbegränsade objekt. Vidare krävs ett noggrant utformat protokoll för avrustning av identifierade stridsspetsar. Verifikationen av dessa olika steg måste ske med önskad trovärdighet utan att icke-spridningsåtaganden och andra säkerhetshänsyn åsidosätts. Om och hur man löser dessa uppgifter kommer att bero av de exakta

omständigheterna kring varje specifikt kärnvapennedrustningsscenario. Förutsättningarna för effektiv verifikation av demontering skulle öka om dedikerade nationella anläggningar uppfördes. Det förefaller osannolikt att multilaterala sådana anläggningar skulle kunna bli aktuella.

Hur en verifikationsregim ska vara sammansatt är en central fråga, men mer av politisk än av teknisk natur. Då en stat unilateralt ger upp sina kärnvapen i ett huvudsakligen regionalt scenario kan en helt annan verifikationsprocess bli aktuell än i ett multilateralt och globalt scenario. Vilken roll IAEA kommer att spela vid eventuell framtida kärnvapennedrustning är en öppen fråga, men att IAEA kommer att ha ansvar för slutlig kontroll av det fissila materialet från avrustade kärnladdningar förefaller troligt.

För att en icke-kärnvapenstat som Sverige ska kunna bedöma vilka ansträngningar på kärnvapennedrustningsområdet som är mest relevanta behöver man utreda olika tänkbara politiska kontexter under vilka de skall verka. Därvid krävs kännedom om kärnvapnens roll i olika sammanhang, under olika omständigheter och för olika aktörer. Vidare krävs att man bedriver eller åtminstone håller sig *à jour* med forskning och utveckling kring verifikationsbehov och –möjligheter. Framför allt bör icke-kärnvapenstater ha förmågan att bedöma vilken nivå av trovärdighet i olika delar av verifikationen som är tillräcklig för att tillgodose deras intressen.

En icke-kärnvapenstat som vill bidra praktiskt i en nedrustningsprocess bör ha en uppfattning om vad som utgör nödvändig och tillräcklig information för att säkerställa att ett föremål som presenteras som ett kärnvapen verkligen är ett sådant. När denna fråga besvarats behöver också utredas hur informationen kan erhållas utan oacceptabel risk att nödvändig sekretess röjs. Det finns teknik med vilken det är möjligt att bestämma om ett objekt är ett kärnvapen, men denna teknik måste anpassas för de speciella krav som gäller i sammanhanget. Att icke-kärnvapenstater är involverade i sådant arbete är viktigt för att säkerställa deras förtroende för processen.

Innehållsförteckning

Rapporten i sammandrag iv

1 Inledning 1

2 Befintliga kärnvapenrelaterade avtal 3

2.1 Icke-spridningsfördraget - NPT 3

2.2 Kärnvapenfria zoner 4

2.3 Det fullständiga provstoppsavtalet - CTBT 4

2.4 Avtal om förbud av produktion av fissilt material för vapenändamål - FMCT 5

2.5 Bilaterala rustningskontrollerande avtal – Nya START och INF 6

2.6 Plutonium Management and Disposition Agreement 7

2.7 Konventionerna mot biologiska och kemiska vapen 8

2.8 Sammanfattande kommentarer 9

3 Steg på vägen i en nedrustningsprocess 10

3.1 Från dagens läge till 1000 stridsspetsar vardera för Ryssland och USA 13

3.2 En multilateral process mot noll 14

3.3 Möjliga exempel på unilaterala nedrustningsprocesser 16

4 Tidigare erfarenheter 18

4.1 Forna Sovjetstater 18

4.2 Sydafrika 20

4.3 Cloud Gap - Field Test 34 21

4.4 Svartahavsexperimentet 23

4.5 Teoretisk studie vid US Department of Energy 25

4.6 Trilaterala initiativet – USA, Ryssland och IAEA 26

4.7 Brittiska studier 28

4.8 UKNI (UK-Norway Initiative) 30
4.9 Mätningar på kärnvapen ombord på sovjetisk ubåt i Blekinges skärgård 31
4.10 Sammanfattande iakttagelser 32

5 Verifikation av ett avtal om kärnvapennedrustning 35
5.1 Kärnvapensystem och stridsspetsar 35
5.2 Inledande resonemang 36
5.3 Vad skall verifieras? 39
5.4 Utformning av en verifikationsregim 40
5.5 Demontering av kärnvapen steg för steg 43
5.6 Slutsatser 45

6 Avtalsbegränsat objekt 46
6.1 Kärnladdningar – material och konstruktion 46
6.2 Attribut och signaturer 49

7 Identifiering, avrustning och slutdisposition 51
7.1 Identifiering av kärnstridsspetsar som skall avrustas 51
7.2 Obruten kunskapskedja efter identifiering 53
7.3 Demontering och destruktion eller kontrollerad förvaring av komponenter 54
7.4 Exempel på rudimentär procedur för verifierad demontering av en kärnstridspets 56
7.5 Frågeställningar kring utformning av en inspektionsprocedur 56
7.6 Dedikerade anläggningar för verifierbar kärnvapendemontering 58
7.7 Slutförvar/destruktion av komponenter 59

8 Mätmetoder 62
8.1 Mätningar på fissilt material och andra ingående delar 62
8.2 Mätningar på kärnvapen 65

8.3 Egenskaps- och fingeravtrycksmätningar 67
8.4 Provtagning och provanalys 71
8.5 Exempel på existerande mätsystem 72

9 Sveriges och andra icke-kärnvapenstaters roll i kärnvapennedrustning 77

10 Avslutande kommentarer och slutsatser 81

Förkortningar 83

Bilaga 1 85

1 Inledning

Föreliggande rapport är resultatet av en studie med syftet att inventera och beskriva problemområdet verifikation av kärnvapennedrustning, främst tekniskt i vid bemärkelse, men också för att ge en grund för fortsatta studier. Bakgrunden till studien är det åtagande som de i icke-spridningsfördraget (NPT) erkända kärnvapenstaterna (USA, Ryssland, Kina, Storbritannien och Frankrike) gjort enligt fördraget: att förhandla om ett avtal om total nedrustning av sina kärnvapenarsenaler.[2] Om förhandlingar om sådan nedrustning skulle komma till stånd kommer verifikationen att ha en given plats bland de frågor som måste lösas. För trovärdighet och politisk acceptans kan det komma att bli önskvärt att involvera icke-kärnvapenstater. Det är därför av vikt för icke-kärnvapenstater att studera frågan, för att kunna påverka utfallet om eller när den får ökad aktualitet på den internationella agendan.

Hur ett avtal om fullständig kärnvapennedrustning skulle kunna uppnås ligger utanför denna studie som istället fokuserar på att belysa olika aspekter av verifikationsfrågan. Ambitionen har inte varit att ge färdiga rekommendationer och lösningar utan snarare att identifiera frågor av vikt och att identifiera vari en icke-kärnvapenstats, som Sverige, insats skulle kunna bestå. Delar av verifikationsproblematiken som studerats kan även ha bäring på andra eventuella nedrustningsprocesser, t.ex. av regional eller unilateral natur.

En särskild utmaning förknippad med verifikation av kärnvapennedrustning är att det kommer att krävas metoder för verifikation av stridsspetsar på individnivå i en multinationell kontext där möjligen också icke-kärnvapenstater medverkar. Dagens rustningskontrollerande avtal på kärnvapenområdet är bilaterala och rör uteslutande strategiska system och endast vapenbärare/plattformar verifieras. Utöver de nationella säkerhetshänsyn som måste tillgodoses i all verifikation av avtal om nedrustning och rustningskontroll skulle en multilateral verifikationsregim där icke-kärnvapenstater deltar ställa ytterligare, icke-spridningsbetingade, krav på att information om kärnladdningars konstruktion inte sprids.

Rapporten är upplagd enligt följande: i kapitel 2 ges en översikt över befintliga avtal relaterade till kärnvapennedrustning. I kapitel 3 diskuteras problematiken kring hur ett eventuellt kärnvapennedrustningsavtal skulle kunna implementeras under olika förutsättningar och i kapitel 4 diskuteras relevanta tidigare erfarenheter av nedrustning och verifikation av nedrustning. I kapitel 5 ges en översikt av verifikationsproblematiken för ett avtal om nedrustning, först på övergripande nivå och därefter avgränsat till delproblemet verifikation av demontering av enskilda kärnstridsspetsar. Kapitel 6 behandlar egenskaper hos kärnladdningar framför allt med relevans för identifiering av deklarerade objekt och i kapitel 7 diskuteras problemställningar kring identifiering, avrustning och slutdisposition av material och

[2] Åtagandet som sådant omfattar inte endast kärnvapenstater utan alla signatärstater.

komponenter. Kapitel 8 är avsett som fördjupning i tänkbara mät- och verifikationstekniker och hur de skulle kunna komma till användning i verifikation av kärnvapennedrustning. I det därpå följande kapitel 9 diskuteras Sveriges och andra icke-kärnvapenstaters roll i verifikation av kärnvapennedrustning. Slutligen ges avslutande kommentarer och slutsatser i kapitel 10.

I de delar av rapporten där vi bedömt att exakthet i ordvalet inte är av avgörande vikt för resonemanget har vi i flera fall tillåtit oss en något lös terminologi. Exempelvis skiljs inte strikt på orden kärnvapen, kärnstridsspets och kärnladdning, och en term som ”fissilt material” används i rapporten utan strikt definition annat än där sammanhanget kräver det. Beteckningen ”kärnvapenstat” använder vi allmänt sett om vilken stat som helst som har kärnvapen, vare sig den anslutit sig till icke-spridningsfördraget (NPT) eller inte.

2 Befintliga kärnvapenrelaterade avtal

Ett avtal om kärnvapennedrustning är intimt kopplat till ett flertal existerande såväl bi- som multilaterala avtal. Avtalen reglerar olika aspekter relaterade till kärnvapen, tillverkning av klyvbart material, vapenutveckling och vapenbärare. Dessa avtal och eventuella tillhörande verifikationsregimer, tillsammans med deras respektive relevans för olika stater avseende verifikation av kärnvapennedrustning behandlas i korthet nedan.

2.1 Icke-spridningsfördraget - NPT

Icke-spridningsfördraget, NPT, har tre grundläggande delar: kärnvapennedrustning, icke-spridning av kärnvapen och fredlig användning av kärnenergi. När det gäller icke-spridning förbjuder fördraget överlåtelse av kärnvapen från fem i avtalet definierade kärnvapenstater[3] till icke-kärnvapenstater och förbjuder kärnvapenstaterna att hjälpa, förmå eller uppmuntra övriga stater att tillskansa sig information och kunskap eller på något sätt hjälpa dessa att förvärva kärnvapen eller delar därav. Vad gäller kärnvapennedrustning har alla stater som anslutit sig till NPT förbundit sig att arbeta för fullständig nedrustning under strikt och effektiv internationell kontroll. Till avtalet är kopplat en verifikationsregim, kärnämneskontroll i IAEA:s regi, för att säkerställa att allt kärnämne i de stater som anslutit sig till NPT hanteras i enlighet med avtalet.

För icke-kärnvapenstater innebär NPT att all kärnteknisk verksamhet i landet ställs under IAEA:s kontroll (Comprehensive Safeguards Agreement). I de NPT-anslutna kärnvapenstaterna tillämpas kärnämneskontroll vid deklarerade civila anläggningar. Den viktigaste skillnaden genetmot icke-kärnvapenstaters avtal om kärnämneskontroll är att kärnvapenstaternas avtal omfattar en paragraf rörande tillbakadragande av material från kärnämneskontroll. Även stater utanför NPT kan teckna avtal om kärnämneskontroll vilket kärnvapenstater som Indien och Pakistan har gjort. Under dessa avtal kontrolleras endast vissa anläggningar i respektive land.

Kärnämneskontrollen verifierar staters deklarerade aktiviteter på det kärntekniska området. I början av 1990-talet uppdagades att Irak, trots sina åtaganden enligt NPT som icke-kärnvapenstat, sökt utveckla kärnvapen och att detta inte framkommit under IAEA:s inspektioner av deklarerad verksamhet. Detta påvisade behovet av mer fullständig kontroll och ledde till en rad åtgärder, bl.a. Tilläggsprotokollet (Model Protocol Additional to Comprehensive Safeguards Agreements), för att förstärka IAEA:s förmåga att verifiera deklarationernas fullständighet. Att sluta Tilläggsprotokoll är frivilligt men ett stort antal stater, inklusive alla stater inom EU

[3] De stater som i NPT tillerkänns en särställning som kärnvapenstater är de som utvecklat kärnvapen före 1 januari 1967, vilket innebär att Frankrike, Kina, Storbritannien, Ryssland och USA har denna status.

och alla i NPT definierade kärnvapenstater har Tilläggsprotokoll. Tilläggsprotokoll som tecknas av kärnvapenstater undantar, liksom motsvarande avtal om kärnämneskontroll, anläggningar med direkt koppling till nationell säkerhet.

2.2 Kärnvapenfria zoner

NPT bekräftar rätten för stater eller grupper av stater att etablera kärnvapenfria zoner. Dessa zoner är ett komplement till NPT och förbjuder provsprängningar[4], användning och utveckling av kärnvapen inom en specifik geografisk region. Varje avtal om en kärnvapenfri zon inbegriper ett juridiskt bindande protokoll för de NPT-anslutna kärnvapenstaterna att skriva under och ratificera som uppmanar kärnvapenstaterna att respektera zonens status och att utfärda negativa säkerhetsgarantier[5] för staterna inom zonen.

Det finns ett antal kärnvapenfria zoner[6] i världen och hur dessa verifieras varierar. De avtal som involverar flera stater kräver alla kärnämneskontroll av IAEA. Utöver detta stipulerar vissa avtal också annan rapportering och informationsutbyte. För både Bangkok-avtalet och Tlatelolco-avtalet finns en mekanism där man kan vända sig till IAEA för särskilda inspektioner, s.k. *fact finding missions* vid misstanke om avtalsbrott.

Pelindaba-avtalet är av speciellt intresse då det kräver att signatärstater ska deklarera kapacitet att utveckla kärnladdningar, nedmontera och förstöra eventuella kärnladdningar och försätta anläggningar för kärnvapentillverkning i obrukbart skick, allt under IAEA:s och den enligt avtalet stipulerade afrikanska kärnenergikommissionens överinseende. Det förtjänar att påpekas någon sådan deklaration med efterföljande destruktion aldrig har genomförts och det är oklart hur man har tänkt sig att processen skulle gå till.

Gemensamt för de kärnvapenfria zonerna är alltså att IAEA:s roll som verifikationsorgan är av stor vikt.

2.3 Det fullständiga provstoppsavtalet - CTBT

Det fullständiga provstoppsavtalet, CTBT, som ännu inte trätt i kraft, förbjuder signatärstater att utföra kärnsprängningar. För icke-kärnvapenstater är detta ingen begränsning i tillåtna aktiviteter enligt NPT, däremot försvårar det för anslutna

[4] Undantaget Tlatelolco som tillåter fredliga kärnsprängningar.

[5] Med negativa säkerhetsgarantier avses förbindelser från kärnvapenstater att inte använda eller hota med att använda kärnvapen mot icke-kärnvapenstater.

[6] Antarktis, Bangkok, Pelindaba, Mongoliet, Rarotonga, Semipalatinsk, Tlatelolco, yttre rymden och havsbottnen.

kärnvapenstater att vidareutveckla sina arsenaler.[7] För stater med väl utvecklade arsenaler är detta en långt mindre begränsning än för stater med mindre utvecklade arsenaler. Till avtalet är knutet en genomförandeorganisation, CTBTO, som bygger upp en omfattande teknisk verifikationsapparat.

2.4 Avtal om förbud av produktion av fissilt material för vapenändamål - FMCT

Inom ramen för FN:s nedrustningskonferens, CD, görs försök att föra diskussioner om avtal som förbjuder produktion av klyvbart material för vapenändamål. Återigen påverkas tillåtna aktiviteter inom icke-kärnvapenstater anslutna till NPT i huvudsak[8] inte av detta avtal, medan kärnvapenstater och stater utanför NPT skulle påverkas. En diskussionspunkt rörande detta avtal är huruvida lager av fissilt material ska omfattas av ett eventuellt avtal eller ej. Ur verifikationshänseende finns både likheter och skillnader jämfört med NPT. Till likheterna hör att såväl fissilt material som produktionsanläggningar för sådant material ska omfattas av avtalet. En viktig skillnad är att under FMCT är ändamålet med produktionen av största vikt, det är inte ett förbud mot produktion av fissilt material *per se* som ska verifieras utan produktion för vapenändamål.

Det finns ett flertal utmaningar förknippade med ett framtida FMCT och dess verifikation. En teknisk utmaning är hur verifikation ska ske vid anläggningar som tidigare använts för produktion av vapenmaterial. Befintliga metoder för analys av omgivningsprover är mycket känsliga, och förmår upptäcka eventuella spår av tidigare hantering av vapenmaterial som inte nödvändigtvis går att datera. Detta kan i sin tur leda till osäkerhet om en viss aktivitet har skett före eller efter avtalets ikraftträdande och därmed osäkerhet om huruvida avtalsbrott har skett eller ej.

En annan utmaning är produktion och lager av HEU för framdrivning av fartyg. Det är mycket svårt att tänka sig att det skulle gå att nå acceptans för ett avtal som förbjuder produktion av HEU för vapenändamål utan att det är kopplat till trovärdig verifikation och kontroll av produktion och lager av HEU för framdrivningsändamål. De strategiska ubåtarnas exakta kapacitet och rörelsemönster är vanligen omgärdat med stark sekretess, vilket är en betydande begränsning i möjligheterna till både transparens och verifikation av materialåtgång. Även om det är möjligt att konvertera reaktorer avsedda för HEU-bränsle till LEU så är detta just för ubåtar för-

[7] Enda undantaget från detta skulle vara att NPT:s artikel V faktiskt tillåter fredlig användning av kärnexplosioner på en icke-kärnvapenstats territorium om det sker under internationell kontroll och inte innebär att kontroll över kärnladdningar överförs till staten ifråga, vilket skulle innebära ett brott mot artikel I och II. CTBT tillåter däremot inga som helst kärnexplosioner på områden under en signatärstats jurisdiktion.

[8] Ett undantag skulle möjligen kunna vara om ett framtida FMCT begränsar möjligheten att använda höganrikat uran för marin framdrivning som är undantaget IAEA:s kärnämneskontroll.

knippat med speciella tekniska svårigheter eftersom härdens vikt och storlek inte är enkelt anpassningsbar i en befintlig ubåt.

En fråga som diskuteras är också en framtida verifikationsregim. Såväl verifikation i IAEA:s regi som en fristående verifikationsregim förespråkas. Argument för verifikation i IAEA:s regi är att detta är ett existerande internationellt och väl fungerande expertorgan för kontroll av kärnämne, medan argumenten som framförs mot är att FMCT skulle röra material för vapenändamål med särskilt spridningskänslig och sekretessbelagd information avseende exakt isotopsammansättning, legeringsämnen och geometrier osv.

2.5 Bilaterala rustningskontrollerande avtal – Nya START och INF

Utöver ovan nämnda avtal finns också bilaterala rustningskontrollerande avtal mellan Ryssland och USA som reglerar kärnvapen, eller i strikt mening, kärnvapenbärare. Dessa avtal har bilaterala verifikationsregimer. Här tas de två avtal som fortfarande är i kraft upp, det nya START-avtalet och INF.

Det nya START-avtalet mellan Ryssland och USA skrevs under i Prag den 8 april 2010 och reglerar antalet förbandslagda strategiska kärnstridsspetsar, deras vapenbärare och uppskjutningsanordningar. Under avtalet tillåts parterna 1 550 förbandslagda kärnstridsspetsar vardera och sammanlagt 800 förbandslagda och icke förbandslagda tunga bombplan och uppskjutningsanordningar för ICBM[9] och SLBM[10] sju år efter att avtalet trädde i kraft. Vidare finns en gräns på 700 förbandslagda ICBM, SLBM och tunga bombplan utrustade för att leverera kärnvapen.

Det är i sammanhanget viktigt att ”stridsspetsar” i avtalets mening inte är faktiska stridsspetsar utan ett nominellt antal stridsspetsar tilldelade varje bärare. Antalet återinträdesfarkoster på en specifik ballistisk robot räknas som det faktiska antalet stridsspetsar tilldelade denna robot och ett strategiskt bombplan räknas som en enskild stridsspets. Till avtalet är knutet en bilateral verifikationsregim, som innehåller delar från verifikationsregimen för det tidigare START-1 avtalet men också andra delar. I regimen ingår inspektioner på platsen, datautbyte och arrangemang för att underlätta användandet av s.k. *National Technical Means* (NTM), dvs. tekniska resurser under strikt nationell kontroll som används för att övervaka efterlevnaden av ett avtal, såsom satellit- och annan fjärrövervakning. Avtalet omfattar också utbyte av telemetridata[11] mellan parterna. Under nya START-avtalet sker unik identifiering av alla bärare. I en bilaga till protokollet till avtalet regleras exakt vilken mätutrustning inspektörer får medföra och hur den får användas.

[9] ICBM – *Intercontinental Ballistic Missile*, dvs. interkontinental ballistisk robot.
[10] SLBM - *Submarine Launched Ballistic Missile*, ballistisk robot som avfyras från ubåt.
[11] Telemetridata avser parametrar såsom acceleration och temperatur som mäts vid provskjutningar av robotar och skickas till mark– eller sjöbaserade system för insamling och bearbetning.

Tillåten mätutrustning omfattar bland annat måttband av olika typer, kompass, digitalkamera, dosimeter, miniräknare och neutrondetektorer. Under inspektioner skärmas stridsspetsar visuellt och neutronmätningar får endast ske för att verifiera avsaknad av kärnstridsspetsar, det sker alltså inga strålningsmätningar för att verifiera att ett objekt är en kärnstridsspets.

INF-avtalet (*The Treaty on the Elimination of Intermediate-Range and Shorter-Range Missiles*) slöts mellan USA och Sovjetunionen den 8 december 1987. INF kom specifikt till med syftet att begränsa kärnvapenhotet i Europa under det kalla kriget. Avtalet förbjuder parterna att inneha markbaserade robotar med räckvidd mellan 500 och 5500 kilometer. I avtalet överenskoms att parternas robotar med räckvidder inom det specificerade intervallet samt uppskjutningsanordningar och associerad kringutrustning och infrastruktur skulle förstöras inom en period av tre år. INF omfattar en hel klass av robotar oavsett om de är avsedda att bära konventionella stridsdelar eller massförstörelsevapen. Implementeringen var framgångsrik och resulterade i att USA och Sovjetunionen i enlighet med avtalet per den 1 juni 1991 hade eliminerat totalt 2 692 kort- och medeldistansrobotar. Det förtjänar att påpekas att ett flertal länder, också sådana som innehar kärnvapen, har robotar som faller innanför INF:s ramar.

Avtalet hade en stark verifikationsregim vars mandat formellt avslutades den 31 maj 2001. Verifikationsregimen omfattade bl.a. närvaro av inspektörer då robotar förstördes, omfattande inspektioner på plats vid specificerade anläggningar i USA och f.d. Sovjetunionen samt i andra länder där robotar fanns baserade, inklusive kontinuerlig övervakning av vissa anläggningar, med närvaro av amerikanska inspektörer vid anläggningen i Votkinsk[12] och sovjetiska inspektörer vid Hercules Plant #1 i Utah[13].

2.6 Plutonium Management and Disposition Agreement

I det s.k. *Plutonium Management and Disposition Agreement* (PMDA) som slöts år 2000 mellan USA och Ryssland åtog sig parterna att omvandla minst 34 ton överskottsplutonium av vapenkvalitet till oxidbränsle för bestrålning i bestämda reaktorer.[14,15] I avtalet förutsågs parternas behov att skydda information om den ursprungliga isotopsammansättningen, och klausuler om utblandning med upp till 12 procent annat plutonium infördes. Isotopsammansättningen hos detta utblandnings-

[12] Monteringsanläggning för SS-20.
[13] Produktionsanläggning för steg till Pershing II.
[14] International Panel on Fissile Materials (IPFM): *Global Fissile Material Report 2008*. Avtalstexten finns på t.ex. IPFM:s websajt: http://fissilematerials.org/library/doe00.pdf.
[15] Det ursprungliga avtalet från år 2000 uppdaterades med ett protokoll år 2010 http://www.state.gov/r/pa/prs/ps/2010/04/140097.htm.

plutonium skulle inte få bestämmas vid verifikationen, men mätningar för att säkerställa att mängden inte översteg den tillåtna andelen skulle göras. Avtalet ger möjlighet till inspektioner av motpartens aktiviteter och kräver också att materialet ställs under IAEA:s kontroll efter utblandning och konvertering alternativt när det mottas vid en bränsletillverkningsanläggning.

2.7 Konventionerna mot biologiska och kemiska vapen

Konventionen mot biologiska vapen (BTWC[16]) trädde i kraft 1975. Till skillnad mot Konventionen mot kemiska vapen (CWC[17]), som trädde i kraft 29 april 1997, saknar BTWC verifikationsorgan. Som nedrustningsavtal är CWC unikt ur flera hänseenden som den första multilaterala heltäckande konventionstexten. Kortfattat innehåller den ett totalt förbud mot användning, produktion, anskaffning, innehav, överföring och utveckling av kemiska vapen. Vidare omfattar konventionen bland annat regler för destruktion av produktionsanläggningar och existerande lager, möjligheter till flera olika typer av inspektioner och inte minst beskrivning av upprättandet av en kontrollorganisation.

CWC har också förslagits som modell för en konvention mot kärnvapen.[18,19] En viktig skillnad gentemot en eventuell framtida kärnvapenkonvention är emellertid synen på universalitet. Det förefaller inte troligt att en framtida kärnvapenkonvention skulle nå acceptans och kunna träda i kraft utan universell anslutning, eller åtminstone att alla stater med signifikanta aktiviteter på det kärntekniska området hade ratificerat, såsom exempelvis är fallet i fråga om CTBT. Både CWC och BTWC har trätt i kraft trots att stater som har signifikanta aktiviteter inom områdena, och vissa som till och med misstänks ha kemiska vapen, inte har ratificerat avtalen.[20]

Verifikationen av CWC har vissa paralleller med vad som skulle krävas av en verifikationsregim för nedrustning av kärnvapen, men naturligtvis även viktiga skillnader. Till skillnaderna hör att de säkerhetspolitiska konsekvenserna av ett

[16] Biological and Toxin Weapons Convention.

[17] Chemical Weapons Convention.

[18] I *Securing our Survival* (*"Securing our Survival, The case for a Nuclear weapons Convention, International Physicians for the prevention of nuclear war"* International association of lawyers against nuclear arms, International network of engineers and scientists against proliferation, International Physicians for the Prevention of Nuclear War, 2007. ISBN 978-0-6646-47379-6) ges dels ett utkast till en möjlig framtida kärnvapenkonvention och det förs också en diskussion kring en sådan konvention och hur förhandlingar skulle kunna ske.

[19] Det finns också omfattande material angående ett internationellt förbud mot kärnvapen på websajten för International Campaign to Abolish Nuclear Weapons http://www.icanw.org/.

[20] Som exempel har bl.a. Israel skrivit under men inte ratificerat CWC; Egypten och Syrien har varken skrivit under eller ratificerat CWC. Dessa länder, tillsammans med ett flertal andra, har heller inte ratificerat BTWC.

avtalsbrott vore av en helt annan dignitet när det gäller kärnvapen, att icke-spridningshänsyn och annan sekretess erbjuder svårare problem vid inspektioner av kärnstridsspetsar samt att det finns betydande praktiska skillnader mellan att förstöra kemiska stridsmedel och att demontera kärnvapen och åstadkomma en lämplig slutdisposition av de ingående komponenterna inklusive det fissila materialet.

2.8 Sammanfattande kommentarer

Det finns till dags dato ingen praktisk erfarenhet av verifikation av avtal mellan stater rörande nedrustning av enskilda kärnstridsspetsar och det finns inte heller avtal som omfattar anläggningar för produktion och underhåll av kärnstridsspetsar. Under INF regleras en hel kategori vapenbärare, men inga stridsspetsar, medan nya START direkt reglerar antal vapenbärare men endast nominellt antal förbandslagda stridsspetsar. De rustningskontrollerande avtal inom kärnvapenområdet som finns eller funnits mellan USA och Ryssland/Sovjetunionen har alla reglerat antal förbandslagda stridsspetsar. Flyttning av stridsspetsar till lager och en reduktion i antalet vapenbärare har alltså varit nog för att uppfylla åtaganden enligt avtalen. Om Ryssland och USA skulle påbörja diskussioner om fortsatta reduktioner av såväl strategiska som substrategiska kärnvapen skulle frågan om inspektion av stridsspetsar komma att konkretiseras vilket i så fall skulle kunna ge värdefulla erfarenheter för ett avtal om kärnvapennedrustning.

En viktig skillnad mellan exempelvis NPT, FMCT samt också PMDA och de rustningskontrollerande avtalen START och INF är att under de förra verifieras eller tänks verifiera material i bulk medan under de senare verifieras enskilt antal vapenbärare. Andra viktiga skillnader är de bi- respektive multilaterala inspektionsregimerna samt de olika typerna av spridnings- och sekretesshänsyn.

Existerande avtal har visat att det är möjligt att framgångsrikt implementera verifikations- och inspektionsregimer för vapenbärare i en bilateral kontext. För kärnvapenproduktionsanläggningar, stridsspetsar och ledningssystem finns det däremot inga skarpa erfarenheter av vare sig bi- eller multilaterala avtal. En multilateralisering oavsett om den omfattar parter som inte är teknologiinnehavare eller inte skulle säkerligen vara långt mer komplicerad att implementera än existerande bilaterala regimer.

3 Steg på vägen i en nedrustnings-process

I detta avsnitt diskuteras möjliga steg på vägen i en framtida nedrustningsprocess. Diskussionen rör företrädesvis numerär, inte hur denna ska uppnås och vi lämnar därför viktiga diskussioner om strategisk stabilitet på vägen till nedrustning inklusive missilförsvar och paritet i konventionella styrkor i stort sett därhän. Det är av vikt att notera att bilateral rustningskontroll mellan Ryssland och USA har implikationer för andra länders säkerhet, t.ex. genom säkerhetsgarantier till allierade. Även i många andra avseenden påverkar stormakternas militära förmåga, inklusive kärnvapenförmåga, andra staters säkerhetspolitiska situation. Om den strategiska balansen mellan Ryssland och USA och också mellan USA och övriga världen skulle förändras skulle det därför leda till förändringar i det säkerhetspolitiska läget i stora delar av världen. Detta skulle t.ex. kunna leda till att stater som idag omfattas av säkerhetsgarantier skulle överväga att skaffa egen kärnvapenförmåga.

Som en bakgrund till diskussionen behöver vi veta ungefär hur många stridsspetsar som finns i de olika kärnvapeninnehavarnas arsenaler. I tabellen nedan finns siffror över länders med kärnvapeninnehav uppskattade arsenaler.[21]

Tabell 1: Kärnvapenarsenaler i världen 2011.

Land	Strategiska Utgrupperade	Reserv	Substrategiska Utgrupperade	Reserv	Ska nedmonteras	Totalt
USA	1950	2850	200	-	3500	8500
Ryssland	2600	3700	~ 2000	~ 3300	-	~ 11600
Kina	185	55	-	-	-	240
Frankrike	300	-	-	-	-	300
Storbritannien	120 - 160	65	-	-	-	225
Israel	100 – 200	-	-	-	-	100 - 200
Indien	60 – 80	-	-	-	-	60 - 80
Pakistan	100 - 110	-	-	-	-	100 – 110
Nordkorea	-	-	-	5 – 6	-	5 – 6
Totalt	~ 5550	6670	2200	3305	3500	~ 21240

Ryssland och USA står tillsammans för mer än 90 % av världens kärnvapen, och en fortsatt bilateral nedrustningsprocess tills dessa länders arsenaler är i någon form av paritet med andra länders kärnvapeninnehav ter sig som ett naturligt steg på vägen.

[21] *BASIC Trident Comission - Trends in the other nuclear armed states.pdf*, http://www.basicint.org/publications/dr-ian-kearns-trident-commission-consultant/2011/beyond-uk-trends-other-nuclear-armed-s.

Förutom att det sannolikt skulle vara svårt för alla inblandade att i detta skede nå acceptans för en multilateral process som omfattar alla stater med kärnvapeninnehav skulle en sådan bli mycket långdragen och kostsam. Den nuvarande amerikanska ledningen har också i såväl *Nuclear Posture Review* 2010[22] som i andra fora uttryckt att den ser nästa steg som fortsatta bilaterala samtal med Ryssland avseende kärnvapenreduktioner:

> *…the United States intends to pursue with Russia further reductions in strategic and non-strategic nuclear weapons, including non-deployed nuclear weapons.*
>
> *Of course, addressing tactical nuclear weapons will require close coordination with our NATO allies as the alliance reviews its overall deterrence and defense posture, including NATO's nuclear posture.*[23]

Från rysk sida har en vilja att involvera fler länder redan i nästa steg i processen uttryckts[24] medan USA anser att så redan har börjat ske i samband med de tekniska möten mellan de enligt NPT erkända kärnvapenstaterna rörande transparens och verifikation som är ett resultat av NPT:s översynskonferens 2010 (NPT RevCon2010).

Oaktat denna diskussion finns en uppfattning att gränsen för bilateral rustningskontroll mellan Ryssland och USA ligger vid i storleksordningen 1000 stridsspetsar vardera.[25] Med mindre arsenaler än så närmar man sig de nivåer där andra kärnvapenstater befinner sig. Nästa steg torde därför vara en multilateral process, vilket medför en ny uppsättning utmaningar.

Under en bilateral verifikationsregim som avser två jämbördiga parter har båda parter förmodligen lika stora enskilda sekretesshänsyn avseende egna system, vilket också medför större förståelse för motpartens vilja att förhindra spridning av information. Vidare är det lättare att uppnå en gemensam bild av vilken information som är nödvändig att ha tillgång till ur verifikationshänseende och därmed lättare att enas om procedurer som tillfredsställer behovet av information ur verifikationssynpunkt utan att den nationella säkerheten äventyras.

I en multilateral verifikationsregim där stater med olika kunskapsbild deltar är det svårare att nå enighet om hur mycket information som kan delas och hur mycket som måste delas för att tillräcklig trovärdighet ska uppnås, liksom om vad som utgör tillräcklig trovärdighet. För såväl kärnvapenstater som icke-kärnvapenstater torde

---

[22] *Nuclear Posture Review Report*, US Department of Defense, april 2010, http://www.defense.gov/npr/docs/2010%20Nuclear%20Posture%20Review%20Report.pdf.

[23] Rose Gottemoeller, Assistant Secretary, Bureau of Arms Control, Verification and Compliance. Vilnius University, Vilnius, Lithuania, February 9, 2011, http://www.state.gov/t/avc/rls/156394.htm

[24] Ambassadör Sergej Kisliyak, vid Carnegie International Nuclear Policy Conference 2011, http://newmediamanager2.net/popup/1536.

[25] Se t ex. paneldiskussion *'Deep reductions stability at low numbers'* vid 2011 Carnegie International Nuclear Policy Conference 2011, http://carnegieendowment.org/events/nppCon2011/files/0404carnegie-day1-ampitheater-4pm.pdf.

frågan vad som är nödvändig respektive tillräcklig information för att kunna verifiera ett avtal om kärnvapennedrustning vara en av de allra viktigaste i sammanhanget. Detta är därmed också en fråga som är av vikt för icke-kärnvapenstater att studera.

En fråga som infinner sig är under vilka omständigheter ett avtal som ställer fissilt material användbart för vapenändamål under kontroll samt ett avtal som förbjuder produktion av sådant material behöver finnas på plats. Detta är viktigt för irreversibiliteten i nedrustningen. Ett avtal som förbjuder nyproduktion av fissilt material för vapenändamål förhindrar stater från att bygga upp nya lager av vapenvärdigt material och därmed i framtiden utöka sina arsenaler. Det maximala möjliga antalet stridsspetsar för varje stat begränsas då av mängden fissilt material i lager då ett avtal om nyproduktion träder i kraft. Ett avtal som också ställer lager av fissilt material användbart för vapenändamål under kontroll förhindrar nyproduktion av stridsspetsar från befintligt material och det maximala antalet stridsspetsar för respektive stat fryses till den nivå som gäller då ett avtal träder i kraft. Ett avtal som inte ställer lager under kontroll möjliggör alltså nyproduktion av stridsspetsar och därmed en förskjutning av storleksförhållandena mellan olika staters arsenaler.

Bland de i NPT erkända kärnvapenstaterna är det endast Kina som utökar sin arsenal. Enligt vissa bedömare skulle de fram till 2020 kunna dubblera sin arsenal av förbandslagda stridsspetsar.[26] Men, eftersom Kina redan idag har lager av klyvbart material för vapenändamål tillräckligt för att åtminstone tredubbla antalet stridsspetsar[27] skulle ett förbud om produktion av klyvbart material vara av mindre betydelse för en eventuell utökning.

Såväl Indien som Pakistan har eller kommer i närtid att ha kapacitet att producera och separera något 30-tal kg vapenplutonium per år, motsvarande mellan sju och åtta laddningar. Det skulle alltså ta i storleksordningen 15 år att utöka respektive arsenal med 100 kärnladdningar. Även om balansen Kina-Indien-Pakistan avsevärt skulle ändras på denna tidsskala skulle det knappast påverka balansen gentemot Ryssland och USA i 15-årsperspektivet.

Det är viktigt att notera att de steg på vägen som skisseras nedan utgår från dagens nivåer avseende olika staters kärnvapeninnehav och förutsätter att det inte sker några signifikanta ökningar gentemot dagens nivåer utöver dem som diskuteras ovan.

[26] Chinese Nuclear Forces 2011, *Bulletin of the Atomic Scientists* November/December 2011 vol. 67 no. 6 81-87, Hans M. Kristensen and Robert S. Norris http://bos.sagepub.com/content/67/6/81.full.

[27] *Banning the production of fissile materials for weapons: Country perspectives on the challenges to a fissile material (cut-off) treaty*. International Panel on Fissile Materials 2008. http://fissilematerials.org/library/FMCT-Perspectives.pdf.

3.1 Från dagens läge till 1000 stridsspetsar vardera för Ryssland och USA

Att nå från dagens läge till ett totalt antal omkring 1000 stridsspetsar kommer alltså troligen att ske genom bilaterala avtal mellan Ryssland och USA.

Vad det exakta sluttillståndet i den processen kommer att vara är en intressant fråga i sig och ett ingångsvärde för därpå följande nedrustningsaktiviteter. Frågeställningen skiljer sig avsevärt beroende på om det är ett faktiskt eller ett nominellt antal förbandslagda stridsspetsar eller ett verifierat totalt antal, dvs. omfattande både förbandslagda stridsspetsar och sådana i lager.

Det mest troliga alternativet, bland annat av skälet att det annars skulle vara fråga om mycket långtgående reduktioner med stora strategiska implikationer även för andra stater, förefaller vara att det skulle komma att röra sig om i storleksordningen 1000 förbandslagda strategiska stridsspetsar. Det är troligt att även substrategiska kärnvapen åtminstone i någon mån kommer att omfattas av denna process. Om det då skulle röra sig om någon form av verifierade nedrustningsåtaganden skulle nya inspektions- och verifikationsrutiner behöva utvecklas, eftersom det inte är tillräckligt att verifiera vapenbärare i detta fall. Utvecklandet av sådana rutiner kommer, att ge värdefulla erfarenheter för kommande verifikation av kärnvapennedrustning, även om det säkerligen inte kommer att lösa alla med området förknippade problem. Det kommer dels att vara en bilateral process mellan två inom området likvärdiga parter och dels skulle båda parterna fortfarande efter genomförda reduktioner ha betydande arsenaler, vilket skulle göra att eventuella avvikelser från exakt numerär inte skulle vara av samma dignitet som vid fullständig nedrustning. Det skulle i detta fall inte heller vara nödvändigt med något avtal som förbjuder produktion av fissilt material för vapenändamål, eftersom ett sådant avtal, om även om det är politiskt bindande, inte är irreversibelt avseende möjligt antal förbandslagda stridsspetsar i framtiden. Detta ger avtalsparterna frihet om den ena av dem skulle bryta avtalet i framtiden och också avseende framtida utveckling av andra länders arsenaler.

Om avtalet skulle röra sig om ett verifierat totalt antal stridsspetsar (i motsats till att endast omfatta förbandslagda stridsspetsar) skulle, förutom de åtgärder som skulle krävas för att inkludera substrategiska kärnvapen, ytterligare åtgärder krävas. Ett avtal som ställde befintligt fissilt material under kontroll samt omfattade förbud mot nyproduktion av fissilt material för vapenändamål skulle behöva finnas på plats eftersom det annars skulle vara möjligt att, utan att det stred mot något avtal, producera nytt fissilt material och därmed möjligt att i framtiden producera nya stridsspetsar med en förändring i de inbördes förhållandena mellan olika länders kärnvapenarsenaler som följd.

Vidare skulle ett antal begrepp behöva definieras och verifikationsmetoder för att säkerställa att dessa gäller behöva överenskommas. Eftersom dessa med största

sannolikhet är desamma som skulle krävas för ett multilateralt avtal berörs de i nästa avsnitt nedan.

Den troliga utformningen av verifikationsregimen för ett bilateralt avtal är att denna också är bilateral. För att öka trovärdighet för verifikationsregimen skulle man kunna tänka sig att observatörer från exempelvis övriga kärnvapenstater och/eller IAEA kunde delta i vissa steg i processen. Åtgärder som skulle underlätta implementeringen av ett kommande multilateralt nedrustningsavtal har diskuterats bland annat av Acton[28]. Dessa skulle kunna innefatta deklarationer från övriga kärnvapenstater, vilket skulle bidra till transparens, och ett avtal om frysning av arsenalers storlek. Sådana åtgärder skulle också kunna ge trovärdiga ingångsvärden för ett multilateralt avtal.

3.2 En multilateral process mot noll

Det förefaller inte sannolikt att vare sig Ryssland eller USA skulle acceptera en stegvis process avseende ytterligare reduktioner från vardera 1000 stridsspetsar utan att motsvarande reduktioner sker hos alla stater med kärnvapeninnehav. Reduktioner av företrädesvis USA:s kärnvapenarsenal skulle också ha betydande påverkan på det säkerhetspolitiska läget för stater som omfattas av säkerhetsgarantier från USA och skulle därmed kunna leda till att sådana stater skulle kunna få incitament att utveckla egna kärnvapen. Därmed bedöms en multilateral process omfattande alla stater med kärnvapeninnehav som nödvändig. En grundförutsättning för en nedrustningsprocess är att alla kärnvapen och allt för vapen användbart fissilt material deklareras. Vidare behöver det finnas ett avtal som förbjuder nyproduktion av fissilt material för vapenändamål. Deklarationer rörande kärnvapenrelaterade anläggningar, vapenbärare och andra relaterade system kommer också att krävas. Dessa deklarationer kommer också att behöva kunna verifieras. Deklarationer av stridsspetsar kommer med stor sannolikhet att behöva vara på individnivå för att faktiskt antal deklarerade stridsspetsar ska kunna verifieras utan risk att samma stridsspets presenteras för verifikation vid upprepade tillfällen.

Vad som avses med att ett kärnvapen är nedrustat respektive destruerat skulle behöva definieras och hur dessa tillstånd ska verifieras skulle behöva bestämmas. Nedrustningsprocessen måste vara strikt, exakt definierad och detaljerad med en stegvis plan för nedrustningen och verifikationen av densamma. Hur denna process kan se ut diskuteras inte vidare här. Det förefaller emellertid inte troligt att avtalsparterna kommer att släppa den fysiska kontrollen över sina sista stridsspetsar, exempelvis till ett lager under internationell kontroll, i ett första skede. En möjlighet kunde vara att de sista stridsspetsarna, utan att nämna någon exakt siffra, får lagras

[28] James M. Acton, *Low Numbers – a practical path to deep nuclear reductions*, Carnegie Endowment for International Peace, 2011.

under noggrann övervakning under någon tid, tills samtliga avtalsparter anser sig ha tillfredsställande belägg för att ingen fuskat så långt.

Verifikationsprocessen måste omfatta såväl ursprungliga deklarationers fullständighet som destruktion av enskilda stridsspetsar, vilket medför en utmaning avseende sekretessproblematiken. Till dags dato har ingen visuell inspektion skett av annan stats stridsspets. Det närmaste man har kommit är de mätningar som skedde i *'Black sea experiment'*,[29] (se avsnitt 4.4) och detta skulle med hänvisning till resonemang i kapitel 8 antagligen inte räknas som tillräckligt för att med säkerhet identifiera ett objekt som kärnstridsspets. Även vid fullständig nedrustning måste hänsyn tas till icke-spridning och andra säkerhetshänsyn varför de procedurer som används måste garantera så låg spridningsrisk som möjligt.

En grundförutsättning för en fungerande verifikationsregim är att processer och instrumentering upplevs som tillräckligt säkra av såväl kärnvapenstater som icke-kärnvapenstater. Det är därför värdefullt om icke-kärnvapenstater har varit involverade i att utveckla instrumentering och processer, såsom nyligen skett i samarbetet mellan Norge och Storbritannien (UKNI, se avsnitt 4.8). Hur verifikationsregimen sedan ska vara sammansatt är en central fråga, men mer av politisk än teknisk natur. Nedrustande stater, dvs. stater med kärnvapeninnehav, är med nödvändighet involverade, men det är inte givet att icke-kärnvapenstater måste delta i verifikationsprocessen. Förtroendet för processen borde av de flesta stater upplevas som stort om alla kärnvapenstater deltog fullt ut. Ett scenario där alla dessa stater fuskade tillsammans förefaller inte heller särskilt troligt. Det är möjligt att det skulle vara acceptabelt ur transparens- och företroendehänseende att icke-kärnvapenstater stod utanför verifikationsregimen, vilket skulle medföra att kostnaderna skulle bli lägre och möjligen att spridningsriskerna skulle bli mindre. För icke-kärnvapenstater varierar det säkerligen hur viktigt det är att delta i en verifikationsprocess för att denna ska uppfattas som trovärdig. Det är troligt att åtminstone vissa icke-kärnvapenstater stater skulle anse att deltagande var av största vikt. Det kan också upplevas som viktigt av nedrustande stater att även icke-kärnvapenstater deltar i verifikationsprocessen. Det förefaller alltså troligt att icke-kärnvapenstater kan bli direkt involverade i en framtida verifikationsregim.

En fråga relaterad till en eventuell verifikationsregims sammansättning är huruvida IAEA skulle ha en formell roll. IAEA är ett existerande internationellt organ med hög trovärdighet och unika kunskaper inom det kärntekniska området. IAEA kommer också med stor sannolikhet att ha ansvar för slutlig kontroll av det fissila materialet från avrustade kärnladdningar, även om IAEA:s nuvarande kompetens inte innefattar några andra aspekter av kärnvapennedrustning. De goda erfarenheterna bland annat från det s.k. Trilaterala initiativet (se avsnitt 4.6) pekar också på att IAEA kan ges en viktig roll när det gäller kontroll av vapenmaterial. Det skulle

[29] S. Fetter et. al., "Gamma-Ray Measurements of a Soviet Cruise-Missile Warhead" *Science* 248 (1990) 828-834.

också vara kostsamt att bygga upp en ny organisation med om inte samma så ändå överlappande uppgifter som hos en redan existerande. Om IAEA skulle få en roll utöver kontroll av fissilt material skulle dess roll och kompetens emellertid behöva utvecklas.

3.3 Möjliga exempel på unilaterala nedrustningsprocesser

Det finns ett flertal exempel på hur unilateral nedrustning har skett, vilket diskuteras i kapitel 4. I många fall har det varit den nedrustande staten som definierat om och hur processen ska verifieras, och nedrustnings- och verifikationsprocessen har varit olika beroende vilka politiska ställningstaganden som legat bakom beslutet. Detta torde även gälla eventuella framtida unilaterala åtaganden, och det är värt att notera att såväl process som sammansättning av en eventuell verifikationsregim påverkas av vilka andra stater som mest berörs av nedrustningen, och om beslutet främst har regional eller global påverkan, vilket illustreras i ett par exempel nedan.

Det första exemplet avser om en av de enligt NPT erkända kärnvapenstaterna unilateralt skulle göra sig av med sina kärnvapen. Exemplet som har valts, av flera anledningar, är Storbritannien. Den globala kärnvapenbalansen skulle inte påverkas i någon större utsträckning av beslutet och det är möjligt att det skulle kunna ske utan någon större förskjutning av balansen i Europa även om Frankrike skulle bli ensam kärnvapenstat. Storbritannien har också gjort långtgående reduktioner i sin arsenal och det finns också ett omfattande program för aktiviteter rörande kärnvapennedrustning inklusive transparens och förtroendeskapande åtgärder. Det är intressant att notera att trovärdigheten avseende de reduktioner som Storbritannien har vidtagit i sin arsenal upplevs som god av omvärlden, trots att dessa reduktioner har skett utan att verifieras av någon utomstående part. Om Storbritannien skulle välja att ge upp sin kärnvapenförmåga kan man förmoda att detta skulle ske med så stort multinationellt deltagande som man anser möjligt utan att spridningskänslig information röjs, men det är fullt möjligt att en nedrustningsprocess utan extern verifikation ändå skulle betraktas som tillräckligt trovärdig av omvärlden.

Om Israel skulle välja att göra sig av med sin kärnvapenarsenal skulle läget i Mellanöstern förändras signifikant. Det är möjligt att omkringliggande stater faktiskt skulle uppfatta detta som en försämring av säkerhetsläget eftersom Irans inflytande i regionen förmodligen skulle öka. Oaktat denna fråga kan man anta att ett antal stater i regionen skulle ha ett stort intresse av att delta i verifikationsåtgärder för att försäkra sig om att en nedrustning verkligen skett. Huruvida Israel skulle vara intresserat av en sådan lösning är en öppen fråga; det kanske skulle vara enklare att göra som Sydafrika och låta IAEA i efterhand så gott det går verifiera att allt fissilt vapenmaterial som producerats placerats under kärnämneskontroll.

Fallet Iran är också intressant. Omvärlden misstänker att Iran har ett kärnvapenprogram medan Iran självt hävdar att så inte är fallet. Olika länder har fört samtal

med Iran i olika konstellationer och IAEA inspekterar deklarerade anläggningar utan att något Tilläggsprotokoll tillämpas. Eftersom Iran inte har erkänt något kärnvapenprogram kan ett scenario där man återupptar tillämpningen av sitt Tilläggsprotokoll och ger IAEA:s inspektörer full tillgång till alla anläggningar vara möjligt. Någon form av regional verifikationsregim förefaller mindre sannolikt. En nordkoreansk avrustningsprocess är främst av regionalt intresse även om också USA är en stark intressent. I den regionala kontexten har Sydkorea störst intresse men också Japan har intresse av att nedrustningen verifieras. En möjlig kontext är att verifikation kunde ske inom samma krets som fört samtal med Nordkorea om nedrustning (Sexpartsprocessen) med deltagande av IAEA, men verifikation helt i IAEA:s regi är också ett möjligt scenario.

Resonemanget skulle kunna sammanfattas med att olika nedrustningsscenarier kräver olika verifikation för trovärdigt eller åtminstone allmänt accepterat slutresultat.

4 Tidigare erfarenheter

Det finns ett fåtal exempel på länder som frivilligt valt att ge upp sina kärnvapen och samarbetat med det internationella samfundet för att verifiera sin nedrustning. I slutet på 1980-talet avbröt Sydafrika sitt kärnvapenprogram, monterade ned de sex kärnladdningar man tillverkat och ställde sina anläggningar under IAEA:s kontroll. Nästan samtidigt, i samband Sovjetunionens kollaps, uppstod tre nya ”kärnvapenstater”: Ukraina, Kazakstan och Vitryssland. Den efterföljande händelseutvecklingen i de tre staterna innebar initialt inte någon nedrustning eller nedmontering utan en förflyttning av vapnen till Ryssland, där de senare delvis avvecklades.

Vi ska kort beröra dessa händelser samt vidare belysa några av de studier, experiment och övningar som ägnats verifikation av en nedrustningsprocess.

4.1 Forna Sovjetstater

I samband med Sovjetunionens kollaps beslöts efter långa förhandlingar[30] att de kärnvapen som varit placerade i Ukraina, Vitryssland och Kazakstan skulle lämnas över till Ryssland. Innehavet av strategiska och substrategiska[31] kärnvapen i de nya staterna var betydande. Både Ukraina och Kazakstan ärvde långt över tusen strategiska stridsspetsar och Ukraina blev över en natt världens tredje största kärnvapenstat med totalt över 5000 laddningar på sitt territorium.

Förhandlingarna och resulterande avtal innefattade många komponenter, inklusive den kanske största stötestenen, om ekonomisk kompensation för det fissila materialet. Då de substrategiska kärnvapnen inte omfattades av START-1 tvingades man tillämpa skilda avtal och olika tillvägagångssätt för hur nedrustningen och överlämnandet skulle förverkligas. Ukraina krävde t.ex. att de substrategiska kärnvapnen skulle förstöras om de överlämnades till Ryssland eftersom man inte ville riskera att vapnen i framtiden riktades mot Ukraina. Ukrainas dåvarande president Leonid Kravchuk yrkade bl.a. på att internationella team skulle övervaka nedmonteringen av vapnen och föreslog att man skulle bygga en dedikerad demonteringsanläggning på ukrainsk mark för detta ändamål, men fick inte gehör för något av förslagen. Ryssland avvisade bl.a. kravet om internationell övervakning då detta ansågs kunna avslöja vapentekniska försvarshemligheter. Efter diverse turer löstes övervakningsproblematiken då Ukraina lyckades få till stånd ett bilateralt avtal med Ryssland vilket i slutändan innebar att de substrategiska kärnvapnen som kom från Ukraina

[30] Se t.ex. Lesya Gak, ”Denuclearization and Ukraine: Lessons for the Future”, *The Nonproliferation Review*, vol. 11, no.1, pp. 106-135, 2004; Lars van Dassen ”Ukraina – landet som kom in från kylan efter taktiskt spel om strategiska vapen” *Nucleus* 1, 2006; Amy F. Woolf ”*Nuclear Weapons in Russia: Safety, Security, and Controll Issues*” CRS Issue Brief for Congress, IB98038, augusti 2003.

[31] Med substrategiska kärnvapen avses här helt enkelt alla kärnvapen som inte omfattades av START-1.

verkligen demonterades och att ukrainska inspektörer fick bevittna och kontrollera denna process.[32]

Lösningen för överlämningen av de substrategiska kärnvapnen var likväl en relativt okomplicerad process som främst byggde på bilaterala uppgörelser. Det visade sig svårare att hitta lösningar för de strategiska kärnvapnen, en process som även inkluderade USA och andra internationella aktörer. Situationen löstes i maj 1992 då USA, Ryssland, Ukraina, Kazakstan och Vitryssland skrev under det s.k. Lissabonprotokollet, ett tillägg till START-1. I protokollet erkändes Ukraina, Kazakstan och Vitryssland som fullvärdiga arvtagare till Sovjetunionens förpliktelser under START-1, samtidigt som de tre lovade att ansluta sig till NPT med förpliktelser som icke-kärnvapenstater. Alla substrategiska kärnvapen var förflyttade till rysk mark i slutet av 1992 och samtliga kärnvapen från de tre staterna var överförda till Ryssland 1996, då man också hade påbörjat elimineringen av bärare under START-1 avtalet.[33]

Man kan sammanfattningsvis konstatera att överflyttningen av kärnvapnen till rysk mark inte inordnades under någon multinationell verifikationsregim utan tilläts ske i en bilateral process, och att omvärlden i stort accepterade och hade förtroende för detta. Skälen är sannolikt flera, men ett är troligen att det inte fanns utrymme för något av länderna att smussla undan några vapen i hemlighet. All information om numerärer och utplacering fanns i Moskva. Det existerade alltså en fullständig deklaration. Något sekretessproblem existerade inte heller då samtliga stater var teknologiinnehavare. Ingen av de tre mindre staterna hade heller något oberoende varnings-, lednings- eller kommunikationssystem, allt sköttes från Moskva. Ingen av staterna hade därför på egen hand kunnat upprätthålla en strategisk balans av den typ som rådde under kalla kriget. Att nedrusta enskilda staters kärnvapen i en förhållandevis stabil värld visade sig erbjuda relativt överkomliga problem då ingen av dem hade något starkt intresse att behålla vapnen.

Det måste emellertid påpekas att riskerna för okontrollerad spridning av kärnvapen och fissilt material ökade efter Sovjetunionens sönderfall i kombination med demonteringen av kärnvapen i Ryssland. Så länge det fissila materialet befann sig inuti kärnvapnen och därmed under sträng militär bevakning var det i praktiken oåtkomligt för utomstående. Bokföringen av det fissila materialet, som förvarades på ett flertal olika platser, var av mycket att döma inte helt utan brister och ofta under mindre strikt civil tillsyn.[34] Detta i kombination med att nytt fissilt material

[32] Ukraina fick sända tre inspektörer till respektive anläggning för att kontrollera varje steg av demonteringen, vilket inkluderade nedmontering och destruktion av icke-nukleära komponenter samt avlägsnande av det fissila materialet. Samtliga inspektörer hade enligt uppgift praktisk erfarenhet av arbete med kärnvapen. Se t.ex. O. Bukharin, K. Luongo "*U.S.-Russian Warhead Dismantlement Transparancy: The Status, Problems, and Proposals*" Princeton University, PU/CEES Report No. 314 (1999).

[33] NTI Treaty and regimes: http://www.nti.org/treaties-and-regimes/treaties.

[34] Se t.ex. A. F. Woolf "*Nuclear Weapons in Russia: Safety, Security, and Control Issues*" CRS Report IB98038, mars 2001, som också kort diskuterar de i Ryssland uppkomna bristerna i lednings- och kommunikationssystemen.

hela tiden frigjordes i takt med att kärnvapen demonterades gjorde att de civila myndigheterna, som dessutom tvingats till stora omstruktureringar under mycket knappa ekonomiska förutsättningar, hade svårt att exakt fastslå hur mycket fissilt material som fanns lagrat på olika platser. Omvärlden, däribland Sverige[35], insåg faran med detta ganska snart och har sedermera lagt ner stora resurser på att förbättra kärnämneskontrollen och det fysiska skyddet av kärnämne, inte bara i Ryssland utan i flertalet av de forna Sovjetrepublikerna.

4.2 Sydafrika

Sydafrika är det enda land som utvecklat kärnvapen för att sedan frivilligt avveckla dem. Detta gör Sydafrika till ett bra exempel på hur ett nedrustningsförfarande kan komma till stånd och genomföras. Skälen till att ett land nedrustar kommer i varje enskilt fall att vara olika, men förfarandet att ge upp kärnvapnen på ett i någon mån verifierbart sätt är i sig instruktivt.

På 1980-talet konstruerade Sydafrika sex uranbaserade kärnladdningar och hade påbörjat tillverkning av en sjunde.[36] Kärnvapenprogrammet kan anses ha varit en öppen hemlighet och främmande underrättelsetjänster var sannolikt väl medvetna om den stora anrikningsanläggningen i Pelindaba. Sovjetisk satellitspaning upptäckte bl.a. också en plats förberedd för provsprängning under jord och Sydafrika varnades dessutom av USA från att utföra kärnvapenprov. Mindre än ett decennium efter att man färdigställt den första laddningen övergav man emellertid sitt kärnvapenprogram. Man monterade ner vapnen och anslöt sig därefter till NPT 1991, varefter man tillät internationella inspektioner av det tidigare kärnvapenprogrammet, genomförda av IAEA. 1993 tillkännagav Sydafrikas president F.W. de Klerk offentligt att man haft ett kärnvapenprogram från 1974 fram till 1990, främst som ett medel att tvinga fram ett ingripande från omvärlden om det då upplevda yttre och inre hotet, med bl.a. kubanska trupper i Angola, någonsin utvecklades på ett så ogynnsamt sätt att landets existens stod på spel.[37]

Det fissila materialet från de demonterade laddningarna infördes efterhand i den civila kärnbränslecykeln (främst som strålmål för medicinsk isotopproduktion). Vidare förstördes anrikningskomponenter, dokumentation och viss övrig utrustning. IAEA kontaktades efteråt för att verifiera att allt fissilt vapenmaterial som producerats sedermera placerats under kärnämneskontroll. IAEA:s arbete försvårades dock väsentligt av det faktum att avsevärda mängder dokumentation redan var destruerad och att inspektionerna tilläts först i efterhand. På grund av att det fortfarande fanns sanktioner mot landet och att vissa personer som varit

[35] Se t.ex P. Ek et al., "*Swedish Support Programme on Nuclear Non-Proliferation in Central and Eastern Europe and Central Asia*" SKI rapport 00:23 (2000).
[36] Se t.ex. Al. J. Venter "*How South Africa built six atom bombs – And then abandoned its nuclear weapons program*" Impi Imprint Press, Ashanti Publishing (2008). ISBN 978-0-9814098-4-9.
[37] NTI Country Profiles: http://www.nti.org/country-profiles/south-africa/.

involverade i tvivelaktig import befann sig under hot om åtal i utlandet ville Sydafrika inte lämna ut information som kunde användas som bevis mot dessa personer. Utredarna kunde därför inte heller fråga efter källan till eventuella utländska leveranser av material eller tjänster.[38] IAEA fick inte heller ställa frågor rörande ledningssystem, uppskjutningsanordningar eller bärare då detta ansågs beröra nationell säkerhet.

Trots de försvårande omständigheterna kan verifikationen av Sydafrikas nedrustning betraktas som lyckad. Detta kanske främst tack vare den öppenhet och samarbetsvilja som de sydafrikanska myndigheterna visade. Vidare överensstämde kvarvarande dokumentation om höganrikat uran med deklarationerna av producerade vapen, de icke-nukleära komponenter som återstod efter demonteringen var också förenliga med vad som deklarerats och metalliskt höganrikat uran fanns dessutom tillgängligt för kärnämneskontroll. Sist men inte minst fanns det bland IAEA:s personal utredare med praktisk erfarenhet av kärnvapen. Den sistnämnda omständigheten visade sig vara högst väsentlig.[39]

4.3 Cloud Gap - Field Test 34

Field Test 34 (FT-34) var ett amerikanskt nedrustningsexperiment där man framförallt ville studera avvägningen mellan å ena sidan hur mycket man kan avslöja om ett vapens design utan att röja vapentekniska hemligheter samt å andra sidan tillförlitligheten och förmågan att verifiera att en autentisk laddning verkligen hade demonterats.

Experimentet var en del av *Project Cloud Gap*[40] som påbörjades 1963 och utfördes gemensamt av *US Department of Defense* (DoD) och *US Arms Control and Disarmament Agency* (ACDA). Projektet genomfördes efter att USA:s FN ambassadör Arthur Goldberg lagt fram ett förslag om att demontera amerikanska stridsspetsar innehållande totalt 60 ton ^{235}U och införliva detta i den civila kärnbränslecykeln i utbyte mot att Sovjetunionen gjorde likadant med stridsspetsar motsvarande 40 ton ^{235}U. *Cloud Gap* kulminerade 1967 med genomförandet av övningen FT-34 som ännu idag är av stor betydelse, inte bara för att den var den första fullskaliga demonteringsövningen utan även för dess omfattande detaljrikedom.

Inför experimentet gavs amerikanska militärer en tio dagars inspektionsutbildning varefter de fick följa fyra olika vapenpartier genom den ordinarie demonteringsprocessen för kärnvapen som skulle destrueras. Vapenpartierna bestod av 40 autentiska vapen och 32 attrapper. Vapnen fördes först till Pantexanläggningen i

[38] D. Cliff et al.,"*Irreversibility in Nuclear Disarmament – Practical steps against nuclear rearmament*" VERTIC september 2011.

[39] För utförligare redogörelse om vad som kunde verifieras och i vilken omfattning, se t.ex. von Baeckmann et al., "Nuclear Verification in South Africa*" IAEA Bulletin* nr 1, 1995.

[40] Se t.ex. http://www.fas.org/nuke/guide/usa/cloudgap/index.html.

Texas[41] där stridsspetsarna demonterades och högexplosivämnena avlägsnades. Kvarvarande komponenter fördes därefter till tre olika anläggningar för destruktion; nukleära och icke-nukleära delar var för sig till olika anläggningar. Under de fem olika nedmonteringsfaserna gavs inspektörerna fyra olika tillträdesnivåer.

Fas 1: Före nedmonteringen fick inspektörerna gå igenom de lokaler där vapnen skulle nedmonteras för att kontrollera att anläggningen var tillräckligt och korrekt utrustad för att kunna demontera ett kärnvapen samt försäkra sig själva om att inget fissilt material fanns utplacerat i förväg. Några av inspektörerna tilläts använda Geigerräknare.

Fas 2: Inspektörerna tilläts inspektera de intakta stridspetsarna. De olika tillträdesnivåerna innefattade:

i. Enkla externa inspektioner, inklusive mätning, vägning och bestämning av tyngdpunkt. Stridsspetsens totala massa, efter nedmontering i olika komponenter, följdes och noterades under hela avvecklingsprocessen.

ii. Vissa inspektörer tilläts, utöver ovanstående, att på avstånd se in i lådor som annars hölls förseglade samt använda Geigerräknare på ytan av lådorna då dessa var stängda.

iii. Några inspektörer tilläts vidare fotografera stridsspetsarna, använda neutrondetektorer för att avgöra förekomsten av fissilt material och nyttja gammaspektrometrar för att fastlägga vilka isotoper som fanns närvarande.

iv. Inspektörer med högst tillträdesnivå tilläts också undersöka vapnet med röntgenbestrålning.

Fas 3: Inspektörerna bevittnade förbränningen av det högexplosiva materialet och andra brännbara komponenter som avlägsnats från stridsspetsen. På den högsta tillträdesnivån tilläts fotografering och visuell inspektion av innehållet i de annars förseglade lådorna före och efter förbränning av komponenterna.

Fas 4: Inspektörerna kontrollerade bortförseln av icke-nukleära komponenter. På den lägsta nivån medgavs vägning av de förseglade lådorna, och på den högsta tilläts inspektörerna hålla i och känna på (men inte plocka isär) komponenter samt väga och fotografera dem.

Fas 5: Kemisk och fysikalisk analys av det återvunna fissila materialet genomfördes. Inspektörer på den lägsta nivån fick visuellt iaktta när andra utförde analyserna men fick inte ställa några frågor om denna, emedan inspektörer på den högsta fick utföra analyserna själva.

Sammanfattningsvis hade inspektörer med lägst tillträdesbehörighet avsevärda problem med att avgöra om en stridsspets var äkta eller falsk; de flesta utfallen grundade sig på gissningar. Förmågan att avslöja falska vapen ökade med ökad tillträdes-

[41] USA:s enda anläggning för montering och demontering av kärnvapen.

behörighet. Givet i försöket tillgänglig teknik och resurser och dåvarande amerikansk informationssäkerhetsklassning skulle det vara svårt att åstadkomma en tillräckligt säker och trovärdig nedmontering utan att röja säkerhetsklassad information. Man konstaterade i studien att för att *"rimligt försäkra sig"* om att en äkta stridsspets hade destruerats skulle nästintill fullständigt tillträde genom hela processen krävas. Om ett framtida utländskt verifikationsteam skulle komma att övervaka en nedmontering skulle man sannolikt tvingas till en kompromisslösning om mängd avslöjad information vägt mot den inspekterande partens behov av information och förvissning om att det verkligen var ett äkta vapen som förstörts.

En annan slutsats var att om USA verkligen åtog sig att avveckla sina kärnvapen på ett verifierbart och transparent sätt borde detta ske i en speciellt utformad och integrerad nedmonteringsanläggning med rymliga och överblickbara lokaler. På det sättet skulle risken för exponering av sekretessklassad information också kunna minimeras genom användandet av för ändamålet avpassade verktyg.

4.4 Svartahavsexperimentet

Svartahavsexperimentet (*the Black Sea Experiment*) genomfördes sommaren 1989 och framstår idag som en anomali i verifikationssammanhang. Forskare från USA bjöds in och tilläts göra närgångna mätningar med relativt få restriktioner på en sovjetisk kryssningsrobot.

Åren före experimentet hade diskussioner förts mellan Sovjetunionen och USA om huruvida man skulle förbjuda eller begränsa antalet marina kärnvapen, där substrategiska marina kryssningsrobotar (SLCM[42]) med lång räckvidd bl.a. hade blivit en tvistefråga i START-1 förhandlingarna. Sovjetunionen menade att man hade ett stort intresse av att tillämpa begränsningar för denna typ av vapensystem och hävdade att antalet utplacerade SLCM:er inte kunde styrkas med någon större tillförlitlighet utan att ingående verifikation på platsen utfördes. Den amerikanska flottan hade emellertid starka invändningar mot alla åtgärder om öppenhet som offentligt skulle avslöja förekomsten av stridsspetsar ombord på fartyg, exempelvis när de besökte utländska hamnar.

I ett försök att undersöka möjligheten att verifiera förekomsten av en stridsspets, bjöd Sovjetunionen in forskare från USA att medverka i en verifikationsövning. Denna gemensamma övning är det första och hittills enda kända fallet där utländska forskare tillåtits göra avancerade strålningsmätningar på en operativ kärnstridsspets. Det är också värt att notera att de amerikanska forskarna som deltog gjorde detta på eget bevåg utan officiell status. I själva verket hade den amerikanska regeringen aktivt motverkat deras deltagande i övningen eftersom man inte ville skapa ett prejudikat som kunde resultera i krav på ett motsvarande sovjetiskt besök på ett amerikanskt fartyg.

[42] SLCM: Sea Launched Cruise Missile.

Experimentet bestod av sju olika moment vilka genomfördes under ledning av Sovjetiska vetenskapsakademin (*Soviet Academy of Sciences*) och den amerikanska organisationen *Natural Resources Defense Council* (NRDC) för att studera hur användbara olika detektorsystem var för att bestämma närvaron eller frånvaron av kärnstridsspetsar på ett fartyg. Experimenten hölls ombord och längsmed flaggskeppet *Slava* i den sovjetiska svartahavsflottan som för tillfället var förankrat utanför Jalta. *Slava* var utrustad med 16 avfyrningstuber för kryssningsrobotar (P-500 *Bazalt*), av vilka alla utom en avlägsnats för experimentet. De två mest lyckade experimenten innefattade flygburen neutrondetektion samt gammaspektroskopi från nära håll och beskrivs kortfattat här.

Ett av de sovjetiska teamen använde ^{3}He-baserade neutrondetektorer ombord på två helikoptrar (man kallade systemet *Sovietnik*) för att försöka påvisa förekomsten av neutroner från spontan fission av ^{240}Pu. Ett flertal mätserier gjordes med flygavstånd på 30-80 meter från *Slava* och man kunde med god statistisk säkerhet konstatera att det fanns en neutronkälla ombord på fartyget. *Sovietnik* sas kunna detektera neutroner från en stridsspets på upp till 150 meter och tanken med systemet var att det skulle kunna användas som en del av ett större övervakningssystem för detektering av kärnladdningar på avstånd.[43]

Det amerikanska forskningslaget som använde sig av en handburen högupplösande germaniumdetektor fick begagna egna instrument och fick nära tillträde till stridsspetsen och dessutom en relativt generös tidsram för att utföra mätningarna. Stridsspetsen var inte skärmad och man tilläts ta upp hela spektra utan restriktioner, avfyrningstuben var emellertid intakt varför gammastrålningen var tvungen att penetrera denna. De amerikanska forskarna drog av efterföljande analyser slutsatsen att mätningarna gav värdefull information men menade också att man inte skulle kunna avslöja någon känslig information rörande vapnets konstruktion om mätningarna som i detta fall var begränsade till ett fåtal platser med begränsad tid för respektive mätning.[44]

Efter Svartahavsexperimentet avbröts arbetet med denna typ av verifikationsexperiment på SLCM:er abrupt. USA och Sovjetunionen var överens om att SLCM:er skulle förbli utanför START varför behovet av att verifiera förekomsten av dessa vapensystem inte längre ansågs nödvändigt. Båda stater enades emellertid år 1990 om en övre gräns på 880 utplacerade SLCM (med räckvidd över 600 km) samt årligt informationsutbyte om planerade utplaceringar.[45] Trots denna gemen-

[43] S.T.Belyaev et al., "The Black Sea Experiment: The Use of Helicopter-Borne Neutron Detectors to Detect Nuclear Warheads in the USSR-US Black Sea Experiment", *Science and Global Security*, 17 (2009) 186–193.

[44] S. Fetter et al., "Gamma-Ray Measurements of a Soviet Cruise-Missile Warhead" *Science* 248 (1990) 828-834; Steve Fetter, Frank von Hippel, "US and Soviet reports from a cooperative verification experiment," *Science & Global Security* 1, no. 3-4 (1990) 323-327.

[45] US Office of Technology Assessment "*Monitoring Limits on Sea-Launched Cruise Missiles*" OTA-ISC-513, september 1992.

samma överenskommelse och uttalande om att man eftersträvade ömsesidiga och godtagbara metoder för begränsningar av SLCM fick Svartahavsexperimentet ingen efterföljare.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att experimentet tänjde på gränsen för vad som i verifikationssammanhang ansågs lämpligt och acceptabelt men är en milstolpe i de förtroendeskapande åtgärderna mellan sovjetiska och amerikanska vetenskapsmän. Slutligen kan man också konstatera att trots att de amerikanska deltagarna inte ansåg sig kunna tillskansa sig känslig information utifrån de mätningar som gjordes innebär det inte automatiskt att gammaspektra från en kärnladdning inte kan röja känslig information. I dessa sammanhang bör en sannolikt en försiktighetsprincip råda vilket diskuteras vidare i avsnitt 8.3.

4.5 Teoretisk studie vid US Department of Energy

I mitten av 90-talet arrangerade det amerikanska energidepartementet (*Department of Energy*) en teknisk studie för att undersöka möjligheten för ryska inspektörer att övervaka nedmonteringen av kärnvapen vid amerikanska anläggningar.[46] I likhet med Svartahavsexperimentet kan bakgrunden till studien sägas ligga i den försiktigt ökade optimism som vid tiden rådde i nedrustningsförhandlingarna mellan USA och Ryssland. Ytterligare nedrustning, utöver vad som ditintills framförhandlats under START-1 och 2, skulle sannolikt kräva att man tvingades övervaka innehav och demontering av stridsspetsar samt verifiera förekomsten av fissilt material före och efter nedmontering. I väntan på ett eventuellt avtal för ytterligare reducering av vapenarsenalen, inklusive kontroll av demontering, arrangerades därför studien i syfte att identifiera transparenta och verifierbara övervakningsalternativ för kontroll av nedmontering av USA:s kärnvapen.

Studien som genomfördes 1996-97 var relativt omfattande, men var till skillnad från FT-34 helt teoretisk, och definierade en stridsspets som nedrustad då högexplosivämnet avlägsnats från den klyvbara kärnan. Vidare definierades transparens (*transparency*) som insyn och åtgärder för att skapa och ge förtroende (*confidence*) för att en deklarerad verksamhet var det som skedde, och verifiering (*verification*) avsåg åtgärder som bekräftade att en deklarerad verksamhet faktiskt ägt rum.

Initialt identifierades tio nyckelaktiviteter som skulle kunna användas i ett övervakningssystem under hela eller delar av en nedmonteringsprocess. På grundval av dessa tio aktiviteter valde man ut fyra olika alternativ för vidare studier med olika nivå av inträngandegrad (*intrusiveness*); alltifrån den lägsta där övervakning endast förekom vid utplacerings- eller lagringsplatsen samt under transporten till demon-

[46] Office of Arms Control and Nonproliferation. (1997). "*Transparency and Verification Options: An Initial Analysis of Approaches for Monitoring Warhead Dismantlement*". Washington: US Department of Energy (1997).

teringsanläggningen, till den mest inträngande som också tillät ingående övervakning inne i själva demonteringsanläggningen.

De fyra alternativen utvärderades sedan mot sju kriterier innefattande förtroende för att vapnet verkligen demonterats (*confidence*), framkomlighet (eller snarare med vilken lätthet ett övervakningsalternativ skulle accepteras av Ryssland), oavsiktligt röjande av sekretessbelagd information, inverkan på den normala driften av anläggningen, mängd förberedelser som skulle behövas, kostnad för genomförande av den initiala inspektionen samt slutligen den totala kostnaden då inspektionsverksamheten blivit rutin.

Sammanfattningsvis slog studien bl.a. fast att under förutsättning att föremålet som anlände till demonteringssanläggningen verkligen var ett äkta vapen skulle *transparens* kunna uppnås via en kombination av olika övervakningsaktiviteter och på detta sätt endast ge *förtroende* om att demontering skett upp till en viss nivå om inte ett samarbetsavtal om utbyte av sekretessbelagd information slutits. *Verifikation* av att demonteringen verkligen skett skulle däremot *kräva* att ett sådant samarbetsavtal om utbyte av sekretessbelagd information slöts. Att fastställa att det föremål som anlände till demonteringsanläggningen verkligen var ett äkta vapen ansågs mycket svårare. Det skulle kräva spårbarhet och en obruten kunskapskedja, och t.ex. fordra att inspektörer fick följa föremålet redan från dess utplaceringsplats eller förvaringsplats till demonteringsanläggningen, samt att de fick mäta föremålets strålningssignatur längs hela kedjan.

För att minimera risken att röja känslig information och störa normala arbetsrutiner drog även denna studie slutsatsen att en speciellt utformad och integrerad nedmonteringsanläggning vore att föredra framför att använda redan befintliga anläggningar.

4.6 Trilaterala initiativet – USA, Ryssland och IAEA

Det Trilaterala initiativet[47] (*Trilateral Initiative*) var ett samarbete mellan Ryssland, USA och IAEA, som initierades av IAEA:s dåvarande generaldirektör Hans Blix 1996. Relativt få detaljer är kända om projektet och dess omfattande slutrapport är alltjämt inte offentlig. Syftet med initiativet var att utforma ett kontrollsystem under vilket de båda staterna skulle kunna överlämna överskott av klyvbart vapenmaterial till IAEA:s kontroll. Exakt vad som skulle överlämnas och deklareras skulle vara upp till medlemsländerna själva att avgöra, men då man väl underkastat materialet kärnämneskontroll skulle detta vara oåterkalleligt.

För att stödja en sådan process fanns ett behov av ett nytt system eftersom IAEA:s normala kontrollsystem inte kan hantera kärnämne som fortfarande är knutet till

[47] Se t.ex. Thomas E. Shea ”Report on the trilateral initiative – IAEA verification of weapon-origin material in the Russian Federation & the United States” *IAEA Bulletin* 43/4/2001; Thomas E. Shea ”The Trilateral Initiative: A Model For The Future?”, http://www.armscontrol.org.

vapenprogram. Man ville sålunda utöka antalet föremål som skulle kunna införlivas i IAEA:s kontrollprogram och inkludera sekretessbelagda föremål innehållande plutonium eller höganrikat uran, inklusive kärnstridsspetsar, delar av stridsspetsar, kärnor av klyvbart material eller termonukleära laddningar. Man ville samtidigt försäkra sig om att de införlivande objekten skulle förbli under kärnämneskontroll, till skillnad från material under de existerande frivilliga avtalen för kärnämneskontroll (*Voluntary Offer Safeguards Agreements*, VOA) som kan dras tillbaka.

De metoder och regelverk som skulle behöva tas fram måste dessutom utformas för att skydda sekretessbelagda uppgifter och säkerställa att båda länderna uppfyllde sina skyldigheter om icke-spridning av känslig information enligt NPT. Denna skyldighet bedömdes också inkludera IAEA liksom andra internationella organisationer, och IAEA medgav att dess tillträde skulle begränsas för att förhindra att sekretessbelagd information skulle läcka ut.

De tidigaste diskussionerna handlade om omfattningen av kontrollen som dels måste vara politisk acceptabel och dels tillräckligt omfattande för att vara trovärdig. En av sakfrågorna berörde vilka föremål och material som skulle inkluderas och varifrån det fissila materialet härrörde, dvs. dess tidigare ursprung och användningsområde.

Initialt diskuterades fyra verifikationsnivåer och man fastnade till slut för en nivå där man ”accepterade säkerhetsklassade former av klyvbart material utan att försöka fastställa att föremålen eller materialet faktiskt härstammar från kärnstridsspetsar eller delar därav”.

När man väl beslutat om verifikationsnivån flyttades fokus till mer tekniska aspekter om hur verifikationen skulle gå till.

Parterna undersökte flera möjligheter för att finna en teknik som tillät mätningar men samtidigt inte kunde extrahera sekretessbelagd information från det undersökta föremålet. Man enades till slut om att endast tre attribut skulle verifieras i de objekt som skulle demonteras, och på ett sådant sätt att inspektörerna inte fick tillgång till någon annan information, inklusive rådata från mätningarna:

- Att plutonium finns närvarande
- Att isotopkvoten mellan ^{240}Pu och ^{239}Pu är 0,1 eller mindre
- Att föremålets massa är större än en i förväg överenskommet minimum

Man kom vidare överens om att föremålen skulle transporteras i slutna behållare fram till destruktionsanläggningar där materialet skulle omvandlas och berövas sina sekretessbelagda kemiska och isotopspecifika egenskaper. IAEA:s övervakning skulle ske med kontrollerad tillträdesbehörighet (*managed access*) och påbörjas då föremålen anlände till anläggningen, varefter inspektioner skulle utföras årligen för att kontrollera att inget material försvunnit eller tillkommit. Man bedömde vidare att för att ett sådant system skulle vara praktiskt genomförbart måste anläggningarna byggas enligt gemensamma och överenskomna planritningar.

Mot slutet av 2001 var man i det närmaste framme vid ett schematiskt avtal (*Model Verification Agreement*). De nya regeringarna i USA och Ryssland under George W. Bush och Vladimir Putin kom emellertid att besluta att projektet inte skulle realiseras.

Även om flertalet förslag inom initiativet aldrig realiserades är potentialen för den s.k. informationsbarriären (dvs. att endast relevanta resultat av en mätning och analys presenteras för inspektören) uppenbar och har bl.a. tagits upp på nytt i UKNI (avsnitt 4.8 nedan). Tekniken som utvecklats under Trilaterala initiativet testades aldrig under skarpa förhållanden men alla parter verkar ha varit överens om att den var tillräckligt robust för att kunna användas av IAEA:s inspektörer i kärntekniska anläggningar utan risk för att känslig information skulle kunna avslöjas.

4.7 Brittiska studier

Storbritanniens huvudsakliga försvars- och policydokument *Britain's Strategic Defence Review* (SDR) noterade 1998 att verkningsgraden av rustningskontrollerande överenskommelser är starkt beroende av effektiva kontrollmekanismer och verifikation. Det noterades också att Storbritannien utvecklat en särskild kompetens för övervakning av klyvbart material och av kärnvapenprov. En naturlig utveckling vore därför att komplettera denna kompetens med en förmåga som skulle kunna användas för att verifiera demontering av ett kärnvapen, och bl.a. bygga på den expertis som fanns vid *Atomic Weapons Establishment* (AWE) i Aldermaston.

En förstudie för att identifiera lämpliga befintliga teknologier samt för att se över vad som skulle behöva göras för att bygga upp och höja kompetensen inom området påbörjades därför av AWE och en offentlig rapport färdigställdes år 2000.[48] Rapporten presenterades vid NPT:s översynskonferens samma år där Storbritannien också tillkännagav att man påbörjat ett forskningsprogram inriktat på tekniska frågor rörande verifiering av kärnvapenbegränsning. Vidare introducerades ett arbetspapper som bl.a. diskuterade avsaknaden och eventuella behov av internationella kontrollsystem för att begränsa och slutligen avveckla kärnvapen. För att få till stånd en kraftfull och global nedrustnings- och verifikationsregim fastslog AWE:s rapport bl.a. också att det skulle vara nödvändigt att försäkra sig om att:

- Antalet stridsspetsar inte utökas över en överenskommen nivå (*Accountancy*);
- Det finns en ändamålsenlig och obruten kunskapskedja (*chain of custody)* från utplaceringsplatsen till demonteringsanläggningen (*Provenance*);
- Äktheten av de stridsspetsar som ska demonteras kan verifieras (*Authentication*);

[48] "*Confidence, Security and Verification: The challenge of global nuclear weapons arms control*", AWE/TR/2000/001.

- Demonteringen är så irreversibel som möjligt (*Disposition*).

Forskningsprogrammet identifierade vidare tidigt fyra nyckelområden inom vilka det fortsatta arbetet skulle koncentreras:

- Autentisering av kärnvapenstridsspetsar och dess komponenter, dvs. fastställandet att ett objekt som deklarerats som kärnstridsspets eller tillhörande komponent är konsistent med vad som deklarerats;
- Demontering av stridsspetsar och dess komponenter;
- Disposition av det klyvbara materialet efter demontering för att säkerställa att det inte längre kan användas i kärnladdningar;
- Övervakning av kärnvapenanläggningar.

Det ansågs exempelvis också nödvändigt att fokusera på strålningsbaserade metoder där icke-förstörande passiva och aktiva tekniker snabbt kan bidra med viktig information på ett relativt enkelt och billigt sätt jämfört med exempelvis radiokemiska analyser. Med hjälp av lämpliga informationsbarriärer kan strålningsbaserade analyser i princip utföras utan att avslöja sekretessbelagd eller känslig information. Under de första åren studerades därför strålningssignaturer från tre olika brittiska kärnvapen[49] under ett flertal betingelser med både passiva och aktiva tekniker. Analysarbetet kompletterades med datorsimuleringar.

Arbetet fortskred kontinuerligt varefter delårsrapporter lades fram vid NPT:s förberedande översynskonferenser 2003 och 2004, och ett sammanfattande arbetspapper presenterades vid översynskonferensen 2005.[50]

Sammanfattningsvis resulterade programmet i ett flertal offentliga slutsatser såsom exempelvis att:

- Verifikationen av kärnstridsspetsar och tillhörande komponenter är den tekniskt mest utmanande uppgiften;
- Det för icke-behörig personal skulle vara möjligt att tillämpa kontrollerat tillträde (*managed access*) till lokaler av känslig karaktär.

Vidare bedömdes att det skulle vara enklare att uppnå en trovärdig verifikation av en nedmonteringsprocess om ett flertal olika teknologier användes bl.a. inkluderande portalmonitorer och någon form av miljöövervakningsprogram förstärkta av rutin- och oannonserade inspektioner. Slutligen lyftes behovet av ökad forskning kring verifieringsteknik och vikten av att hitta en lämplig balans mellan öppenhet, sekretess och säkerhet i ett demonteringssammanhang.

---

[49] WE177, Chevaline och Trident.

[50] "*Verification on nuclear disarmament: 'first', 'second' and 'final report' on studies into the verification of nuclear warheads and their components*". NPT/CONF.2005/PC.II/WP.1 (april, 2003), NPT/CONF.2005/PC.III/WP.3 (april, 2004), NPT/CONF.2005/WP.1 (april, 2005).

4.8 UKNI (UK-Norway Initiative)

Vid NPT:s översynskonferens 2005 uttryckte den brittiska regeringen ett intresse av att utforska möjligheterna till samarbete med andra regeringar eller statliga organisationer inom områden som rör kärnvapenkontroll. Detta ledde 2006 till att företrädare för norska *Stråleværnet* (NRPA), brittiska försvarsministeriet (*Ministry of Defence*, MoD) och den icke-statliga organisationen VERTIC (*Verification Research, Training and Information Centre*) undersökte möjligheten för ett tekniskt samarbete mellan Norge och Storbritannien inom området. Följande år möttes representanter från fyra norska organisationer *Institutt for energiteknikk* (IFE), *Forsvarets forskningsinstitutt* (FFI), seismologiinstitutet NORSAR och NRPA företrädare från MoD, AWE och VERTIC för att diskutera förutsättningarna för ett sådant samarbete. De norska representanterna var särskilt intresserade av att undersöka huruvida en icke-kärnvapenstat skulle kunna spela en konstruktiv roll för att öka trovärdigheten av en nedrustningsprocess i en kärnvapenstat.

Man enades om att samverkan inom icke-säkerhetsklassade områden var möjlig och att ett arbetsprogram borde utvecklas. Detta är första gången som en icke-kärnvapenstat och en kärnvapenstat samarbetar inom detta forskningsområde. Arbetet skulle främst fokusera på tekniska problem och förtroendeskapande frågor som skulle kunna uppkomma vid verifikation av en demontering av ett kärnvapen. Man avsåg använda fiktiva och generiska scenarier för att identifiera de svårigheter som kan tänkas uppstå under en sådan process. Slutsatserna från arbetet skulle därefter kunna användas i uppbyggnaden av en eventuell framtida multilateral verifikationsregim. Tanken var också att utveckla och testa verktyg, tekniker och metoder som skulle kunna utnyttjas av olika typer av inspektörer, samt slutligen identifiera framtida utvecklings- och forskningsmöjligheter för båda parter.

En viktig del av samarbetet har varit utvecklandet av en s.k. informationsbarriär (dvs. ett system som presenterar relevanta resultat men undanhåller känsliga data från inspektören).[51] Samarbetet har förts längs två fronter: metodutveckling av informationsbarriärstekniken samt utvecklande av procedurer kring *managed access*. Man har också till viss del studerat aspekter som den mänskliga faktorn (transparens och förtroende) och interaktionen mellan inspektörer och den som inspekteras.

Flera inspektions- och demonteringsövningar har hållits där man bl.a. använt den utvecklade informationsbarriären. För att minimera riskerna för spridning av känslig information hölls de första övningarna i Norge där man också bytte roller: Norge agerade kärnvapenstat och Storbritannien fick agera den inspekterande icke-kärnvapenstaten. För att ytterligare minska spridningsriskerna användes ^{60}Co i stället för kärnämne. Stor vikt lades vid framtagandet av deklarationer, och tillvägagångs-

[51] För en mer ingående teknisk beskrivning se t.ex. D. M. Chambers *et al.*, "UK-Norway Initiative: Research into Information Barriers to allow warhead attribute verification without release of sensitive or proliferative information", *Proceedings of the 51st Annual Meeting of the Institute of Nuclear Materials Management*, Baltimore, MD, juli 11-15, 2010.

sätten under förhandlingsprocedurerna mellan de inblandade fiktiva staterna Torland och Luvania studerades noggrant.

Arbetet inom UKNI är inte slutfört. Det har bl.a. presenterats vid NPT:s förberedande översynskonferenser 2009 och 2012, och ett sammanfattande arbetspapper lades fram vid översynskonferensen 2010.[52]

Den kanske viktigaste iakttagelsen från arbetet hittills är att initiativet visat att det är möjligt för en kärnvapenstat och en icke-kärnvapenstat att samarbeta inom detta område utan att känslig information byter ägare. Genom att utforma övningar och behandla verifikationsproblematiken i så allmänna termer som möjligt har man hittat tillvägagångssätt som minimerar spridningsriskerna.

De båda parterna är fullt medvetna om att det återstår flera obesvarade frågor:

- Hur använder man på bästa sätt den mångfald av teknologier som finns tillhands och gör dessa tillgängliga för en inspektör?
- Initieringsproblematiken – hur verifierar man att en deklarerad stridsspets verkligen är äkta?
- Hur verifierar man fullständigheten av en stats deklarationer av antalet kärnvapen och innehav av fissilt material?

Båda parter verkar vara överens om att det sannolikt kommer att vara möjligt att genomföra och upprätthålla en tillförlitlig och obruten kunskapskedja under en demonteringsprocess när relevanta och pålitliga tekniker väl har utvecklats för ändamålet.

4.9 Mätningar på kärnvapen ombord på sovjetisk ubåt i Blekinges skärgård

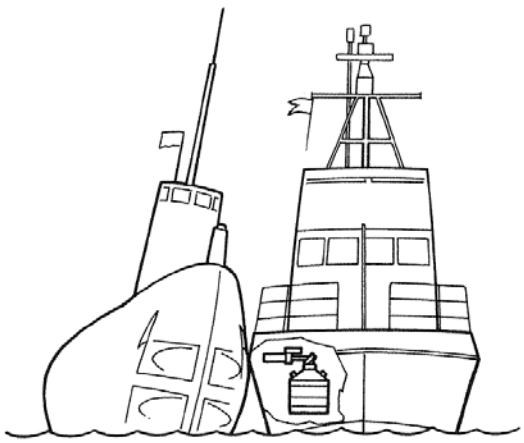
Hösten 1981 gick en sovjetisk ubåt på grund vid Torumskär vid inloppet till Gåsefjärden utanför Karlskrona långt inne i Blekinges skärgård. Speciellt anmärkningsvärt var att man från svensk sida efter de mätningar av joniserande strålning från ubåten som företogs av forskare från FOA och Lunds universitet[53] ansåg sig ha bevis för att fartyget var bestyckat med kärnvapen.

Inledningsvis utförde forskarna rutinmätningar med handburen expositionsmätare från en liten öppen båt med utombordsmotor. Båten kunde närma sig ubåtens fria babordssida och sakta glida längs sidan. På ett ställe vid ubåtens skrov, mittför främre delen av torpedtuben där man också kunde förvänta sig att en laddning var placerad, gav mätaren tydligt utslag. Ytterligare mätningar gjordes från båten och

[52] "*The United Kingdom-Norway initiative: research into the verification of nuclear warhead dismantlement*" NPT/CONF.2010/WP.41

[53] Se t.ex. *FOA tidningen* nr 4, 1991.

man fick utslag på exakt samma ställe. Mätresultatet innebar att något ombord på ubåten utsände gammastrålning. Man utförde därefter mer ingående mätningar under däck i det kustbevakningsfartyg som låg förtöjt intill ubåten. En högupplösande germaniumdetektor kunde placeras så nära som en dryg halvmeter från ubåtsskrovet, se Figur 1, och spektra kunde tas upp under flera timmars tid. Efter utförlig analys[54] av insamlade spektra kunde FOA utifrån de utförda mätningarna dra slutsatsen att kärnvapen fanns ombord. Existensen av kärnvapen på ubåten har emellertid aldrig offentligt vare sig bekräftats eller förnekats av Sovjetunionen/ Ryssland.[55]



Figur 1: Skissen visar germaniumdetektorns läge på kustbevakningsfartyget i förhållande till ubåten och dess torpedtuber. Från FOA tidningen nummer 4, 1991.

Händelsen illustrerar att det går att påvisa existensen av ett kärnvapen med relativt enkla medel utan att avslöja eller tillskansa sig känslig vapenteknisk information. Det ska dock nämnas att en sådan slutsats är enklare att dra i ett fall som detta då det kan anses som högst osannolikt att den sovjetiska ubåten skulle varit bestyckad med attrapper ombord vars signaturer starkt skulle efterlikna ett eller flera kärnvapen.

4.10 Sammanfattande iakttagelser

Om man kortfattat ska försöka finna gemensamma nämnare för de länder som avvecklat sina kärnvapen finner man nationella initiativ och politisk vilja på hög nivå. Inget av länderna förefaller ha haft något incitament att föra omvärlden bakom

[54] Principerna finns i t.ex. L.-E. De Geer ”*Nonintrusive detection of nuclear weapons on Ships*” FOA Rapport C 20817-4.1 (1990).

[55] Den politiska officeren ombord, Vasilij Besedin, bekräftar dock existensen av kärnvapen i sin bok ”*Inifrån U137: Min egen berättelse*” Albinsson & Sjöbergs bokförlag (2009), ISBN: 9789186560874.

ljuset och i samtliga fall har nationella regeringsorgan fått ansvaret för nedrustningsprocessen. Var och en av dessa organisationer har i sin tur samverkat med andra nationer eller externa organisationer, så som i Sydafrika med IAEA och i fallen Kazakstan och Ukraina med Ryssland och USA. Värt att notera är dock den knapphändiga verifikationen vid avvecklandet av de strategiska kärnvapnen i Ukraina, Kazakstan och Vitryssland då dessa överfördes till Ryssland - för att där delvis nedrustas - något som omvärlden vid tiden verkar ha haft överseende med. Om omvärlden varit mer skeptisk till de inblandade staternas intentioner att avveckla sina kärnvapenarsenaler hade man sannolikt varit mindre villig att lita på den föga verifierbara avvecklingen i något av länderna. I en eventuell framtida övergång till en kärnvapenfri värld, där tvivel om avsikter i allra högsta grad kan kvarstå, skulle det vara mindre troligt att öppenhet och förtroende skulle vara tillräckligt för att kompensera tekniska brister i kontrollen.

När man studerar tidigare undersökningar och övningar kan man konstatera att det finns en handfull slutsatser som är gemensamma och ofta återkommande. Förmågan att på ett sekretessmässigt acceptabelt sätt verifiera att ett kärnvapen faktiskt är äkta har visat sig vara den största tekniska utmaningen. Informationsbarriärtekniken skulle kunna vara ett sätt att till viss del övervinna detta hinder. Eftersom den används för att kontrollera i förväg överenskomna attribut i en deklaration (diskuteras vidare i kapitel 8) är deklarationens utformning och detaljrikedom av största vikt. Kärnvapensstaterna har ofrånkomligen ett försprång när det gäller mätningar på kärnvapen och därmed framtagande av lämpliga och verifierbara signaturer från dessa. Initiativ som UKNI har här visat att det finns möjligheter för icke-kärnvapenstater att bidra i arbetet med att förädla och omvandla den kunskap som bara kan tas fram av en kärnvapenstat till praktiskt användbara och av samtliga inblandade accepterade metoder.

Att starta den obrutna kunskapskedjan i ett så tidigt skede som möjligt, helst redan vid utplacerings- eller lagringsplasten skulle öka transparens och tillförlitlighet. Om den inspekterande parten dessutom tilläts använda ett flertal olika teknologier inklusive mätning av strålningssignaturer längs hela nedrustningsprocessen samt i någon mån bevittna själva demonteringen skulle det öka tilltron för verifikationen avsevärt. Övningar utförda under FT-34 och UKNI antyder att genomförandet av en robust och obruten kunskapskedja är en stor utmaning, men inte förefaller vara ett oöverstigligt problem när väl pålitliga tekniker utvecklats för ändamålet.

Ingen övning har hittills lyckats hitta en optimerad skärningspunkt, med *tillräckligt tillträde*, för inspektörens krav på öppenhet och information och den nedrustande partens villighet och möjlighet att ge sådan. Behovet av forskning och vikten av att hitta en lämplig balans mellan öppenhet, sekretess och säkerhet kvarstår sålunda. Vidare har ingen övning eller studie berört den problematik som kan tänkas uppkomma om ett äkta kärnvapen verkligen demonterats och destruerats varefter en inspektör betvivlar äktheten av vapnet. Demonteringen kan i mångt och mycket vara oåterkallelig, varför det vore önskvärt att det finns spårbarhet och detaljerad

dokumentation från hela nedrustningsprocesen så att man kan gå tillbaka och granska i efterhand.

För att minimera risken att röja känslig information och störa normala arbetsrutiner, men också för att förenkla för inspektören och öka trovärdigheten, är en av de viktigare erfarenheterna slutligen den att om en nation verkligen åtog sig att avveckla sina kärnvapen på ett verifierbart och transparent sätt skulle det vara en stor fördel om detta kunde ske i en speciellt utformad och integrerad nedmonteringsanläggning med rymliga och överblickbara lokaler. Om lokalerna uppförs med närvaro av inspektörer enligt ritningar som framtagits i samverkan ökar detta också trovärdigheten i inspektioner och aktiviteter.

5 Verifikation av ett avtal om kärnvapennedrustning

Av föregående kapitel framgår att problemområdet verifikation av kärnvapennedrustning är komplext och för att skapa klarhet i resonemangen försöker vi i detta kapitel först ge en översiktlig bild av vilka olika skärningar och aspekter som finns. Ambitionen är att sedan lättare kunna definiera och motivera vilka delar av problemet vi väljer att granska närmare.

5.1 Kärnvapensystem och stridsspetsar

En rimlig tolkning av begreppet fullständig kärnvapennedrustning innefattar generellt sett såväl stridsspetsar som plattformar och ledningssystem och med dessa associerade produktionsanläggningar.

Vi har i det följande ändå valt att begränsa resonemanget huvudsakligen till verifikation av kärnstridsspetsar, till skillnad från hela kärnvapensystem. Det finns flera skäl till detta. Den minsta gemensamma nämnaren för alla typer av kärnvapensystem, såväl strategiska som substrategiska, är stridsspetsen och ett verifierat avtal om fullständig kärnvapennedrustning kommer att kräva att befintliga stridsspetsar destrueras eller försätts i obrukbart skick på ett verifierbart sätt. Det är också information angående stridsspetsar som inte får spridas enligt icke-spridningsfördraget, vilket innebär specifika begränsningar utöver de som finns p.g.a. nationella säkerhetshänsyn i verifikationen av avtalet.

Befintliga rustningskontrollerande avtal begränsar verifikationen till vapenbärare, vilket är relevant om det gäller rustningskontroll mellan två stater som eftersträvar strategisk balans. I detta fall kan bedömningar baserade på kännedom om motståndarens förmåga att kunna använda kärnvapen anses vara tillräcklig för att avtalet ska uppfylla sitt syfte. För ett avtal som ska omfatta nedrustning och verifikation av samtliga kärnvapen är det emellertid inte tillräckligt att verifiera vapenbärare, dels för att det är kärnvapnen i sig, dvs. inklusive stridsspetsen, som är föremål för begränsning och dels därför att för vissa system kan vapenbärare användas för både konventionella vapensystem och kärnvapen.

Inte bara vapenbärare utan också ledningssystem används i vissa fall såväl för kärnvapen som för konventionella vapensystem. Det är högst troligt att kringsystem för helhetens skull kan komma att omfattas av någon form av verifikationsåtgärder eller transparensåtgärder under ett framtida avtal, men dessa kommer alltså inte vidare att diskuteras här.

5.2 Inledande resonemang

Verifikationen av avtal i består allmänhet av två huvudkomponenter:

1) Verifikation av riktigheten i de deklarationer som avtalsparterna avgivit, dvs. att det som deklarerats existerar, har underställts verifikation och överensstämmer med deklarationerna, samt

2) Verifikation av att deklarationerna är fullständiga, dvs. att allt det som skall omfattas av avtalet faktiskt deklarerats.

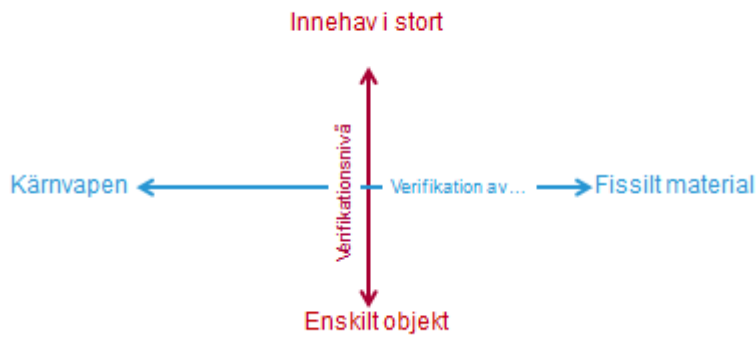
Dessa huvudkomponenter kan t.ex. lätt urskiljas i verifikationen av icke-kärnvapenstaternas åtaganden enligt NPT. De ursprungliga avtalen om fullständig kärnämneskontroll gav huvudsakligen IAEA verktyg att verifiera deklarerade verksamheter (dvs. verifiera att deklarationerna som avgivits är riktiga). Andra typer av verktyg, inklusive det s.k. Tilläggsprotokollet, krävdes för att förstärka IAEA:s förmåga att upptäcka odeklarerade verksamheter, dvs. förmåga att verifiera deklarationernas fullständighet. Även i en diskussion om kärnvapennedrustning framträder dessa två typer av verifikation. Beroende på hur ett avtal utformas kan man dels vilja verifiera att föremål som genomgår någon form av avrustningsprocess faktiskt är de kärnvapen de uppges vara och faktiskt i avtalets mening avrustas. Dels kan det finnas behov av att uppnå någon form av säkerhet att en avtalspart inte i hemlighet (dvs. utöver avgivna deklarationer) har eller enkelt kan skaffa sig tillgång till kärnvapen.

De två typerna av verifikation tenderar att kräva principiellt olika typer av verifikationsaktiviteter. Gäller det t.ex. någon form av mätningar blir en typisk uppgift i det första fallet (riktigheten i deklarationerna) att bekräfta en förväntad signatur eller attribut hos föremål som deklarerats vara kärnvapen. Här uppstår problemet att kombinera tillförlitliga och detaljerade mätningar på kärnvapen med bevarande av erforderlig sekretess. I det andra fallet (deklarationernas fullständighet) blir en nära till hands liggande uppgift att kunna detektera en kärnvapensignatur som en fuskande avtalspart försöker dölja. I detta fall torde t.ex. kärnvapensekretessproblemet allmänt sett vara lättare att hantera. Å andra sidan anmäler sig det kunskapsteoretiska problemet att det är omöjligt att helt säkerställa någontings frånvaro (frånvaro av bevis är inte bevis på frånvaro). Likaså kan andra sekretess- och integritetsproblem uppstå, eftersom mängden tänkbara gömställen för kärnvapen på en stats territorium kan vara stort och det är svårt att dra en absolut gräns för hur inträngande en inspektion skulle behöva vara för att skapa önskad konfidens att inga kärnvapen göms undan.

Uppdelningen är inte vattentät och naturligtvis kan man tänka sig fall där exempelvis en verifikationsprocedur inriktad på att bekräfta deklarationernas fullständighet skulle kunna kräva ingående mätningar på föremål som faktiskt uppges vara kärnvapen. I huvudsak leder de två olika verifikationsuppgifterna dock mot två skilda typer av aktiviteter: I det ena fallet med tonvikt på identifikation, i det andra på detektion. När vi diskuterar tänkbara tillvägagångssätt (t.ex. olika mätmetoder) är det viktigt att ha klart för sig vilken av dessa uppgifter diskussionen gäller.

En möjlig parametrisering av problemområdet visas i Figur 2. I den horisontella dimensionen bestämmer vi oss för om vi skall intressera oss huvudsakligen för kärnvapen som sådana eller för fissilt material som en nödvändig komponent i kärnvapen. Någon annan nödvändig komponent i ett kärnvapensystem skulle i princip kunna väljas som den ”högra polen” i figuren, t.ex. specifika typer av vapenbärare. Valet av just fissilt material är dock motiverat av flera skäl: Det är svårt att framställa, komplicerat att hantera och bearbeta, har få användningsområden, är p.g.a. sin radioaktivitet jämförelsevis lätt att detektera och undersöka genom mätningar samt är föremål för omfattande verifikationsansträngningar i dagsläget och eventuellt ytterligare avtal i framtiden (FMCT).

I den vertikala dimensionen kan man röra sig mellan att verifiera enskilda objekt (t.ex. kärnstridsspetsar eller mängd fissilt material i ett lager) och att verifiera innehav i stort (t.ex. en arsenals storlek eller totalt innehav av fissilt material). I det förra fallet är problemställningen alltså inriktad på undersökning eller kontroll av ett specifikt föremål som deklarerats vara av en viss beskaffenhet (t.ex. en kärnladdning av en viss typ). I det senare fallet gäller frågan deklarationernas fullständighet – dvs. väsentligen huruvida samtliga avtalsbegränsade objekt verkligen deklarerats och kommer att kunna underställas verifikation på objektnivå. Lite kvalitativt kan man säga att den första typen av fråga är lämplig som målsättning för en inspektion av något slag, medan den senare typen av problem måste behandlas av en verifikationsregim i stort innan man kan bedöma värdet av aldrig så effektiv och trovärdig verifikation på objektnivå.



Figur 2: Möjlig parametrisering av problemkomplexet kring verifikation av avtal på kärnvapenområdet.

På den här uppskissade skalan rör sig naturligtvis även verifikation av andra avtal. Vad gäller NPT kan man t.ex. jämföra IAEA:s ”traditionella” kärnämneskontroll,

åtgärder huvudsakligen lämpade för kvantitativ verifikation av deklarerat innehav anläggning för anläggning[56], med den nya ”verktygslåda” som tillkommit sedan mitten på 1990-talet, med mycket omfattande men mer kvalitativ kontroll av deklarationernas fullständighet[57]. Man rör sig alltså härvid längs den vertikala skalan i figuren.

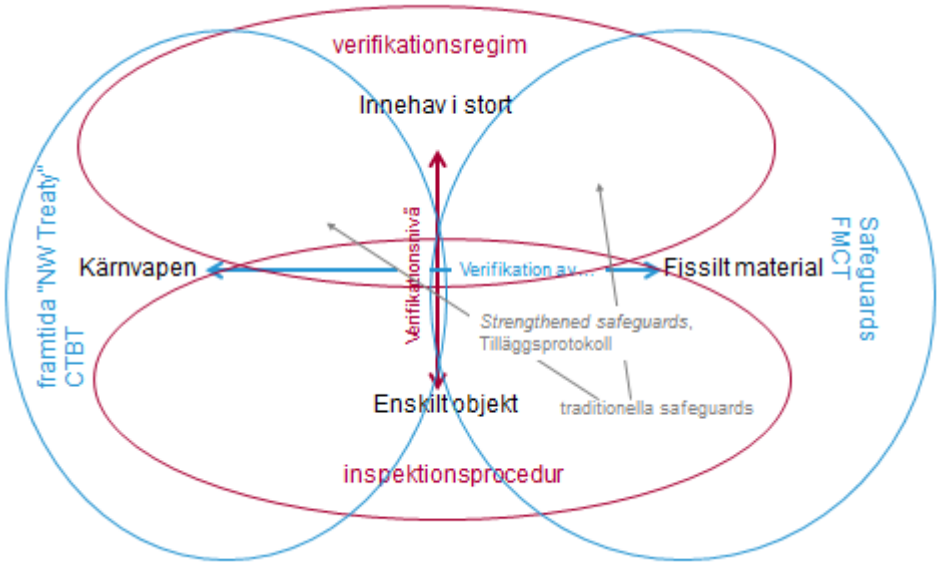
Den horisontella dimensionen kan också illustreras med NPT, som ju ytterst syftar till att förhindra spridning av kärnvapen men där verifikationsregimen varit starkt inriktad på kontroll av kärnämne eller i förlängningen möjligheter att anskaffa fissilt material[58]. Under senare år har man ägnat större uppmärksamhet än tidigare åt detektion av andra komponenter i ett kärnvapenprogram, dvs. man rör sig delvis längs den horisontella skalan i figuren. Provstoppsavtalet CTBT har ett mycket smalare fokus än NPT, och är ett exempel på avtal där verifikationen befinner sig i den vänstra delen av skalan i Figur 2. Det förbud mot produktion av fissilt material (FMCT) som diskuterats en längre tid är däremot exempel på ett avtal där verifikationen skulle hamna i den högra delen av skalan.

Det är ibland värdefullt att kunna renodla resonemang. I det allmänna fallet får man dock gå med på att verifikationen av ett avtal kommer att ha olika element som ”sprider ut” problematiken över det parameterrum som illustreras i Figur 2. Detta visar ju också exemplet verifikation av NPT. I Figur 3 försöker vi göra komplexiteten större rättvisa och illustrera ovanstående diskussion med hjälp av färglagda, asymmetriska och delvis överlappande ellipser som tänks innehålla huvuddelen av verifikationen för olika avtal.

[56] Med IAEA:s ”traditionella” kärnämneskontroll menar vi här huvuddelen av den verksamhet som utövas med stöd av avtal utformade enligt IAEA:s *Information Circular* (INFCIRC) 153 och liknande (t.ex. INFCIRC/66).

[57] Här avses t.ex. den typ av verksamhet som möjliggörs med stöd av tilläggsprotokoll tecknade enligt IAEA:s ”*Model Protocol Additional to the Agreement(s) between State(s) and the IAEA for the Application of Safeguards*” (INFCIRC/540).

[58] I den här rapporten använder vi termen ”fissilt material” eller ”klyvbart material” då vi menar det för en kärnladdning nödvändiga material i vilken en explosiv kedjereaktion av neutroninducerade kärnklyvningar ska bringas att uppstå. NPT talar om kontroll av *special fissionable material*, definierat i IAEA:s stadgar som material innehållande ^{239}Pu, ^{233}U eller anrikat uran (dvs. uran med ett sammanlagt innehåll av isotop 233 och 235 relativt isotop 238 överstigande det i naturen förekommande förhållandet mellan isotop 235 och 238) och av *source material*, väsentligen naturligt eller utarmat uran eller torium. IAEA:s kärnämneskontroll (*safeguards*) definierar *nuclear material* (kärnämne) som *source material* och *special fissionable material* (dock exkluderas explicit malm och malmrester ur definitionen av *nuclear material*).



Figur 3: Parameterrummet som introducerades i Figur 2 ”befolkat” med exempel på olika avtal.

5.3 Vad skall verifieras?

Då vår studie från början är inriktad på verifikation av nedrustning kan det förefalla som om vi per definition kan utesluta den högra delen av Figur 2. Emellertid visar det sig att så inte nödvändigtvis är fallet. Som vi skall se ligger det nära till hands att bedöma huruvida ett objekt som presenteras för nedrustning faktiskt är ett kärnvapen genom att på ett eller annat sätt mäta det ingående fissila materialet. Frågan kommer mer eller mindre omedelbart att infinna sig i vilken grad det räcker att konstatera att ett föremål innehåller fissilt material, kanske av en viss beskaffenhet. Beroende på hur den frågan besvaras kan resonemanget sedan leda fram till huruvida man inte lika gärna kan koncentrera verifikationsansträngningarna enbart på fissilt material.

I Bilaga 1 utreder vi vilka konsekvenser olika val av fokus för verifikationen kan få, och vilka ”lägen” som kan uppnås avseende säkerhet i bedömningen av en avtalsparts kvarvarande kärnvapenförmåga (faktisk eller potentiell).

Med fokus på fissilt material istället för på kärnvapen som sådana kan man inte uppnå någon högre grad av konfidens avseende hur många kärnvapen som finns kvar, endast (möjligen) avseende hur många som skulle kunna tillkomma i framtiden. Man kan inte heller säga något om förändringen i antalet kärnvapen. Möjligheten att for-

mulera avtalet så att allt fissilt material, dvs. även material som ingår i kärnvapen, faller under avtalet flyttar fokus från kärnvapen till fissilt material huvudsakligen i formell mening – vill man uppnå samma konfidens avseende antalet avrustade kärnvapen som om man fokuserar på kärnvapenfunktionen i sig måste man höja kravet på precision och noggrannhet i deklarationer och verifikation till en nivå som förutsätter undersökning av kärnvapnen själva i vilket fall som helst. Resonemanget bör alltså handla om ett avtal som fokuserar inte bara på fissilt material utan på kärnvapen i sig – dvs. man kommer att vilja kontrollera att ett föremål som sägs vara ett kärnvapen för avrustning faktiskt uppfyller kriterier som går utöver att det innehåller fissilt material.

Effektivt verifierad hantering och destruktion av en eller flera eller samtliga deklarerade kärnstridsspetsar lämnar ändå möjligheten att en avtalspart fortsatt förfogar över ett okänt antal stridsspetsar. Med i utgångsläget låg konfidensnivå i verifikationen av en avtalsparts deklaration som helhet kan man alltså på sin höjd uppnå hög konfidensnivå avseende det antal stridsspetsar som oskadliggjorts, inte avseende det antal som finns kvar.

Kostnader i olika former (tid, resurser, komplexitet, integritet, spridningsrisker) för ökad konfidens i den detaljerade verifikationen (på objektsnivå) måste alltså vägas mot hur meningsfullt det är att sträva mot ökad konfidens på den nivån givet vilken grad av tilltro man har till att deklarationen är fullständig och vilket värde det har att veta förändringen i antalet kärnvapen snarare än det absoluta antalet.

5.4 Utformning av en verifikationsregim

Vilka ingredienser kan man alltså förvänta sig behöva ingå i en framtida verifikationsregim? För att vara säker på att en stat verkligen gör sig av med sin kärnvapenkapacitet på ett mer eller mindre oåterkalleligt sätt krävs en trovärdig verifikation av flera förhållanden:

- Samtliga befintliga kärnvapen demonteras eller (om man sänkt kravet på oåterkallerlighet) överförs till kontrollerat förvar. Detta kräver i sin tur att man kan verifiera att:
  - Samtliga befintliga kärnvapen deklareras (dvs. att man har en korrekt bild av den nedrustande statens arsenal);
  - Samtliga deklarerade kärnvapen demonteras (eller på annat sätt befinner sig under övervakning eller kontroll).
- Den nedrustande staten har ingen (eller godtagbart liten) möjlighet att i hemlighet tillverka eller montera nya kärnvapen. Detta kräver att:
  - Allt vapenvärdigt fissilt material, från lager eller från demonterade kärnvapen, har gjorts oanvändbart för kärnvapen eller befinner sig under kontroll;

- Anläggningar för produktion av fissilt material befinner sig under effektiv övervakning;
- Andra associerade produktionsanläggningar befinner sig under effektiv övervakning.

Vad gäller den andra punkten (förhindra/upptäcka nytillverkning) är tillgång till fissilt material ett nödvändigt steg i tillverkning av kärnvapen, men man kan och bör naturligtvis övervaka även aspekter av kärnvapentillverkning och kärnvapenarsenaler som inte har med tillverkning av fissilt material att göra, exempelvis anläggningar för produktion och underhåll av kärnvapen, vapenbärare, tillverkning av komponenter etc. Det är troligt att en framtida verifikationsregim kommer att innefatta någon form av övervakning och kontroll inriktat på att tidigt kunna upptäcka ett relativt brett register av möjliga tecken på avtalsbrott, på samma sätt som IAEA:s övervakning av NPT utnyttjar en mängd olika information om en stats aktiviteter inom olika områden för att skapa en så fullständig och konsistent bild som möjligt. Flera av de existerande eller potentiella avtal som tidigare nämnts har uppenbara beröringspunkter med ovanstående problematik.

Utan ett avtal som kontrollerar fissilt material (FMCT eller motsvarande) är det svårt att se att det skulle finnas tillräckliga hinder mot tillverkning av fissilt material för vapenändamål. Ett sådant avtal som även innefattar redan tillverkat fissilt material i lager och där frågan om kontroll av fissilt material avsett för andra ändamål än vapen (se avsnitt 2.4) är löst skulle däremot i princip erbjuda en ”minimitäckning” av den andra punkten ovan. Om verifikationen av ett sådant avtal är vattentät (dvs. om inga möjligheter finns att utnyttja befintliga men odeklarerade lager, att smussla undan material som står under kontroll eller att i hemlighet tillverka nytt material) omöjliggörs tillverkning av nya kärnvapen.

Kärnämneskontroll för verifikation av NPT såsom den idag genomförs av IAEA skulle i princip kunna utsträckas till att även innefatta kontroll av tidigare odeklarerat och okontrollerat vapenvärdigt fissilt material. Det väl utarbetade system som används idag går att tillämpa men skulle behöva modifieras för att kunna hantera fissilt material med sekretessbelagd isotopsammansättning eller t.o.m. sekretessbelagd mängd (det senare om det finns en koppling mellan material och ett bestämt antal kärnladdningar). I ett sådant arbete finns erfarenheter att hämta från det Trilaterala initiativet (se avsnitt 4.6).

Existerande rustningskontrollavtal på kärnvapenområdet fokuserar på vapenbärare. Tanken med ett kärnvapennedrustningsavtal skulle vara att gå utöver detta och reglera nedrustning av själva kärnvapnen. Emellertid har erfarenheter från verifikation av existerande avtal stort intresse som grund för den noggranna kartläggning av arsenaler som skulle behöva finnas på plats för att verifikation av själva demonteringen skulle vara meningsfull, och antagligen som mall för hur man i framtiden skulle kunna försäkra sig om att inga kärnvapen undandras deklaration inom ramen för ett avtal om kärnvapennedrustning.

Under Kemvapenkonventionen (CWC) inspekteras aktiviteter vid deklarerade anläggningar där det tidigare förekommit produktion av kemiska stridsmedel. Konventionen tillåter endast att det vid sådana anläggningar produceras kemikalier med låg toxicitet, så att de säkerhetsåtgärder som krävs vid anläggningen inte är tillräckliga för produktion av stridsmedel. En parallell till förhållanden vid anläggningar för produktion av fissilt material är åtgärder för att undvika kriticitetsolyckor som är särskiljande för material med olika anrikningsgrad. Att inspektera militära anläggningar är förknippat med särskilda utmaningar eftersom det finns annan skyddsvärd information vid anläggningarna som inte får röjas.

Det förefaller utifrån ovanstående som om flera av verifikationsuppgifterna har klara paralleller med eller är i stort sett identiska med existerande eller sedan länge utförligt diskuterade verifikationsmekanismer. Motsvarande uppgifter inom verifikationen av ett eventuellt framtida kärnvapennedrustningsavtal erbjuder ändå stora utmaningar. En fråga är problematiken med HEU för framdrivning av ubåtar, eftersom man måste kunna särskilja sådant höganrikat uran från vapenmaterial. Andra utmaningar gäller fastställande av avgivna deklarationers riktighet och fullständighet avseende kärnstridsspetsar – dvs. att man har en i alla detaljer korrekt bild av den arsenal som skall nedrustas – men även när det gäller övervakning av såväl civil som militär kärnteknisk infrastruktur för att säkerställa att den inte missbrukas för att tillverka eller hantera nya kärnvapen. Den förra frågan introducerar förutom verifikationsproblematiken ett annat viktigt problemkomplex, nämligen huruvida en kärnvapenstats säkerhetsintressen kan medge att en fullständig och detaljerad deklaration av dess kärnvapenarsenal överlämnas till andra. En möjlig lösning kan vara krypterade deklarationer i kombination med någon form av märkning och försegling av kärnvapen, där varje märkt individ motsvarar en post i deklarationen – en krypterad, i förväg avgiven förteckning där förvarings- eller utplaceringsplats samt andra relevanta data och egenskaper står beskrivna. Genom att stickprovsmässigt begära kryptonyckeln till en eller flera poster kan mottagaren av deklarationen sedan, t.ex. genom inspektioner på platsen, förvissa sig om att deklarationen på dessa punkter överensstämmer med verkligheten, och stegvis bygga upp ett förtroende för att deklarationen i sin helhet är riktig. Det finns även kryptografiska metoder som tillåter att man undviker att sätta en fullständig, aldrig så krypterad kärnvapenförteckning i händerna på en främmande makt, men som ändå garanterar att man kan göra stickprovskontroller mot en fullständig deklaration som inte kan förändras i hemlighet.[59]

Problemet med deklarationernas fullständighet, liksom övervakning av kvarvarande infrastruktur som skulle kunna användas för brott mot ett avtal, kvarstår. Möjliga inslag i en verifikationsregim som avser lösa den typen av uppgifter är t.ex.

[59] Se t.ex. R. L. Garwins beskrivning av krypterade deklarationer och *tags and seals* i kapitel 8 av *Transparency in Nuclear Warheads and Methods: The Political and Technical Dimensions* (Ed. N. Zarimpas), Oxford University Press 2003, och S. Fetters och I. Oelrichs diskussion i kapitel 2 av *Elements of a Nuclear Disarmament Treaty: Unblocking the Road to Zero* (Ed.B. Blechman och A. Bollfrass), Stimson Centre, 2010.

- Övervakning av anläggningar och aktiviteter med hjälp av satelliter eller annan fjärranalys;
- Övervakning av områden och anläggningar genom provtagning i mark, luft och vatten och genom strykprover;
- Mekanismer för övervakning genom överflygningar av avtalsparternas territorium;
- Omfattande informationsplikt avseende kärnteknisk verksamhet och forskning med anknytning till kärnbränslecykeln inklusive framtidsplaner för sådan verksamhet och forskning;
- Omfattande tillträde för oanmälda inspektioner eller inspektioner med kort varsel på avtalsparternas territorium, rutinmässigt eller vid misstanke om avtalsbrott;
- Mekanismer för kontrollerat tillträde (*managed access*) vid inspektioner av känsliga anläggningar.

Ovanstående möjliga komponenter erbjuder ett antal särskilda svårigheter, sekretessmässiga och andra om de skall implementeras fullt ut i verifikationen av ett kärnvapennedrustningsavtal. Omfattande erfarenheter av dessa komponenters användning i olika sammanhang finns dock, vilket inte gäller för ingående teknisk verifikation av kärnstridsspetsar.

Förutom de tekniska utmaningarna som föreligger med en verifikationsregim för kärnvapennedrustning är frågan om verifikationsregimens formella organisation komplicerad. För att nå politisk acceptans och förtroende kommer den sannolikt behöva vara multilateral och också multinationell, sammansättningen är däremot inte uppenbar. Ska inspektörer komma från både stater som innehar kärnvapen och icke-kärnvapenstater eller endast från stater med kärnvapenkapacitet? Representationen är en fråga om legitimitet, transparens och förtroende å ena sidan och skydd av information viktig för nationell säkerhet och nukleär spridningsrisk å andra sidan. Det är också en fråga om kostnad för verifikationsregimen.

5.5 Demontering av kärnvapen steg för steg

Den inledande diskussionen har motiverat att vi nu fortsätter med att undersöka vilka steg en verifierad destruktion eller demontering av ett föremål som i någon grad behöver verifieras faktiskt vara en kärnstridsspets skulle innehålla. Vi måste här hålla i minnet att detta utgör verksamhet i den nedre vänstra kvadranten av Figur 2. Som vi konstaterat måste det även till en process i den övre delen av Figur 2 (på systemnivå, för att säkerställa att den detaljerade verifikationen på objektnivå är meningsfull), och att de krav som ställs på vilken konfidens man skall uppnå i dessa olika delar påverkar varandra och måste bedömas tillsammans. Vi lämnar då den övre delen av Figur 2 och betraktar endast verifierad demontering av ett kärnvapen.

Processen innehåller i princip fem steg: identifiering, obruten kunskapskedja för stridsspets till demontering, övervakad demontering, verifikation av demontering samt obruten kunskapskedja för fissilt material och komponenter efter demontering. De presenteras närmare i det följande.

5.5.1 Identifiering

Inledningsvis måste det fastställas att föremålet för verifikationen faktiskt är ett kärnvapen som omfattas av avtalet, dvs. föremålet måste identifieras mot en deklaration. Den viktigaste delen av identifikationen är att säkerställa att det rör sig om ett vapen av den typ som avses i avtalet. För att kunna följa upp processen i stort mot deklarationen av hela arsenalen eller den del därav som omfattas av avtalet bör även en individuell identifikation av vapnet ske.

Detta första moment i kedjan är avgörande för hur meningsfull resten av processen är, och för vilka mål man kan uppnå med hela verifikationen. Beroende på vilka krav som ställs är det också antagligen det svåraste momentet eftersom det innefattar en ingående undersökning av ett föremål vilkets egenskaper i stor utsträckning inte får röjas. I Kapitel 6 ges en översikt av egenskaper som utmärker en kärnladdning.

Om detta moment inte fungerar finns risken att kärnvapen som bokförts som skrotade i själva verket finns kvar, samt risken att man inte med säkerhet kan identifiera vilken individ det handlar om vilket kan försvåra kontrollen av avtalet som helhet. Man kan naturligtvis sänka kraven på konfidensnivå (och absolut säkerhet är aldrig möjlig), men det kan t.ex. innebära att man i själva verket går från att verifiera demontering av kärnvapen till att endast verifiera disposition av fissilt material. Ett skäl att godkänna en relativt låg konfidensnivå i identifikationen (och därmed i hela kedjan) kan t.ex. vara att man ändå inte har särskilt hög konfidens avseende deklarationen i sin helhet. Avvägningen skulle då kunna vara att man t.ex. av kostnadsskäl godtar en viss risk att en attrapp kan passera som kärnladdning eftersom man ändå inte vet med säkerhet hur många äkta kärnvapen det fanns från början. Här måste man också bedöma parternas benägenhet att riskera att fusk med identifikationen avslöjas – vägt mot en kanske lägre risk att fusk med deklarationen av totala antalet stridsspetsar avslöjas. Den bedömningen påverkas naturligtvis också av den politiska kontexten i vilken avtalet kommit till, vilket t.ex. illustreras av de olika exempel på kärnvapennedrustning som diskuteras i början av kapitel 4.

5.5.2 Obruten kunskapskedja för stridsspets till demontering

Sedan det avtalsbegränsade föremålet identifierats måste en obruten kunskapskedja upprätthållas så att identifikationen inte måste göras om på ett senare stadium i processen, vilket kanske inte ens är möjligt. Jämfört med identifikationen förefaller detta steg principiellt enklare, om än inte alls enkelt, givet den sekretess och de säkerhetsåtgärder som omger transport och hantering av kärnvapen.

5.5.3 Övervakad demontering

Överenskomna åtgärder för demontering/avrustning av vapnet måste genomföras under bibehållen sekretess och säkerhet men även under bibehållen obruten kunskapskedja.

5.5.4 Verifikation av demontering

Efter demontering genomförs de mätningar och undersökningar av t.ex. komponenter och anläggning som kan krävas för att verifiera att processen genomförts enligt det överenskomna protokollet, dvs. att föremålet avrustats enligt gällande definition och att kunskapskedjan vad gäller komponenter förblir intakt.

5.5.5 Obruten kunskapskedja för fissilt material och komponenter efter demontering

Efter demonteringen måste det fissila materialet och andra komponenter disponeras så att kunskapskedjan åtminstone avseende det fissila materialet förblir obruten.

5.6 Slutsatser

Det har framgått att verifikation är ett komplicerat begrepp som i fallet kärnvapennedrustning liksom i många andra sammanhang innefattar flera element. En verifikationsprocedur som syftar till att säkerställa att ett objekt svarar mot en post i en deklaration och genomgår en föreskriven process måste för att vara meningsfull motsvaras av förtroende för att den avgivna deklarationen faktiskt omfattar alla objekt som omfattas av ett avtal. Dessutom är det besvärligt att generellt diskutera verifikation utan att göra specifika antaganden om vad som skall omfattas av ett avtal och vilka politiska, juridiska och andra omständigheter som får tänkas råda vid dess implementering. I detta arbete försöker vi i någon mån presentera ett allmänt sammanhang, men fokus ligger på ett avtal som kräver kontroll av stridsspetsar. Vad gäller verifikation koncentrerar vi oss på frågeställningar kring verifikation av enskilda objekt.

De i 5.5 skisserade stegen, identifiering, kunskapskedja, demontering, verifikation av detta steg samt slutdisposition, behandlas närmare i kapitel 7. Om de genomförts med hög konfidens i verifikationen befinner man sig i ett läge där deklarerade kärnvapen behandlats enligt avtalet och inte i hemlighet kan ersättas (väsentligen läge 3 i Tabell 4 i Bilaga 1). I den mån man även har hög tilltro till de avgivna deklarationerna och därför kan bortse från risken att odeklarerade kärnvapen eller fissilt material eller möjligheter att i hemlighet ersätta kärnvapen eller fissilt material i hemlighet finns kvar (riskerna 1a,b, c i Tabell 3 i Bilaga 1) innebär detta hög tilltro till att avtalet som helhet fungerar.

6 Avtalsbegränsat objekt

En stor del av problematiken kring nedrustningsprocessen innefattar, som tidigare nämnts, själva initieringsproblemet, dvs. hur den inspekterande parten kan verifiera att det verkligen är ett äkta kärnvapen som demonteras och inte en attrapp. För att kunna verifiera äktheten måste man känna till något om vapnets allmänna konstruktion och karakteristika. Vi ska i detta kapitel därför kort diskutera konstruktionen av några hypotetiska laddningar och deras generella egenskaper för att få en förståelse för vilka komponenter i ett vapen som det är väsentligt att verifiera förekomsten av, men också vad som kan påverka de mätbara signaturerna.

Först några ord om terminologin inom området, vilken ofta förefaller relativt oprecis.[60] Med *kärnladdning* menar man i regel enbart den explosiva anordningen med det minimum av kringutrustning som krävs för att explosionen ska kunna utlösas. Ordet *kärnvapen* antyder att kärnladdningen kompletterats med olika säkerhets- och armeringsmekanismer, samt att alla komponenter sammanfogats i ett lämpligt hölje för att bli praktiskt användbart. Ibland räknas även vapenbäraren in i begreppet kärnvapen. Flera faktorer bestämmer vidare utformningen av ett kärnvapen. En viktig faktor är att det måste anpassas till vapenbäraren vad gäller styrka, vikt och dimension. Detaljinformation kring utformning och konstruktion av både vapen och laddningar är av naturliga skäl hemlig, men de generella dragen är relativt väl kända. Oavsett om själva vapnet består en förhållandevis enkel fissionsladdning eller är termonukleärt och tämligen avancerat måste det innehålla åtminstone en fissionsladdning.

6.1 Kärnladdningar – material och konstruktion

Oberoende av konstruktion innehåller en kärnladdning alltid någon form av klyvbart material, såsom ^{235}U och/eller ^{239}Pu.[61] Båda isotoperna är radioaktiva och sänder ut gammastrålning och neutroner vilka kan fångas upp av mätinstrument och användas för att påvisa eller indikera existensen av en laddning. Vidare är en kärnladdning antingen av ren fissionstyp eller en tvåstegs termonukleär laddning med fissionsladdning som tändare.

För att konstruera en laddning krävs en viss minsta mängd fissilt material, en s.k. kritisk massa. Hur stor denna är i varje enskilt fall beror på materialets kärnfysikaliska egenskaper, densitet och form.

[60] I äldre litteratur förekommer dessutom en del beteckningar som numera sällan används. Man talade då om ”atombomb” och ”atomvapen” i stället för ”kärnvapen”.

[61] ^{233}U, ^{237}Np och några americiumisotoper skulle rent teoretiskt också kunna användas men är av olika anledningar mindre lämpliga och har, såvitt är känt, inte använts för ändamålet i annat än mindre experiment.

6.1.1 Fissionsladdningar

Fissionsladdningens princip är relativt enkel. En mängd klyvbart material hålls först i en underkritisk konfiguration så att en kedjereaktion inte är möjlig. Genom sprängtekniska metoder sammanförs det klyvbara materialet snabbt till ett överkritiskt system i vilket en kedjereaktion är möjlig som sedan kan initieras i rätt ögonblick av en puls från en s.k. neutrongenerator (eller ett neutronalstrande radioaktivt preparat). En fissionsladdning innehåller sålunda alltid klyvbart material, högexplosivämnen och en neutronkälla av något slag. Utöver detta innehåller laddningen också en mängd kringutrustning med hög tolerans och prestanda såsom utlösningsanordningar (t.ex. kablar och elektriska tändare för exakt initiering av sprängämnet), kraftaggregat och ytterligare komponenter och mekanismer av betydelse ur t.ex. armerings- och säkerhetssynpunkt.

För att göra laddningar effektiva används ofta tunga material som ett omgivande skal, en s.k. *tamper*. Denna hjälper bl.a. till att hålla samman det klyvbara materialet i en kritisk konfiguration så länge som möjligt under explosionsförloppet. Som *tamper* kan man t.ex. använda volfram eller utarmat uran, som huvudsakligen består av isotopen ^{238}U. För att ytterligare effektivisera laddningen och minska den kritiska massan kan det klyvbara materialet omges med en neutronreflektor av t.ex. beryllium.[62] Det är också möjligt att uppnå högre kompression och därmed högre laddningsstyrka genom att, i stället för solid kärna, ha ett tomrum i laddningens centrum omgivet av ett sfäriskt skal med fissilt material, en s.k. skalladdning.

För att uppnå ytterligare förbränning kan man använda s.k. *fusionsförstärkta* laddningar där en liten mängd fusionsbränsle, deuterium-tritiumgas (DT-gas), kan placeras i skalladdningens hålrum. I samband med att laddningen detonerar blir temperaturen i centrum så hög att DT-gasen genomgår fusion och frigör en stor mängd neutroner, vilka ökar antalet kedjereaktioner i det fissila materialet.[63]

6.1.2 Fusionsladdningar

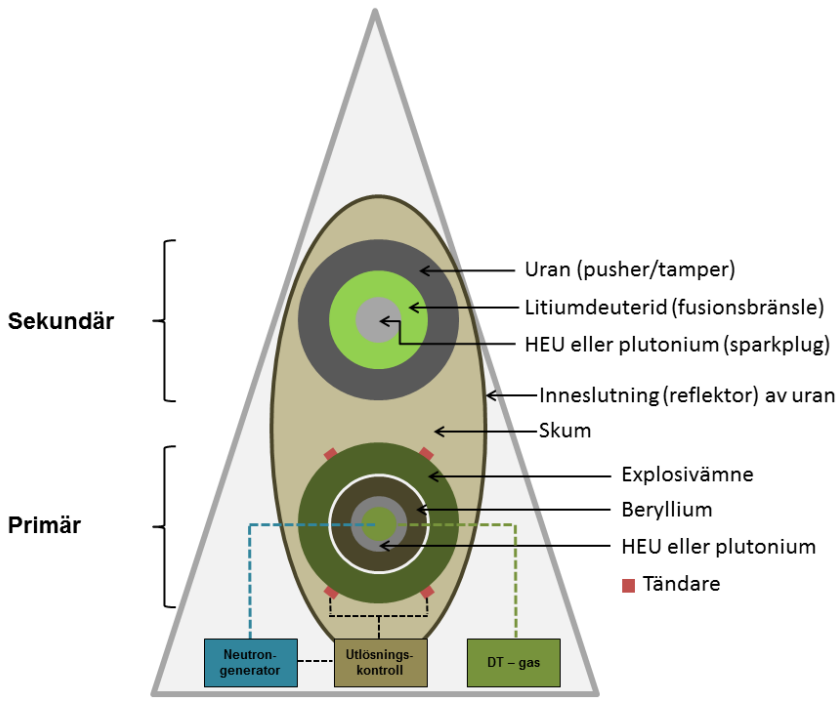
Kärnenergi kan som sagt också frigöras genom sammanslagning (*fusion*) av lätta atomkärnor. För att övervinna den elektriska repulsionen mellan kärnorna och för att fusion ska kunna ske måste kärnorna ha en mycket hög hastighet. För att skapa tillräckligt hög medelhastighet hos kärnorna måste bränslematerialet hettas upp till flera tiotals miljoner grader; av detta skäl kallas sådana laddningar termonukleära. I fusionsladdningar utnyttjas tyngre isotoper av väte (därav det ibland använda namnet vätebomb), deuterium och tritium, som bränsle. För att åstadkomma de extrema tryck och temperaturer som krävs för en termonukleär förbränning behö-

[62] Se t.ex. S. Fetter et al., "Detecting Nuclear Warheads" *Science & Global Security*, 1990, vol 1 p. 225-302

[63] Då tritium sönderfaller, kräver fusionsförstärkta laddningar visst underhåll för att bibehålla önskad laddningsstyrka. Detta innebär dock inga större hinder i praktiken eftersom tritiumbehållaren kan monteras externt.

ver man en fissionsladdning (enligt vad som beskrivs ovan, antingen av plutonium eller höganrikat uran, HEU) som tändare, en s.k. *primär,* vilken genererar röntgenstrålning som trycker samman och tänder det termonukleära bränslet, den s.k. *sekundären*. Det termonukleära bränslet är placerat för sig, skilt från den tändande primären.

I sekundären förvaras tritiumet sannolikt ofta av praktiska skäl i form av ^{6}Li som är stabilt och som omedelbart kan omvandlas till tritium via fusionsprocessen[64]. Vidare binder ^{6}Li kemiskt till deuterium och bildar tillsammans litiumdeuterid (LiD), ett fast gråaktigt pulver som är mycket lättare att hantera än rent deuterium och tritium. Ett termonukleärt kärnvapen skulle vidare generellt kunna innehålla både plutonium och höganrikat uran i primären, se Figur 4. HEU skulle också kunna infogas i sekundären för att hjälpa till att initiera tändningen av fusionsbränslet. Naturligt eller utarmat uran kan också användas i den yttre inneslutningen och kan då fungera som reflektor av röntgenstrålningen från primären.



Figur 4: Schematisk skiss över ett hypotetiskt två-stegs termonukleärt vapen som kan innehålla både plutonium och HEU. Figuren är inspirerad av figur A.3 ur International Panel on Fissile Materials ”Global Fissile Material Report 2011”.

[64] Via reaktionen: $^{6}\mathrm{Li} + \mathrm{n} \rightarrow {}^{4}\mathrm{He} + {}^{3}\mathrm{H}$.

6.2 Attribut och signaturer

Ovanstående allmänna beskrivning av kärnladdningar innebär att de har ett antal karaktäristiska egenskaper, varav vissa producerar signaturer som är mätbara i omgivningen.

Lättast att mäta utifrån är innehållet av fissilt material, som utsänder gamma- och neutronstrålning. En kärnladdning kan förutsättas innehålla en viss mängd fissilt material i metallform vilket förmodas vara anordnat i en axialsymmetrisk eller sfärisk geometri. Man skulle utan kännedom om föremålets inre geometri genom enkla mätningar kunna dra vissa slutsatser om förekomsten och sammansättningen av fissilt material i mätobjektet. Man bör observera att förhållandena både för gamma- och neutronstrålning kan ändras avsevärt med relativt små förändringar i konstruktionen, men mer ingående mätningar och eller ökad kännedom om mätobjektets inre geometri skulle kunna erbjuda möjligheter till betydligt noggrannare karaktärisering av det fissila materialet till mängd, sammansättning och form.

Förekomsten av fissilt material i ett föremål innebär naturligtvis inte automatiskt att det rör sig om en kärnladdning, ens om det är arrangerat på ett för en kärnladdning karaktäristiskt sätt. Som beskrivits ovan inrymmer ett kärnvapen en mängd specifika elektroniska komponenter t.ex. för kontroll av säkring, armering och avfyrning som också skulle kunna fungera som markörer. Andra indikatorer är exempelvis förekomsten av högexplosivämnen (spränglinser), någon form av neutronkälla, tändanordningar och ^{6}Li.

Nedan följer en kort lista på material och komponenter[65], alla inte nödvändigtvis förekommande men som skulle kunna inkluderas i en deklaration som markörer för verifikation av ett avtalsbegränsat objekt. På samma sätt som i *Project Cloud Gap* och *Field Test 34* (se avsnitt 4.3) kan man tänka sig att en inspektör tillåts verifiera (detektera via mätningar eller visuellt konstatera) förekomsten av ett eller flera objekt och attribut. Föremålens existens var för sig kan inte bekräfta äktheten av det avtalsbegränsade objektet men i olika kombinationer tillsammans ge tillräcklig konfidens och tilltro att objektet är vad som avses i deklarationen. Listan nedan är inte fullständig men ger exempel på attribut som en inspektör, på mer eller mindre inträngande sätt med hänsyn tagen till säkerhet och sekretess, skulle kunna komma att tillåtas mäta eller konstatera existensen av.

Klyvbart material[66] (metalliskt)

- ^{235}U
- ^{239}Pu

[65] Bl.a. baserad på INFCIRC/245/rev.8/Part2 och EU:s exportkontrollförordning; Rådets förordning (EG) nr 428/2009.

[66] Listan skulle som tidigare nämnts även kunna inkludera ^{233}U, ^{237}Np och några americiumisotoper, vilkas användning dock är mycket mindre sannolik.

Neutroninjektorer och fusionsbränsle

- Neutrongenerator (ev. extern accelerator)
- Neutronkälla (ex. polonium-beryllium, radium-beryllium)
- Litium (^{6}Li)
- Tunga väteisotoper (deuterium, tritium ev. i extern behållare)

(Sfäriska) höljen, skal eller inneslutningar av

- Beryllium
- Uran (naturligt, utarmat)
- Volfram
- Aluminium
- Borplast (^{10}B)

Explosivämnen

- Spränglinser, formade sprängladdningar
- Högexplosivämnen (ex. HMX, RDX, TATB)

Elektriska komponenter för att med hög precision initiera sprängladdningar

- Kraftaggregat
- Tändare och sprängkapslar
- Brytarenheter
- Pulsgeneratorer

På samma sätt som närvaron av vissa komponenter kan styrka äktheten kan frånvaron av vissa ämnen och signaturer göra det, så som exempelvis signaturer av plutoniumdioxid istället för metalliskt plutonium eller alltför hög isotopkoncentration av ^{240}Pu. Frågor om vilka mätmetoder som skulle kunna användas för detektion och verifikation samt diskussion kring de signaturer som kan förekomma berörs vidare i kapitel 8. Först behandlas emellertid frågor om identifiering, demonteringsprocedurer och slutdisposition i kapitel 7.

7 Identifiering, avrustning och slutdisposition

Utgående från den verifikationskedja för destruktion av en kärnstridsspets som introducerades i avsnitt 5.5 behandlas i det här kapitlet svårigheterna kring korrekt identifikation av kärnladdningar som skall demonteras samt bibehållen kontroll över föremålet för verifikationen från identifikation genom verifierad avrustning till överenskommet sluttillstånd. Diskussionen berör signaturer och egenskaper hos kärnvapen samt endast kursivt mättekniska detaljer. De förra behandlas mer ingående i kapitel 5 och de senare i kapitel 8.

7.1 Identifiering av kärnstridsspetsar som skall avrustas

Identifikation av kärnladdningar som skall demonteras, det. s.k. initieringsproblemet, utgör som tidigare nämnts förmodligen det svåraste momentet i verifikationen av ett nedrustningsavtal, åtminstone den del som handlar om deklarationernas riktighet. Givet en deklaration med ett eller flera kärnvapen som skall avrustas under en överenskommen verifikationsprocedur är det avgörande för förtroendet för resten av verifikationen att den inspekterande parten kan förvissa sig om att föremål som presenteras av den inspekterade parten verkligen är de deklarerade kärnvapnen. Det scenario man vill försäkra sig mot är att det i själva verket rör sig om attrapper som skall gå igenom verifikationsproceduren. De deklarerade kärnvapnen skulle då bokföras som avrustade när de i själva verket i hemlighet fanns kvar.

Ett sådant bedrägeri kan avslöjas eller misslyckas på flera sätt, beroende på hur avtal och deklarationer och motsvarande verifikation är konstruerade:

- Identifieringen av föremålen som kärnvapen, i förekommande fall av deklarerad typ eller som de deklarerade individerna, ger negativt resultat.
- Attrapperna uppfyller inte i tillräcklig utsträckning krav som ställs i den fortsatta processen; om de t.ex. inte innehåller erforderliga komponenter (t.ex. mängd eller kvalitet fissilt material) uppkommer en brist i bokföringen av avrustade komponenter.
- De kvarvarande kärnvapnen, som bokförts som avrustade, identifieras vid ett senare tillfälle. Detta fall kräver naturligtvis ett tillförlitligt system för identifiering av enskilda kärnvapen mot deklarationer.

Risken att en avtalspart kan genomföra den här typen av bedrägeri definierar det s.k. ”initieringsproblemet”, dvs. hur man vet att det föremål som presenteras för demontering verkligen är den deklarerade kärnladdningen när alltför detaljerade mätningar riskerar att röja information om laddningens konstruktion. Mätningar på

kärnvapen skulle kunna utföras bakom en s.k. informationsbarriär. Detta innebär tekniska eller procedurella arrangemang så att endast resultatet (i det här fallet t.ex. ”överensstämmer” eller ”överensstämmer inte” med mallen) visas för den inspekterande parten. De tekniska svårigheterna med att konstruera ett automatiskt system som med mycket hög tillförlitlighet utför en uppsättning av olika kvalificerade analyser av mätdata förefaller stora men kanske inte oöverstigliga.

En tanke som framförts i de flesta arbeten om verifikationsmätningar på kärnladdningar är att man kan undvika sekretessmässigt riskabla undersökningar av ett mätföremåls detaljerade egenskaper (s.k. egenskaps- eller attributmätningar) och helt förlita sig på att konstatera huruvida föremålet uppvisar samma ”fingeravtryck” av helst komplexa signaturer som en på förhand uppmätt ”mall”. Detta kallas på engelska *template matching*, och vi kommer att använda uttrycket *fingeravtrycksmätningar*. Beroende på hur ”fingeravtryck” och mätningar utformas kan någon form av informationsbarriär behöva användas, men den automatiska analys som skall ske bakom barriären borde i det här fallet kunna göras enklare (av typen kvantifiering av överensstämmelsen mellan två mätspektra). Förutsatt att den mall man använder verkligen representerar ett kärnvapen av den typ man vill verifiera förefaller detta vara en framkomlig väg: I varje steg av verifikationen kan ett föremål sedan identifieras, utan att man behöver göra attributmätningar. I kapitel 8 behandlas något mer utförligt hur mätprotokoll med erforderlig unikhet och komplexitet för fingeravtrycksmätningar på kärnvapen skulle kunna utformas.

Ur principiell synpunkt är huvudproblemet emellertid hur man skall verifiera mallens äkthet. Här är man antingen ändå hänvisad till attributmätningar eller också får man utveckla sätt att ”ur sammanhanget” försäkra sig om att man verkligen har med ett kärnvapen (och helst med rätt kärnvapen) att göra. Attributmätningen skulle i princip behöva genomföras endast en gång för alla för varje typ av stridsspets som man vill kunna skilja på och på det sättet kanske ändå erbjuda möjligheter att mildra de inneboende svårigheterna med attributmätningar.

Beroende på hur ett avtal, tillhörande deklarationer och kartläggning av arsenaler utformas skulle man kunna tänka sig fall där verifikation av mallens äkthet vore ett mindre problem. När man en gång mätt upp en mall måste ju varje föremål som någonsin presenteras för avrustning under förespegling att det är en stridsspets av den deklarerade typen behöva vara en attrapp av samma typ. Äkta vapen skulle ju ge en annan signatur än mallen. I vissa fall, t.ex. om ett avtal stipulerar avrustning av ett stort antal stridsspetsar av samma typ och man har god kontroll över den existerande arsenalen och själva avrustningsprocessen och dess slutprodukter, skulle man möjligen kunna sluta sig till att det är osannolikt att det skulle löna sig att tillverka attrapper i nödvändig omfattning.

Ett annat sätt att undvika attributmätningar för att verifiera att mallen verkligen representerar t.ex. en stridsspets av en viss typ skulle kunna vara att låta mallverifikationen innefatta mätningar på ett slumpmässigt urval ur en större population operativa stridsspetsar, t.ex. ombord på en ubåt. Detta skulle försvåra möjligheterna

att presentera attrapper för mallmätningarna. Man skulle i så fall före mätningen behöva byta ut samtliga stridsspetsar i den undersökta populationen (t.ex. samtliga stridsspetsar ombord på den inspekterade ubåten) mot attrapper.

För att kunna genomföra denna typ av bedrägeri under en verifikationsregim som börjar med mallmätningar på slumpmässigt utvalda operativa stridsspetsar måste man alltså tillverka attrapper som representerar varje vapen av den typ man vill fuska med, och dessutom ersätta ett tillräckligt stort antal av sina operativa stridsspetsar av denna typ med attrapper. Hur svårt detta skulle vara påverkas naturligtvis av exakt hur den verifikation som ovan kort och enkelt beskrevs som ”slumpmässigt urval ur en större population operativa stridsspetsar” faktiskt utformas. Givet de insatser som en fuskande stat spelar med kan man inte utesluta att det vore genomförbart. Ett annat problem är hur man skulle verifiera kärnladdningar som inte längre finns i operativa kärnvapen.

Tilltron till deklarationernas tillförlitlighet kan bl.a. komma att bero på olika åtgärder som föregått avtalet. Om avtalet under en tidsperiod har föregåtts av olika typer av deklarationer avseende arsenalers storlek och utplaceringar och kanske också besök vid olika typer av anläggningar skulle fusk som innebär att en hel population bytts ut mot attrapper vara mindre troligt, eller åtminstone behövt vara väl planerat sedan lång tid tillbaka.

En metod att verifiera att det eller de föremål som använts för att skapa en mall verkligen är en fungerande kärnladdning skulle vara att faktiskt detonera den efter att mallmätningen slutförts. Denna metod kan förefalla enkel, åtminstone i princip, men innebär även den flera problem. Dels kommer det fullständiga provstoppsavtalet (CTBT) då det eventuellt träder i kraft att förbjuda alla typer av kärnsprängningar. Dels måste man ställa sig frågan vad som händer om laddningen faktiskt är äkta men ändå inte detonerar som den skall. Detta skulle kunna försätta hela verifikationen, åtminstone av den laddningstypen, i ett besvärligt läge.

7.2 Obruten kunskapskedja efter identifiering

Har identifikationen en gång skett med godtagbar trovärdighet handlar resten av verifikationen väsentligen om att noggrant försäkra sig om att föremålet ifråga, och senare i demonteringskedjan dess väsentliga komponenter, inte kan manipuleras eller bytas ut utan att det upptäcks.

Säkerställande av denna typ av kontroll, s.k. *Continuity of Knowledge*, är en central del av IAEA:s rutinmässiga arbete med kontroll av kärnämne i olika former. Verifikation av ett föremål (t.ex. en kärnbränslepatron eller en UF_6-cylinder) till identitet och beskaffenhet från grunden är vanligtvis svårt, dyrt och komplicerat. För att undvika att behöva göra det fler gånger än nödvändigt utnyttjar man inspektörernas närvaro liksom olika typer av förseglingar, märkning, åtkomstbegränsningar och övervakningsutrustning för att bibehålla kunskapskedjan. I vissa fall är det t.o.m. omöjligt

att i efterhand återställa en bruten kunskapskedja. Detta kan i hög grad komma att gälla även kärnladdningar.

När det gäller kärnladdningar kan man förmoda att kraven på säkerhet i den här typen av kontroll kommer att sättas mycket högt. Samtidigt innebär den sekretess och de säkerhetsarrangemang som omgärdar hantering och transport av kärnvapen en svårare utmaning än dagens kontroll av civil kärnämneshantering.

Förutom de åtgärder som nämnts ovan kan man när det gäller kärnstridsspetsar betrakta ”fingeravtrycksmätningar” av den typ som beskrevs i föregående avsnitt som ytterligare en teknik att tillgå. Den typen av mätning skall ju vara utformad så att den slår larm om det undersökta föremålet inte överensstämmer med en förväntad mall, vilken i detta fall skulle utgöras av föregående mätning på föremålet självt. Alternativt kan mallen utgöras av tidigare mätningar på samma typ av föremål före och efter respektive demonteringssteg, t.ex. före och efter avlägsnande av skärmande konstruktionsmaterial kring laddningen eller före och efter skiljandet av högexplosivdelar från kärnan av fissilt material.

7.3 Demontering och destruktion eller kontrollerad förvaring av komponenter

Givet att man uppnått tillräcklig konfidens i identifieringen av det föremål som skall demonteras som den kärnladdning som deklarerats gäller det att själva demonteringen genomförs på ett sätt som försätter laddningen i ett överenskommet ”demonterat” skick samt bibehåller kunskapskedjan avseende kritiska komponenter intakt.

7.3.1 Övergripande mål och försvårande faktorer

Det scenario man här vill försäkra sig mot är alltså att ett äkta kärnvapen, som presenterats för avrustning i enlighet med deklarationen, i själva verket inte genomgår avrustningsproceduren på överenskommet sätt. Kärnvapnet finns istället kvar i operativt skick eller i ett skick som är närmare operativt än vad som avses i avtalet. Verifikationen av demontering av en kärnladdning måste således säkerställa att

- Laddningen försätts i det skick avtalet stipulerar – ”demonterad” t.ex. i meningen att fissilt material skilts från högexplosivkomponenter och sekundär (termonukleär) laddning skilts från primär laddning;
- Inga komponenter över vilka fortsatt kontroll skall utövas (t.ex. det fissila materialet) har smusslats undan;
- Ingen känslig information om laddningens konstruktion röjs.

Svårigheterna att uppfylla de bägge första punkterna ovan uppstår väsentligen ur kravet i den tredje. Risken att känslig information röjs innebär att den inspekterade

parten rimligtvis kommer att vilja upprätthålla en mycket hög säkerhetsnivå med omfattande restriktioner vad gäller t.ex.

- In- och utförsel av instrument och annan utrustning;
- Genomförande av mätningar och dokumentation;
- Hantering av mätdata och dokumentation;
- Antal inspektörer;
- Tillträde och insyn;
- Arbetssätt och personlig utrustning. T.ex. är det troligt att endast heltäckande klädsel tillhandahållen av den inspekterande parten tillåts.

Vissa av dessa aspekter representerar motsvarande problem även för den inspekterande parten, som å sin sida måste säkerställa t.ex. att

- mätutrustning inte manipulerats utan fungerar enligt överenskomna specifikationer;
- mätdata och annan dokumentation inte manipuleras;
- tillträdes- och insynsrestriktioner inte förhindrar tillräcklig kontroll av vad som sker.

Förutom sekretesshänsyn finns även andra omständigheter som kan försvåra den praktiska verifikationen av själva demonteringen, t.ex.

- säkerhetskrav vid anläggningar som hanterar radioaktivt material, högexplosivämnen och kombinationer av de båda[67];
- drift- och konstruktionstekniska aspekter vad gäller anläggningen. De anläggningar som i dagsläget används för demontering och andra arbeten med kärnladdningar är förmodligen inte konstruerade för att underlätta överblick och kontroll från främmande inspektörers sida; detta kan försvåra eller omöjliggöra för inspekterande part att uppnå tillräcklig kontroll av vad som sker och samtidigt göra att verksamheten vid den inspekterade anläggningen störs i oacceptabel grad. Vad som är ”tillräcklig kontroll” respektive ”oacceptabel grad” av driftstörningar är naturligtvis frågor som inte har absoluta svar, men som måste beaktas när praktiska kostnader och detaljer utarbetas (se t.ex. de studier som refereras i avsnitt 4.3 och 4.5). Ett förslag som ibland framkommer i den här diskussionen är att bygga anläggningar specifikt ämnade för destruktion av kärnvapen, och detta behandlas kort i avsnitt 7.6 nedan.

[67] Just här avses alltså i första hand säkerhet i betydelsen *safety* och inte i betydelsen *security*.

7.4 Exempel på rudimentär procedur för verifierad demontering av en kärnstridspets

Vi vågar oss nu på att konstruera ett schematiskt exempel på hur en demonteringsprocess med olika verifikationssteg mycket hypotetiskt skulle kunna se ut. Den beskrivna proceduren är menad som en enkel illustration att tjäna som utgångspunkt för diskussioner, och vi undviker att diskutera en mängd problem och utmaningar som kan uppstå i varje steg. Exempelvis undviker vi att diskutera specifika mätmetoder. Dessutom tillåter vi oss ett antal mestadels outtalade förutsättningar, t.ex. att stridsspetsen i ett tidigare steg, kanske på annan plats, identifierats och därefter transporterats under obruten kunskapskedja till demonteringsanläggningen.

1. Berörd del av anläggningen säkras av inspektörerna, eventuellt genom kontroll av förseglingar och övervakningsutrustning, och söks av för att säkerställa att inga högexplosivämnen och inget fissilt material finns eller kan införas i demonteringsutrymmet.
2. Emballerad stridsspets kommer till mottagningsutrymmet; förseglingar och märkning på emballaget autenticeras.
3. Mätning bakom lämplig informationsbarriär genomförs och jämförs med fingeravtrycket för emballerad stridsspets av denna typ.
4. Demontering av stridsspetsen genomförs utan inspektörernas närvaro men med bibehållen försegling av demonteringsutrymmet; fissilt material förs till ett rött emballage, högexplosivämne till ett blått och övriga komponenter till ett svart.
5. Stridsspetsdelar i respektive emballage förs till inspektionsutrymmet; inspektörerna konstaterar närvaro av neutronstrålande material i rött emballage och frånvaro av detsamma i de övriga; närvaro av högexplosivämne konstateras i blått emballage och frånvaro av detsamma i de övriga.
6. Demonteringsutrymmet söks av och frånvaron av vare sig fissilt material eller högexplosivämne konstateras.
7. Emballage med stridsspetsdelar förseglas och förs till kontrollerat lager under kontrollerade och säkra förhållanden.

7.5 Frågeställningar kring utformning av en inspektionsprocedur

Proceduren i föregående avsnitt var huvudsakligen menad som ett mycket schematiskt exempel. Utformandet av en fullständig procedur som uppfyller kraven som diskuterades i avsnitt 7.3.1 kommer att bli en mycket delikat uppgift och ha avgörande betydelse för vad som kan åstadkommas med ett eventuellt avtal.

Första steget är att i detalj definiera vilka mål inspektionerna under ett kärnvapenavtal skall ha. För avtalet i stort kommer sannolikt olika typer av inspektioner i fråga, men diskussionen i detta kapitel handlar alltså specifikt om verifikation av att en eller flera deklarerade stridsspetsar behandlas på överenskommet sätt. Här måste man bestämma exakt vad som behöver mätas eller observeras för att åstadkomma önskvärd säkerhet att processen ägt rum enligt avtalet. Detta hänger på en rad faktorer, t.ex. deklarationernas innehåll och form och givetvis hur processen går till och hur berörd(a) anläggning(ar) är utformad(e) samt exakt vilka sekretesskrav som kommer att ställas.

En stor fråga är också vilken säkerhet som skall vara målet, med avvägning mot sekretesshänsyn, kostnader och andra delar av avtalsverifikationen. Man bör även diskutera hur man kan kvantifiera uppnådd säkerhet, både för att konstruera inspektionsregimen och för planering och bedömning av resultaten av en inspektion. För vissa åtgärder, i synnerhet många typer av mätningar, låter sig konfidensnivån för resultaten bestämmas relativt enkelt. Andra tänkbara åtgärder förefaller svårare att kvantifiera på samma sätt (t.ex. hur säker kan man efter en okulärbesiktning vara på att inga dolda in- och utförselmöjligheter finns till och från ett visst utrymme?).

En annan frågeställning är om man behöver ha en mycket strikt reglerad procedur eller om det är bättre med ett öppnare förhållningssätt där uppkomna problem och frågor kan lösas genom flexibilitet och initiativ på platsen givet övergripande målformuleringar. Nackdelen med en hårt reglerad process är att det blir svårt att ”rädda” inspektionen om något inträffar som försätter förloppet utanför det förutsedda ramverket. Naturligtvis kan det även inträffa med en ”öppnare”, mer förhandlingsinriktad procedur att det uppstår låsningar – i det fallet troligtvis intressekonflikter som inte förutsetts då man konstruerat ramarna för inspektionen och som inte kan lösas på platsen. Allmänt sett är en typisk utväg då en inspektion ”spårar ur” på något sätt att man försöker ”frysa” situationen med hjälp av någon typ av försegling eller övervakning tills man kan komma överens om och genomföra åtgärder som tillåter båda parter att nå sina mål. Omständigheterna kring en inspektion i en kärnvapenanläggning skulle troligtvis göra den typen av arrangemang betydligt svårare att genomföra än vad som vanligtvis är fallet vid t.ex. IAEA:s inspektioner av civila kärntekniska anläggningar.

Sammantaget förefaller det givet de höga insatserna vid verifikation av kärnvapendemontering och behovet av väldefinierade praktiska säkerhetsarrangemang osannolikt att man skulle kunna tillåta att beslut om avvikelser från ett noggrant definierat detaljprotokoll fattas på platsen. Avvägningen skulle alltså sannolikt utfalla för en i förväg i alla detaljer strikt reglerad inspektionsprocedur, trots eventuella nackdelar med bristande flexibilitet. I någon mån borde dessa nackdelar kunna uppvägas genom att man där det är möjligt låter inspektionsproceduren innefatta flera redundanta tekniska och procedurella lösningar i varje steg, vilket också vore ett sätt att uppnå högre säkerhet i verifikationen trots de omfattande begränsningar som säkerhets- och sekretesshänsyn innebär. Det är också viktigt att försöka förutse problem som kan uppstå till följd av misstag, mätfel eller dylikt och reglera proce-

durer som skall följas i sådana fall för att om möjligt förhindra ett kanske oåterkallerligt misslyckande till följd av någon form av falsklarm. Detta gäller naturligtvis även i de andra momenten men kan förväntas bli särskilt centralt i verifieringen av själva demonteringsprocessen.

En sådan procedur skulle då komma att reglera ett antal förhållanden. Exempelvis skulle den för varje anläggning definiera vilken typ av tillträde, till vilka platser, under vilka begränsningar och hur länge, som skulle komma ifråga och hur många inspektörer som skall beredas tillträde vid olika moment. Tillåtna mätningar och aktiviteter och tillåten utrustning skulle vara noggrant definierade, liksom hantering och förvaring av utrustning och dokumentation.

Man bör notera att inspektionsprotokollet sannolikt skulle begränsa eller helt förbjuda in- eller utförsel av data och utrustning i samband med varje inspektion. Noggrant utformade procedurer för specifikation, tillhandahållande och ömsesidig validering av utrustning för mätningar, analys, dokumentation och datalagring kommer att krävas, liksom procedurer för säker lagring och autenticering av sådana data som eventuellt måste finnas kvar för framtida bruk. Det sistnämnda innebär elektronisk signatur och kryptering eventuellt kombinerat med fysisk försegling. Validering av utrustning skulle omfatta både att hård- och mjukvara från början uppfyller noggranna specifikationer (t.ex. att dess funktion inte kan påverkas på andra än överenskomna sätt, eller att den inte innehåller möjligheter till lagring eller åtkomst av data utöver de överenskomna), och att den inte i hemlighet kan ha påverkats av någondera sidan. Beroende på hur långt man anser sig behöva gå i den typen av säkerhet kan validering av funktionen ner till komponent- eller kretsnivå krävas, vilket sannolikt skulle kräva dedikerad mjukvaruutveckling och konstruktion av utrustning och komponenter. Vi går inte närmare in på problemkomplexet kryptering, autenticering och validering av data och utrustning, men ett exempel på verifierbar hård- och mjukvara diskuteras lite närmare i avsnitt 8.5.

7.6 Dedikerade anläggningar för verifierbar kärnvapendemontering

Existerande anläggningar för hantering av kärnladdningar kan inte i allmänhet förutsättas vara utformade för att underlätta effektiv verifikation genomförd av främmande inspektörer. Flera av de antaganden som vi obekymrat tillät oss i demonteringsexemplet ovan skulle behöva prövas noggrant och kanske bli mycket svåra att uppfylla i en verklig anläggning. Man kan t.ex. inte förutsätta att ”säkrande” av in- och utförselmöjligheter eller ”avsökning” för att säkerställa frånvaron av fissilt material i ett visst utrymme skulle vara enkelt genomförbart i en miljö där inspektörernas möjligheter att verka är kraftigt beskurna avseende både fysiskt tillträde, tillgång till planritningar och vad man tillåts se när det gäller sådant som verktyg, utrustning eller utformning av lokaler. Svårigheterna att bereda inspektörerna tillträde i den omfattning som skulle krävas kan också ökas genom att anläggningen också i

normal drift hanterar kärnladdningar eller bedriver annan känslig verksamhet som man av säkerhets-, sekretess- och effektivitetsskäl vill minimera störningarna på.

I utredningar om verifikation av kärnvapendemontering förekommer ofta diskussioner om att undvika eller mildra denna typ problem genom att konstruera särskilda anläggningar enbart för ändamålet att genomföra en internationellt verifierbar demontering av kärnladdningar (se t.ex. avsnitt 4.3 och 4.5). Till fördelarna skulle just räknas att man borde kunna optimera möjligheterna att genomföra tillräckligt ingående verifikationsåtgärder under samtidigt uppfyllande av sekretesshänsyn och säkerhetskrav, samt att man skulle undvika störningar i annan verksamhet. Emellertid är det frågan om en typ av anläggning med mycket höga krav på fungerande rutiner och säkerhet i alla avseenden, vilket kan förväntas ta lång tid att bygga upp. Till nackdelarna räknas alltså kostnaden, tiden, komplexiteten och riskerna i olika avseenden (säkerhet, utbildning, rutiner, tillståndsgivning osv.) med att från grunden bygga upp en anläggning som skall hantera kärnvapen. Dessutom bör man förutsätta att sådana anläggningar måste byggas i varje kärnvapenstat som är part i ett nedrustningsavtal. Tanken som ibland framförts att ha en enda anläggning för hantering av flera staters kärnvapen under internationell eller bi- eller multilateral kontroll förefaller osannolik med tanke på spridnings- och framför allt nationella säkerhetshänsyn i flera avseenden.

7.7 Slutförvar/destruktion av komponenter

Om en avtalspart behåller fullständig och oinskränkt kontroll över de enskilda komponenterna från ett demonterat kärnvapen kan den parten naturligtvis återställa sitt kärnvapen. De flesta komponenter kan i vilket fall som helst relativt enkelt eller åtminstone diskret nytillverkas av en aktör med en kärnvapenstats resurser. Det finns emellertid vissa komponenter som får betraktas som svåra att ersätta, åtminstone i hemlighet, även för en kärnvapenstat. Det är för den typen av komponenter som fortsatt kontroll, alternativt verifierad destruktion i någon mening, skulle kunna vara meningsfull. Den fissila ”kärnan” i vapnet och materialet i den är ett givet exempel, som diskuteras mer ingående nedan. För produktion och hantering av fissilt material och kärnämne i allmänhet gäller dessutom att en omfattande kontrollapparat antingen redan finns på plats (NPT med IAEA:s kärnämneskontroll) eller åtminstone studeras (FMCT och kärnämneskontroll i kärnvapenstaterna) och kan förutsättas finnas på plats om och när ett eventuellt nedrustningsavtal för kärnvapen träder i kraft. Detta skulle naturligtvis försvåra nyanskaffning och förstärka effekten av fortsatt kontroll av komponenter som innehåller fissilt material.

Det finns några andra möjliga exempel på komponenter som skulle kunna vara svåra att ersätta. Ett är fusionsbränsle i form av litiumdeutrid (LiD) anrikat i isotopen ^{6}Li. ^{6}Li har mycket begränsad användning annat än i kärnvapensammanhang, och isotopanrikning av litium kräver speciella anläggningar med utrustning som är särskiljbar i vissa avseenden från den som används i annan processkemisk industri. Tritium, som t.ex. kan användas för att genom insprutning av DT-gas förstärka

explosionsutbytet i en kärnladdning (se kapitel 6), tillverkas i kärnreaktorer och produktion och hantering är mycket krävande i flera avseenden. Komponenter som innehåller tritium kan därför möjligen också betraktas som särskilt svåra att i hemlighet ersätta åtminstone i den mån det krävs nytillverkning av tritium. Framställning och bearbetning av beryllium, en metall som kan användas som neutronreflektor kring det fissila materialet i en kärnladdning (se kapitel 6), är också svårt. Både beryllium och tritium har dock många andra användningsområden än kärnvapen och har relativt stor spridning. Vare sig för ^{6}Li, tritium eller beryllium finns eller planeras heller en kontrollregim av det robusta slag som finns för kärnämne, vilket gör det svårare att gardera sig t.ex. mot risken att befintligt material används för att återställa avrustade kärnvapen. Man kan naturligtvis tänka sig att en sådan kontrollregim[68] byggs upp från grunden. Det är emellertid svårt att se hur man på ett kostnadseffektivt sätt skulle uppnå en effektivitet på samma nivå som i kontrollen av kärnämne.

För enkelhets skull inskränker vi därför resten av diskussionen om ”komponenter” till den fissila kärnan. Två frågor anmäler sig:

1. Hur kan man säkerställa att den fissila kärnan, eller det i denna ingående materialet, från demonterade kärnvapen inte i hemlighet används för att återställa kärnvapen?
2. Hur kan man eliminera den tekniska möjligheten att använda den fissila kärnan, eller det i denna ingående materialet, till kärnvapen?

Svaret på den första frågan förefaller vara någon form av kontroll grovt sett av den typ som IAEA tillämpar på civilt kärnämne i de flesta stater. I teknisk mening kontrolleras materialet av den stat som äger det, men om verifikationssystemet fungerar som det skall bör det inte gå att i hemlighet undandra material till icke-tillåtna ändamål. Det finns förvisso viktiga skillnader mellan dagens IAEA-kontroll av civilt kärnämne och kontroll av vapenmaterial, i synnerhet om materialet fortfarande har sekretessbelagda egenskaper till form och sammansättning. Då det med ambitionsnivån att kunna i tid upptäcka eventuell åtkomst i princip handlar om att bevaka diskreta föremål i ett lager förefaller det vara ett i sammanhanget relativt litet problem. I det s.k. Trilaterala initiativet (se avsnitt 4.6) ansåg sig dessutom IAEA, USA och Ryssland ha utarbetat en metod som skulle tillåta IAEA att verifiera åtminstone plutonium även i sekretessbelagd form.

Om demonteringsprocessen innehåller element som gör kärnan oanvändbar som fungerande komponent i ett kärnvapen kommer man ett steg mot att adressera det problem som uttrycks av den andra frågan. Det skulle finnas olika medel att i den meningen förstöra kärnan. En metod som föreslagits är att införa en smal metalltråd genom det rör som leder in DT-gas i kärnan, för att fylla utrymmet inne i kärnan

[68] Se t.ex. M. Kalinowski och C. Colschen ”International Control of Tritium to Prevent Horizontal Proliferation and to Foster Nuclear Disarmament” *Science & Global Security*, 1995, vol 5, pp 131-203, i vilken problematiken rörande kontroll av tritium diskuteras.

och därigenom förstöra möjligheten att uppnå en kritisk geometri vid avfyrning.[69] Hur eller huruvida destruktionen går att verifiera utan att röja känslig information är en annan fråga. Mätmetoder som skulle kunna komma ifråga för att verifiera närvaron av metalltråd inne i en intakt kärna riskerar uppenbarligen att röja sekretessbelagd information, och detsamma torde gälla även andra metoder som handlar om att genom åverkan på kärnan göra den permanent obrukbar som komponent. Även om mängden fissilt material nog skulle kunna verifieras vara densamma ”före och efter” genom sekretessmässigt acceptabla mätningar (t.ex. kalorimetri bakom en informationsbarriär) måste man också verifiera att form och funktion faktiskt ändrats. Även här förefaller någon form av informationsbarriär vara en nödvändig del av lösningen.

Oavsett om kärnan förstörs ur funktionssynpunkt finns naturligtvis det fissila materialet kvar. Det mest definitivt irreversibla förfaringssättet vore att konvertera det fissila materialet till en för vapenändamål obrukbar form och sammansättning, helst sådan att inga sekretessbelagda egenskaper finns kvar och därmed inget hinder mot vanlig kärnämneskontroll. Materialet skulle därefter t.ex. utan hinder kunna införas i den civila kärnbränslecykeln som vilket kärnämne som helst. Då inställer sig de välbekanta frågorna: dels hur detta skulle kunna gå till, dels hur det skulle kunna verifieras. Det som gör detta till ett icke-trivialt problem är att vare sig mängd eller sammansättning av det fissila materialet i en kärnladdning antagligen får röjas. Det s.k. *Plutonium Management and Disposition Agreement* (PMDA) som slöts 2000 mellan USA och Ryssland (se avsnitt 2.6) kan vara en modell för en lösning, och någon liknande metod skulle kanske kunna användas för destruktion av plutonium från stridsspetsar efter verifierad demontering, men det skulle uppenbarligen krävas en del modifikationer. Man skall t.ex. notera att under PMDA var mängden vapenplutonium som skulle destrueras inte sekretessbelagd. Likaså tycks ”PMDA-metoden” förutsätta att parterna förfogar över lager av plutonium av för varandra åtminstone i förväg okänd exakt mängd och sammansättning (annars skulle man ju kunna räkna ut egenskaperna hos det destruerade vapenmaterialet utifrån denna information och mätningar på det tillverkade bränslet). Huruvida detta kommer att vara fallet vid eventuell framtida kärnvapennedrustning beror på hur ett sådant avtal konstrueras, vilka avtalsparterna är och även t.ex. på om ett FMCT finns i kraft och vilket informationsutbyte det avtalet i så fall innefattar.

[69] M. Bunn, “Pit-stuffing”: how to disable thousands of warheads and easily verify their dismantlement, *FAS Public Interest Report* vol. 51, 1998.

8 Mätmetoder

Utgående från diskussionen i kapitel 6 om ett kärnvapens allmänna karaktäristika finns det en mängd olika metoder som skulle kunna användas för olika typer av undersökningar av kärnvapen. I detta kapitel beskrivs först översiktligt metoder för mätningar på fissilt material och på komponenter såsom högexplosivämnen (avsnitt 8.1) samt tänkbara sätt att använda vissa av dessa tekniker för undersökning av ett kärnvapen (avsnitt 8.2). Vi betraktar därefter (avsnitt 8.3) två olika sätt att använda tillgängliga mättekniker för att identifiera ett föremål som en kärnstridsspets enligt diskussionen i kapitel 6:

1) Mätningar som bekräftar att föremålet har precis de egenskaper man kan förvänta sig av ett kärnvapen (*egenskapsmätningar*) – t.ex. att det innehåller fissilt material av en viss typ och i en viss geometri;

2) Mätningar som bekräftar att föremålet har samma egenskaper som tidigare uppmätts på ett föremål av den typ man vill verifiera. Detta kommer vi i det följande att kalla *fingeravtrycksmätningar*.

Vi begränsar oss huvudsakligen till metoder för icke-förstörande analys på platsen, dvs. vi berör inte i någon större utsträckning t.ex. provtagning och provanalys genom masspektrometri, alfaspektrometri, mikroskopi osv. eftersom vi utgår från att de av praktiska skäl men framför allt av sekretesshänsyn skulle vara svårare att använda vid verifikation av kärnladdningar. Man kan dock föreställa sig fall där provtagning och provanalys skulle kunna komma till användning, och därför ägnar vi även den typen av metoder en kortare diskussion i avsnitt 8.4.

I avsnitt 8.5 slutligen presenteras kort några exempel på existerande mätsystem av intresse i detta sammanhang.

8.1 Mätningar på fissilt material och andra ingående delar

Mätmetoder för detektion eller undersökning av fissilt material, högexplosivämnen och andra komponenter som ingår eller kan ingå i en kärnladdning kan indelas i *aktiva* metoder, där det undersökta föremålet bestrålas på något sätt för att framkalla en signatur, och *passiva* metoder, som enbart bygger på strålning utsänd av det undersökta föremålet utan yttre påverkan.

8.1.1 Aktiva metoder

Genom bestrålning av ett föremål som innehåller fissilt material med *neutroner* kan man framkalla fissionsreaktioner i det fissila materialet:

- Fission av U eller Pu ger upphov till *fissionsneutroner* som avges antingen omedelbart eller (en mindre del) fördröjt. Detektion av fissionsneutroner ger en stark indikation på att det bestrålade föremålet innehåller fissilt material. Fissionerna ger även relativt högenergetisk *fissionsgammastrålning*.
- Neutroninducerade fissionsreaktioner ger även upphov till *fissionsprodukter* som resulterar i kvardröjande gammastrålning. Analys av gammastrålningen från fissionsprodukter i samma objekt vid olika tidpunkter skulle bl.a. kunna användas för att verifiera att det faktiskt rör sig om samma objekt.

Spridning och absorption av neutroner i olika material i det bestrålade föremålet ger upphov till spridda och transmitterade neutroner samt karaktäristisk prompt och kvardröjande gammastrålning. Såväl gammastrålningen och transmitterade och spridda neutroner kan användas för att dra slutsatser om vilka material som finns i föremålet och under vissa omständigheter även om föremålets inre struktur.

Mätning av neutroninducerad gammastrålning ger möjlighet att identifiera grundämnen och kombinationer av grundämnen som är typiska för t.ex. högexplosivämnen. Ett intressant specialfall är när neutronaktivering uppstår genom s.k. *spontan fission* av uran eller framför allt plutonium i stridsspetsen själv. Material och komponenter som under längre tid befunnit sig i omedelbar närhet till ett neutronstrålande material skulle kunna uppvisa spår av detta genom förekomsten av t.ex. mikroskopiska neutronskador eller mer eller mindre långlivade aktiveringsprodukter.

Genom bestrålning med högenergetiska fotoner såsom bromsstrålning från en elektronaccelerator kan man framkalla s.k. *fotofission* i fissilt material, och sedan analysera antingen de resulterande neutronerna eller fördröjd gammastrålning.

Man kan även registrera varierande absorption eller spridning av gamma- eller röntgenfotoner längs olika vägar genom föremålet och skapa en bild av dess inre struktur, s.k. *radiografi*. Även neutronradiografi förekommer, där man utnyttjar detekterbarheten hos termiska neutroner kombinerat med förmågan hos framför allt lätta material i det undersökta föremålet att termalisera snabba neutroner från föremålet självt eller en yttre källa. Röntgendiffraktionsmätningar kan ge information om kristallstruktur hos olika material och kan användas för att identifiera explosivämnen.

Olika typer av laserinducerade fenomen används inom t.ex. Ramanspektroskopi och LIBS[70] för att detektera och identifiera substanser. Då dessa metoder utnyttjar laserstrålning i det synliga området krävs optisk kontakt med det undersökta materialet.

8.1.2 Passiva metoder

Som diskuterades i Kapitel 6 utsänder både uran och plutonium olika typer av strålning även utan yttre aktivering.

[70] LIBS är en förkortning av engelskans *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*.

Neutroner produceras både genom spontan fission (framför allt i plutonium) och genom att alfastrålningen från uran och plutonium och deras sönderfallsdöttrar slår ut neutroner från lätta grundämnen, vilka t.ex. kan förekomma som föroreningar i materialet. Gammastrålning utsänds också genom radioaktiva sönderfall och neutronreaktioner i materialet, både vid diskreta energier och som kontinuum från spontanfission eller bromsstrålning från högenergetiska betasönderfall. I vissa fall kan gammastrålning direkt kopplas till neutronreaktioner i ett objekt (t.ex. neutronaktivering) och därmed användas som separat indikator på förekomsten av neutroner.

De radioaktiva sönderfallen gör även att materialet utsöndrar värme. Genom att med s.k. *kalorimetri* bestämma värmeeffekten från ett föremål innehållande radioaktivt material med känd isotopsammansättning kan man med hög precision bestämma mängden material. En stor fördel är att mätningen kan utföras på föremål med vitt skilda storlekar, geometrier och sammansättning, som inte behöver demonteras eller öppnas. Ett föremåls inre sammansättning påverkar endast mätningen genom den tid det tar att uppnå termisk jämvikt med omgivningen.

8.1.3 Strålning från fissilt material

Vare sig man valt en aktiv eller passiv undersökningsmetod kan man för mätningar av strålningen från fissilt material huvudsakligen välja att detektera elektromagnetisk strålning (fotoner, oftast gammastrålning) eller neutroner.

Gammastrålningen från sönderfall av U och Pu innehåller isotopspecifik information i form av karaktäristiska toppar i gammaspektrum. Gammastrålning absorberas och sprids dock beroende på material och på fotonernas energi, varför det inte går att enbart genom mätningar på utsidan av ett föremål med okänd inre geometri bestämma den absoluta mängden av respektive isotop. Om isotoperna i ett grundämne (t.ex. ^{239}Pu och ^{240}Pu) är likafördelade inuti föremålet (dvs. varje Pu-del har samma förhållande ^{239}Pu/^{240}Pu) kan man emellertid ofta bestämma den relativa mängden (isotopkvoter) utan kännedom om den inre geometrin.

Genom neutronmätningar kan man inte på samma sätt få exakt information om isotopförhållanden, men i gengäld är neutronintensiteten inte lika beroende av föremålets inre geometri. Därför lämpar sig neutronmätningar bättre för att uppskatta absolut mängd av den utsändande källan. Har man t.ex. ett föremål som innehåller Pu bestående av isotoperna ^{239}Pu och ^{240}Pu kan man i gynnsamma fall mäta mängden ^{240}Pu genom att räkna neutroner från spontan fission.[71] Ofta tillkommer komplicerande faktorer såsom neutronmultiplikation i materialet, och man får då tillgripa

[71] Spontanfissionsraten per massenhet är mycket större i ^{240}Pu än i ^{239}Pu. Med kärndata hämtade ur det evaluerade kärndatabiblioteket JEFF-3.1.1 (NEAs *Joint Evaluated Fission and Fusion File*) är den 70000 gånger högre.

mer krävande neutronmätningar där man räknar neutronkoincidenser eller analyserar högre moment av neutronmultiplicitetsfördelningen.

Ofta försöker man använda både gamma- och neutronstrålningen genom att t.ex. uppskatta mängden ^{240}Pu med en neutronkoincidensmätning, bestämma isotopkvoten ^{239}Pu/^{240}Pu med hjälp av högupplösande gammaspektroskopi och sedan genom att kombinera resultaten få den totala mängden plutonium.

Både neutron- och gammamätningar kan utföras på många sätt och med olika syfte. Den typ av mätningar som kortfattat berörts ovan syftar till att bestämma egenskaper (massa, isotopförhållanden) hos material inne i ett föremål. Naturligtvis kan syftet vara att helt enkelt detektera förekomsten av uran eller plutonium, förekomsten av fissilt material överhuvudtaget eller helt enkelt bara förekomsten av neutron- eller gammastrålande material. Mätningar kan också utföras på olika punkter av ett föremål för att uppskatta fördelningen inne i föremålet av ett strålande material.

8.2 Mätningar på kärnvapen

Som framgått av föregående avsnitt finns en mängd tekniker som kan användas för mätningar på material, komponenter och strålningssignaturer som kan förväntas förekomma i och i närheten av en kärnladdning. Här skall vi sammanställa några tillämpningar som skulle kunna komma ifråga liksom de sekretessproblem som kan uppstå. Vi börjar med mätningar syftande till att undersöka egenskaper som har med fissilt material att göra, och går från låg ambitionsnivå mot högre.

Vill man avgöra om ett föremål innehåller ett radioaktivt material kan det göras med relativt enkla mätningar av neutron- eller gammaflödet. Utan någon kännedom om föremålets inre geometri skulle man endast kunna dra ytterst rudimentära slutsatser om mängden material. Någon högupplösande spektroskopi som skulle kunna avslöja sekretessbelagda egenskaper behövs inte, och mätningen bör kunna utformas så att risken att röja sekretessbelagd information är liten. Man bör observera att den typ av mätningar som här avses inte i någon nämnvärd mån kan skilja på olika radioaktiva material, förutom den typ av mer allmänna avgränsningar som t.ex. kan ges av att det rör sig om ett neutronstrålande material.

Med relativt enkla mätningar av gamma- eller neutronstrålning skulle man även kunna undersöka hur strålkällan är placerad – var i föremålet, utsträckning, homogenitet, rotationssymmetri osv. Möjligheterna kan naturligtvis begränsas av omständigheterna i specifika kombinationer av geometri och mätmetod, t.ex. av hur eventuellt skärmande material är anordnat inuti föremålet. Denna typ av mätningar kan utformas på olika sätt beroende på vilken typ av information som behöver röjas respektive skyddas.

För att bedöma om ett föremål innehåller fissilt material behöver man antingen identifiera ingående nuklider med högupplösande gammaspektroskopi eller konstatera förekomsten av fissionsneutroner och en neutronmultiplikationseffekt. Bäst

fungerar detta med en aktiv mätning, dvs. man bestrålar föremålet med neutroner. För mätning på uran måste man använda en aktiv metod. En lägre grad av säkerhet skulle kunna erhållas enbart genom en passiv mätning av neutronraten utanför föremålet, men neutroner kan komma från andra källor än uran eller plutonium (t.ex. från ^{252}Cf, som avger stora mängder neutroner från spontan fission). Högupplösande gammaspektroskopi skulle, utöver att bestämma isotopförhållanden vilket i sig kan betraktas som känsligt, även kunna röja annan känslig information. Neutronmätningen bör i det här fallet kunna utformas så att risken att sekretessbelagda egenskaper röjs är liten.

För bestämning av mängd fissilt material inuti ett föremål behöver man kombinera en isotopmätning (högupplösande gammaspektroskopi) med en i det allmänna fallet relativt komplicerad neutronmultiplicitetsmätning (aktiv åtminstone i fallet uran) eller med kalorimetrisk bestämning av värmeeffekten från föremålet. Förutom att mängden fissilt material hör till de egenskaper som kan förväntas vara sekretessbelagda kan både gamma- och neutronmätningen röja relativt detaljerad information om föremålets konstruktion.

En annan tillämpning av ovanstående metoder skulle kunna vara att undersöka det fissila materialets kemiska sammansättning, för att t.ex. kunna skilja på metalliskt Pu eller U (vilket skulle vara att förvänta i en kärnladdning) och samma ämnen i oxidform (en möjlig signatur för en attrapp).

Övergår man till andra egenskaper än endast de som enbart har med fissilt material att göra kan olika former av radiografi användas för att undersöka föremålets inre sammansättning, t.ex. förekomst och placering av täta material (såsom volfram, uran eller plutonium) eller högexplosivämnen. Explosivämnen eller andra ämnen av intresse (såsom litium som kan förväntas i termonukleära laddningar) kan i varierande grad detekteras, identifieras eller studeras med en rad olika tekniker. Röntgenfluorescens kan användas för att identifiera grundämnen och röntgendiffraktion för att få information om kemisk sammansättning och kristallstruktur. Dessa tekniker fungerar bäst vid mätningar på eller mycket nära ytan till ett objekt eller på prover. Laserbaserade metoder kan användas om man har optisk kontakt med den undersökta substansen, t.ex. kan LIBS användas för att påvisa ett stort antal olika grundämnen och Ramanspektroskopi för att undersöka kemisk sammansättning. Neutroninducerade gammamätningar lämpar sig för undersökningar inuti ett objekt och kan användas för att studera väterika material eller andra ämnen som kan förekomma som föroreningar (t.ex. syre) i metaller. Som nämndes är det tänkbart att komponenter som befunnit sig i omedelbar närhet av neutronstrålande material som plutonium en tid kan uppvisa spår av detta, t.ex. i form av karaktäristisk gammastrålning. De här uppräknade teknikerna har alla viktiga begränsningar om de ska användas för mätningar på kärnvapen. Användning av laserbaserade metoder liksom röntgenfluorescens och röntgendiffraktion skulle vara avhängig av att det gick att skärma huvuddelen av det undersökta objektet så att endast förekomsten av substansen detekterades men inte dess form, eller att man kunde ta ett prov (se vidare avsnitt 8.4). Det förefaller osannolikt att radiografi skulle kunna användas överhuvudtaget så länge

man har att ta hänsyn till sekretess avseende föremålets inre detaljer. I den mån neutroninducerade gammamätningar går att genomföra utan högupplösande gammaspektroskopi, vilket borde vara möjligt för vissa typer av undersökningar, kan man tänka sig att den tekniken kan komma till användning.

Genom undersökning av förhållandet mellan olika radioaktiva nuklider är det ibland möjligt att bestämma ”åldern” hos ett material, dvs. den tid som förflutit sedan förhållandet hade ett känt värde givet av materialets historia. Ett vanligt exempel är åldersbestämning av plutonium genom förhållandet mellan ^{241}Pu och dess dotterkärna ^{241}Am. I detta fall betyder ”ålder” den tid som förflutit sedan plutonium separerades från bestrålat bränsle (om man antar fullständig separation av Am och Pu eller tar hänsyn till känd mängd ^{241}Am i det ”färska” materialet). Andra material och föremål kan uppvisa andra isotopförhållanden som möjliggör en bestämning av ”åldern”.[72] Gemensamt för sådana metoder tillämpade på kärnvapen är alltså att det krävs gammaspektrometri för att bestämma isotopförhållanden, och gammaspektrometri med den upplösning som krävs för detta kan förväntas skapa sekretessproblem.[73]

Ovanstående översikt och bedömningarna av sekretessproblematiken utgår från att en inspekterande part får fri tillgång till mätdata. I flera av fallen bör det vara möjligt att genomföra mätningar som analyseras automatiskt på ett väldefinierat och verifierat sätt och där endast någon form av högnivåresultat presenteras för den inspekterande parten. Tekniska och andra tillvägagångssätt som bygger på denna princip kallas allmänt för informationsbarriärer, och är en förutsättning för flera av de tänkbara lösningar som diskuteras i det följande.

8.3 Egenskaps- och fingeravtrycksmätningar

De tekniker som kortfattat presenterats ovan kan användas för mätningar på kärnstridsspetsar t.ex. i syfte att bekräfta att det har någon eller några av de egenskaper som diskuterats i kapitel 6 och att det således kan röra sig om en kärnstridsspets och inte om en mer eller mindre avancerad attrapp. Detta kallar vi *egenskapsmätningar*.

Man kan också använda tillgängliga mättekniker för olika typer av jämförande mätningar, där man bryr sig mindre om (eller aktivt undviker) information om absoluta egenskaper (massor, geometri, isotopförhållanden) och inriktar sig på att konstatera att en mätning visar eller inte visar samma resultat som en tidigare mätning, på vald konfidensnivå. Det kan t.ex. gälla att verifiera att ett föremål inte har modifierats,

[72] Från FOI finns t.ex. följande arbete som behandlar åldersbestämning av kärnämne:
H. Ramebäck, G. Ågren, U. Nygren, A. Tovedal, K. Lidström och G. Skarnemark, *Gammaspektrometrisk analys av plutonium: isotopsammansättning och ålder*, 2007, FOI-R—2223-SE.

[73] Detta om man begränsar sig till icke-förstörande mätningar på platsen och inte tillåter någon form av provtagning. Annars är masspektrometrisk analys av prover, möjligen kompletterad med alfaspektrometri, oftast betydligt känsligare, men förvärrar naturligtvis sekretessproblematiken.

eller att det har modifierats på förväntat sätt, då det genomgått en process som man inte fått följa direkt. En fördel med denna typ av mätningar kan vara att jämförelsen av mätdata från en mätning till en annan kan göras utan att inspekterande part får tillgång till mätdata, eller på data som inte i sig avslöjar några oönskade detaljer. Detta utnyttjas i s.k. *fingeravtrycksmätningar*, där tanken är att verifiera att det undersökta föremålet uppvisar samma egenskaper som ett tidigare uppmätt föremål av samma typ, dvs. att mätningen överensstämmer med en förväntad *mall* (*template*).

Fingeravtrycksmätningar, där man alltså inte behöver relatera resultaten till egenskaper specifika för kärnvapen utan endast jämför med en tidigare mätning, förefaller enklare att utforma på ett sådant sätt att nödvändig sekretess bevaras. Emellertid kan man tänka sig fall där man kommer att behöva genomföra egenskapsmätningar, dvs. fastställa att ett föremål har egenskaper som förväntas av ett kärnvapen, kanske av den typ avtalet, deklarationen eller inspektionsprotokollet stipulerar. Några exempel är följande:

1) Den individ som skall användas för att skapa den mall som sedan kommer att användas behöver verifieras vara ett kärnvapen av den förväntade typen.

2) Ett litet fåtal vapen skall avrustas. Samtliga föremål som presenteras för den inspekterande parten skulle kunna vara attrapper.

Allmänt sett kan man emellertid förvänta sig att olika typer av jämförande mätningar och särskilt fingeravtrycksmätningar kommer att få en framträdande roll i verifikation av kärnladdningar. Vi ägnar därför lite extra uppmärksamhet åt dem nedan.

8.3.1 Allmänna krav på fingeravtrycksmätningar

Fingeravtrycksmetoden kräver allmänt sett följande steg:

1) Skapande av en *mall*, dvs. mätdata från en mätning på ett föremål av den typ man vill använda mallen till att verifiera;

2) Mätning av det föremål man vill verifiera;

3) Jämförelse mellan verifikationsdata och mall med beslut om huruvida de båda överensstämmer i den utsträckning man kan förvänta sig.

Förutom att klara ovanstående med önskvärd tillförlitlighet måste metoden och de system som används uppfylla följande krav:

1) Det eller de föremål som används för mallmätningen måste vara säkert identifierade som tillhörande den klass av föremål man sedan vill verifiera.

2) Varken mallen eller verifikationsdata får avslöja känslig information om det undersökta föremålet för inspekterande part.

3) Det får inte vara möjligt för någon av parterna att i hemlighet påverka vare sig mall, verifikationsdata eller den process som genomför jämförelsen och presenterar resultatet.

Man kan tänka sig olika mättekniker som grund för ett ”fingeravtryckssystem”. Framför allt ligger gammaspektroskopi i någon form nära till hands, och detta behandlas därför något mer utförligt nedan.

8.3.2 Gammaspektrometri för fingeravtrycksmätningar

Ett kärnvapen innehåller alltid gammastrålande material. U och/eller Pu med olika isotopsammansättning ingår i alla kärnladdningar och är i sig gammastrålare. Dessutom avger de neutronstrålning som kan aktivera material i den omedelbara omgivningen (t.ex. metaller inne i laddningen). Energin på de avgivna fotonerna varierar från tämligen låg till tämligen hög, och gammastrålkällorna befinner sig i en komplicerad omgivning bestående av flera olika material i olika geometrier. Gammastrålningen kommer att absorberas och spridas i olika hög grad beroende på vilken väg fotonerna tar genom laddningen till en detektor på utsidan. Man kan därför förvänta sig att den exakta formen på ett gammaspektrum som uppmäts på en eller flera bestämda positioner utanför laddningen är en unik signatur för en viss typ av konstruktion, kanske t.o.m. för en viss individ. Däremot är det svårt att ”baklänges” dra annat än tämligen rudimentära slutsatser om föremålets inre geometri och strålkällornas placering enbart med utgångspunkt i ett gammaspektrum.

På grund av de sistnämnda svårigheterna har det hävdats att det skulle vara osannolikt att känsliga detaljer skulle kunna avslöjas genom gammaspektrometrisk analys. Här bör emellertid en försiktighetsprincip råda, eftersom det är svårt att dra några bestämda gränser för vad som skulle kunna avslöjas under olika tänkbara omständigheter. De resonemang som t.ex. publicerades efter mätningen av gammastrålningen från en kryssningsmissil ombord på en sovjetisk kryssare i Svarta havet[74] (se avsnitt 4.4) speglade inte någon djupare kännedom om de undersökta laddningarnas konstruktion och då blev slutsatserna mycket riktigt av tämligen schematisk natur. Enligt vår uppfattning innebär detta inte nödvändigtvis att gammaspektra från en kärnladdning generellt sett inte kan röja känslig information. Man kan t.ex. mycket väl tänka sig att någon som redan har vissa uppgifter om en konstruktion kan dra mycket mer specifika slutsatser med hjälp av gammaspektrometridata än vad som illustreras i resonemanget om Svartahavsmätningen.

Jämförelse mellan ett spektrum eller en serie spektra och en mall kan dock göras av en automatisk algoritm bakom en s.k. informationsbarriär, ett förseglat system där ingen inspektör behöver se vare sig mall eller verifikationsspektra utan kan förlita sig på en ”JA/NEJ”-signal från i förväg autenticerad mjukvara.

[74] S. Fetter et. al., “Gamma-Ray Measurements of a Soviet Cruise-Missile Warhead” *Science* 248 (1990) 828-834.

Högupplösande gammaspektroskopi med halvledardetektorer eller motsvarande skulle kunna ge mycket detaljerad information genom att karaktäristiska toppar och andra utmärkande drag i gammaspektra mycket lätt kan urskiljas. Den jämförande algoritmen kan använda läge och relativ intensitet hos ett antal olika toppar som jämförelsekriterium. Eftersom man i denna tillämpning inte är ute efter att analysera enskilda detaljer i spektra kan man också tänka sig att ett bättre sätt att använda all information vore att jämföra kanal för kanal utan hänsyn till specifika strukturer. Den senare metoden skulle kunna visa sig programmeringsmässigt mer robust och skulle kanske tillåta användning av spektra från lågupplösande scintillationsdetektorer istället. Lågupplösande spektroskopi kan vara att föredra även ur sekretessynpunkt eftersom färre detaljer kan urskiljas i spektra.

8.3.3 Andra möjliga tekniker för fingeravtrycksmätningar

I vissa fall kan högupplösande gammaspektrometri behöva ersättas eller kompletteras av andra tekniker, antingen för att säkerställa att tillräckliga signaturer når ut ur föremålet eller för att öka antalet frihetsgrader och därmed känsligheten i jämförelsen mot en mall.

Olika former av neutronmätningar skulle kunna behövas i de fall det fissila materialet skärmas av så täta material att gammastrålning överhuvudtaget har svårt att nå ut (t.ex. en hypotetisk stridsspets med lågstrålande HEU omgivet av en volframtamper). Neutronkorrelationer av den typ som används vid Oak Ridge/Y-12 (NWIS, se avsnitt 8.5) skulle kunna användas om absoluta neutronrater inte räcker för att skapa en entydig signatur.

Kalorimetri är också en teknik som undviker känslighet för skärmande material, men med nackdelen att den endast erbjuder en parameter (värmeeffekt) eller möjligen ytterligare en (tid till termisk jämvikt med omgivningen). För ett effektivt ”fingeravtryck” är det svårt att se att detta skulle vara tillräckligt i sig självt, men som komplement till andra mätningar som tillsammans utvärderas för överensstämmelse med en mall kan tekniken vara intressant.

En annan möjlig teknik för fingeravtrycksmätningar på t ex plutonium i förseglade behållare är mätningar av elektrisk impedans.[75] Mätningarna görs med hjälp av en spole som placeras runt föremålet och resultatet beror av elektrisk ledningsförmåga och magnetisk permeabilitet hos det undersökta föremålet. En förändring av mängden metall ger en förändring i mätresultat. Metoden skulle kunna användas som komplement till andra mätningar för att säkerställa att mängden plutoniummetall i en behållare inte förändrats. Detta skulle exempelvis förhindra att metall byttes ut mot oxid utan att det upptäcktes genom mätningar av strålningssignatur.

[75] ”*Electromagnetic coil measurement technique to verify presence of metal/absence of oxide attribute*” R.L. Hockey and J.L. Fuller. IAEA-SM-367/17/07.

Allmänt sett skulle filosofin vid utformningen av ett sådant sammansatt system för fingeravtrycksmätningar vara att med hjälp av olika tekniker dels se till att få en så mångsidig och komplex signal som möjligt (så att kärnstridsspetsar kan skiljas från andra föremål med delvis liknande karaktäristika), dels kunna undvika att utnyttja de aspekter av varje teknik som kan ge upphov till sekretessproblem.

8.4 Provtagning och provanalys

Om man tänker sig att en inspekterande part skulle tillåtas ta prover för analys öppnar sig en rad möjligheter men också svårlösta sekretessproblem. För vissa undersökningar, där av olika skäl icke-förstörande analys på platsen är svår eller omöjlig, kan provtagning och provanalys förefalla attraktiv. Det kan t.ex. gälla olika typer av åldersbestämningar eller undersökning av komponenter med ingen eller mycket låg strålningsintensitet (t.ex. höganrikat uran eller explosivämnen). Provtagning kan ske på många olika sätt, men i sammanhanget verifikation av stridsspetsar och stridsspetskomponenter ligger det närmast till hands att anta någon form av icke-förstörande provtagning såsom strykprover eller luftfilterprover där mikroskopiska partiklar och andra rester av material fastnar på ett underlag och sedan kan undersökas med olika metoder. Man kanske också kan tänka sig undersökning med t.ex. gammaspektrometri eller mikroskopi av icke-nukleära komponenter som befunnit sig i omedelbar närhet av plutonium under en längre tid.

Det finns mycket väl utvecklade metoder för analys av mikroskopiska kärnämnesprover, liksom för analys av t.ex. högexplosivämnen. Vad gäller kärnämne kan oinskränkt analys med hjälp av olika former av masspektrometri, eventuellt kompletterad med gamma-, röntgen- och alfaspektrometri ur mikroskopiska mängder i ett prov bestämma grundämnes- och isotopsammansättning med mycket stor noggrannhet. Man kan även med hjälp av t.ex. Ramanspektroskopi eller neutrondiffraktion undersöka kemisk sammansättning. Utifrån den typen av data kan man, i synnerhet om man har möjlighet att jämföra flera mätningar, sluta sig till sådant som ålder, homogenitet, tillverkningsprocess, ursprungsort osv.

Material som hanterats på en plats kan rent allmänt förväntas efterlämna mikroskopiska spår i omgivningen, spår som alltså med väl använda analystekniker kan avslöja avsevärt mer än en inspekterad part finner lämpligt. Det skulle vara svårt att garantera att ett prov taget för ett väldefinierat syfte (t.ex. att bestämma ”åldern” hos Pu) inte avslöjar oönskade detaljer om det undersökta materialet (t.ex. isotopsammansättning, legeringsämnen eller spårämnen) eller andra material (t.ex. annat Pu som hanterats på platsen eller i närheten av det undersökta föremålet under dess historia). Det faktum att ett ”prov” t.ex. kan utgöras av några mikrometerstora partiklar på en rockärm eller på en penna är ett skäl till att mycket strikta rutiner förmodligen kommer att krävas för främmande inspektörers arbete i kärnvapenrelaterade anläggningar (se avsnitt 7.3).

Skulle man mot förmodan komma att försöka använda provtagning och provanalys i verifikation av stridsspetsar skulle det troligen ske i något arrangemang med ett specialiserat laboratorium på platsen, dit prover kunde föras och analyseras enligt ett välbestämt protokoll under båda parters överinseende, antagligen med någon form av informationsbarriär för att säkerställa att endast de avsedda resultaten kommunicerades till den inspekterande parten. Robust analys bakom en informationsbarriär liksom de problem med autenticering som diskuterats tidigare skulle förmodligen vara svårare att lösa när det gäller många provanalysmetoder, t.ex. de som innehåller flera steg av radiokemisk separation eller hantering av mikropartiklar.

Allmänt sett förefaller det som om de känsligaste analysmetoderna också är de som skulle leda till de svåraste sekretessproblemen, varför fördelarna gentemot vanligtvis enklare men okänsligare icke-förstörande analys minskar. I synnerhet om man tänker sig att bygga dedikerade anläggningar som under hela nedrustningsprocessen står under obrutet delat överinseende skulle emellertid provanalyser i ett för ändamålet avpassat laboratorium på platsen kunna vara värt att överväga. Omvänt gäller att risken att t.ex. mikropartiklar från en demonteringsprocess blir kvar i en sådan anläggning och kan röja sekretessbelagd information kommer att utgöra ett allvarligt hinder mot byggandet av helt gemensamma (internationella) anläggningar.

8.5 Exempel på existerande mätsystem

Som avslutning följer här några exempel på intressanta existerande mätsystem som implementerar tekniker som nämnts i de föregående avsnitten för näraliggande ändamål.

8.5.1 CIVET: Hård- och mjukvara för verifikationsmätningar med informationsbarriär

CIVET (*Controlled Intrusiveness Verification Technology*)[76] är ett koncept för komplexa och samtidigt informationsbarriärskyddade mätningar i verifikationssammanhang. Det i vår källa (1999) beskrivna systemet är en implementering av CIVET med skräddarsydd hård- och mjukvara för fingeravtrycksmätningar med högupplösande gammaspektroskopi på kärnstridsspetsar. Det skall strikt och praktiskt verifierbart uppfylla krav som

- Inte kunna spara eller sända data;
- Säkerställa avsedd mjukvaruexekvering;
- Säkerställa avsedd sensorfunktion;

[76] P. B. Zuhoski, J. P. Indusi, och P. E. Vanier, "*Building a Dedicated Information Barrier System for Warhead and Sensitive Item Verification*" (BNL-66214), 40th Annual Meeting, Institute for Nuclear Materials Management, Phoenix, USA, juli 1999.

- Skydda insamlade data.

Utförlig dokumentation ner till mikrochipnivå är avsedd att underlätta validering av system och ingående komponenter. Konstruktionen är genomgående gjord för att underlätta autenticering, verifiering och validering av data och hård- och mjukvarukomponenter. För att säkerställa avsedd funktion hos systemets CPU föreslås flera metoder: Slumpmässigt urval bland många komponenter av önskad typ, jämförelse mot mikrofotograferad förväntad metallisering för utvalda kretsar samt funktionalitetsprov i en testuppställning.

CIVET-konceptet är ett exempel på vilka krav mätsystem avsedda för verifikation av kärnvapennedrustning troligen kommer att behöva uppfylla och illustrerar hur man skulle kunna gå till väga.

8.5.2 NWIS: Identifiering av kärnvapenkomponenter med neutronmätningar

NWIS (*Nuclear Weapons Identification System*)[77] är utvecklat för identifiering av bl.a. stridsspetsar och komponenter. Systemet består av en neutronkälla (^{252}Cf) kapslad i en jonisationskammardetektor för tidsstämpling av utsända neutroner och två neutron- och gammadetektorer utan energiupplösning. I denna aktiva utformning lämpar det sig för mätningar på både uran och plutonium, medan en passiv utformning (utan neutronkälla) också fungerar för Pu-komponenter.

Mätobjektet placeras mellan neutronkällan och detektorerna. Transmission, spridning och neutronmultiplikation i mätobjektet ger för varje neutronpuls från källan[78] ett pulståg från gammafotoner och neutroner i detektorerna. Tidsfördelning, tidskorrelationer, neutronmultipliciteter och frekvensspektra för och mellan de tre kanalerna (jonisationskammare och neutrondetektorer) ger ett stort antal analysparametrar som kan användas både för att få ut fysikinformation och som mycket specifik signatur (fingeravtryck) för t.ex. olika kärnvapenkomponenter.

NWIS har visat sig vid tester kunna skilja mellan olika typer av komponenter, detektera mindre avvikelser inom en viss typ och även detektera avvikelser i förpackningsdetaljer (läge, förpackningsmaterial) för stridsspetskomponenter inuti identiska transportemballage. En styrka är komplexiteten i systemets svar på olika faktorer – vissa parameterar men inte alla är känsliga för massa, vissa men inte alla är känsliga för emballeringsdetaljer o.s.v. Samtidigt lämpar sig systemet för användning i sammanhang där vissa detaljer om det undersökta föremålet inte får röjas. Signaturerna

[77] J. T. Mihalczo et. al., "*NWIS Signatures for Confirmatory Measurements With B33 Trainers*", JNMM, juni 1997; J. T. Mihalczo et. al., "*Physical and Mathematical Description of Nuclear Weapons Identification System (NWIS) Signatures*", Oak Ridge/Y-12 Plant Report No. Y/LB-15,946 R3, september 1997.

[78] ^{252}Cf sönderfaller i 3% av sönderfallen genom spontan fission och varje spontan fission ger i genomsnitt 3,8 neutroner.

kan t.ex. jämföras mot en mall i skydd av någon form av informationsbarriär eller vissa utdata kan begränsas och modifieras för att inte röja konstruktionsdetaljer.

8.5.3 Fissile Material Technology Transparency (FMTT) Demonstration

Fissile Material Technology Transparency (FMTT) *Demonstration* var en teknologidemonstration som hölls sommaren 2000 av flera amerikanska laboratorier för en rysk delegation.[79] Syftet var att demonstrera att det gick att bygga ett autenticerbart mätsystem som kunde genomföra en mätning av sex utvalda egenskaper hos mätföremål innehållande plutonium, med effektivt skydd mot röjande av annan information om föremålen än den avsedda. Man demonstrerade både mätningar på icke-sekretessbelagda plutoniumföremål och på kärnvapendelar. Mätutrustningen bestod av två HPGe-detektorer (dvs. högupplösande gammaspektrometrar) och en neutronmultiplicitetsräknare bestående av 32 ^{3}He-neutrondetektorer fördelade på åtta element. De egenskaper som skulle mätas var

- Närvaro av Pu (gammaspektrometri);
- Isotopkvoter i Pu (gammaspektrometri);
- Pu-massa (neutronmultiplicitetsanalys i kombination med gammaspektrometri);
- Pu-ålder (gammaspektrometri);
- Frånvaro av oxid (neutronmultiplicitetsanalys i kombination med gammaspektrometri);
- Symmetri (neutronratfördelning i de åtta elementen i neutronmultiplicitetsräknaren).

Demonstrationssystemet, inklusive alla tekniska informationsbarriärlösningar, kallades AMS/IB (*Attribute Measurement System with Information Barrier*). AMS/IB utförde bestämda test på ovanstående attribut[80] och var konstruerat för att säkerställa att vid mätningar på sekretessbelagda föremål endast testresultat på ”Ja-/Nej”-form (indikerade med röda eller gröna lysdioder) skulle presenteras för användaren.

[79] FMTTD presenteras relativt utförligt på en projektwebsajt tillgänglig så sent som 2012-12-05: http://www.lanl.gov/orgs/n/n1/FMTTD/index_main.htmi.
Ett antal laboratorierapporter dokumenterar också projektet, där t.ex. kraven på mätsystemet definieras i R. Whiteson och D. W. MacArthur, ”*Fissile Material Technology Transparency Demonstration Attribute Measurement System with Information Barrier: Functional Requirements*”, februari 2000 (LA-UR-99-5634) och gammaspektrometrisystemet presenteras i J. K. Wolford, ”*Gamma-Ray Measurement Information Barriers for the FMTT Demonstration System*”, oktober 2000 (UCRL-ID-140976).

[80] T.ex. skulle Pu-massan vara över 500 g, förhållandet mellan isotop 240 och 239 mindre än 0.1 och ”åldern” indikera separation före eller efter 1 januari 1997. Systemet indikerade oxid om dels andelen (α,n)-genererade neutroner var över 0.5 och gammaspektrometrisystemet detekterade strålning från neutronaktivering av syre.

Detta informationsbarriärkrav speglades i konstruktionslösningar som bl.a. minimalt antal kabelförbindelser till omgivningen, beräkningar och analys distribuerade på flera var för sig enkla processorenheter, separation av datatagnings- och övervakningsfunktioner, hårdvaruspärrar mellan processorenheter och omgivningen, undvikande eller blockerande av icke-flyktiga dataminnen samt skärmning av potentiellt röjande signaler från elektronik och signalöverföring. Som ett annat intressant exempel kan nämnas att gammaspektrometrarna var utrustade med automatiska ”slutare” av volfram, som kontrollerade räknehastigheten i detektorn så att ingen användare involverades i inställning av systemet till specifika mätföremål, och därmed via gammaraten möjligen kunde få kännedom om geometridetaljer i mätföremålet.

8.5.4 AVNG: Kombinerad neutron- och gammamätning med informationsbarriär

AVNG[81] (AV för ”*Attribute Verification*” och NG möjligen för ”*Neutron-Gamma*”) är ett system som utvecklats av ryska och amerikanska laboratorier i samarbete. Det skall med hjälp av högupplösande gammaspektroskopi och neutronmultiplicitetsräkning, med informationsbarriär, klara av bestämma

- Närvaro av plutonium i ett objekt;
- Isotopkvoten $^{240}Pu/^{239}Pu$ högre än ett gränsvärde;
- Plutoniummassan högre än ett gränsvärde.

Med andra ord mäter systemet just de parameterar som skulle mätas enligt det s.k. Trilaterala initiativet (se 4.6).

Gammaspektrometern identifierar plutonium, och bestämmer mängdförhållandet mellan isotoperna 239 och 240. Då man känner isotopsammansättningen kan man sedan med hjälp av neutronmultiplicitetsmätningen bestämma mängden plutonium. Principen för neutronmultiplicitetsmätningar bygger på att mätobjektet producerar neutroner i korrelerade ”skurar” och att fördelningen av antal neutroner i varje skur innehåller information om mängden fissilt material, men även om andra för mätningen relevanta parametrar som man inte känner (t.ex. neutronmultiplikationen i objektet, som ju beror av geometrin). Experimentellt går det till så att man med hjälp av ett antal neutrondetektorer runt mätobjektet mäter upp en multiplicitetsfördelning, dvs. en fördelning över hur ofta ett visst antal neutroner detekteras samtidigt, och utifrån den räknar fram de storheter man är intresserad av. I AVNG som det beskrivs av vår källa omges mätobjektet av tre ringar av neutrondetektorer till ett sammanlagt antal av 164 detektorer.

[81] D. Budnikov et. al., “*Progress of the AVNG system – attribute verification system with information barriers for mass and isotopics measurements*”, 46th Annual Meeting, Institute for Nuclear Materials Management, Phoenix, USA, juli 2005.

Systemet är konstruerat för att genomföra mätningen och avgöra om villkoren är uppfyllda och till användaren endast presentera ett ”Ja- eller Nej”-resultat. Informationsbarriärdelen innebär att den dator som kontrollerar systemet sköter kommunikationen med användaren saknar kontakt med själva mätningen. Mätning och analys kontrolleras av en separat mätdator som då mätningen är över, analysen är klar och slutsatsen dragen raderar mätdata. Först därefter upprättar den genom ett elektromekaniskt relä kontakt med systemets kontrolldator och överför den information som användarna behöver få se.

9 Sveriges och andra icke-kärnvapenstaters roll i kärnvapennedrustning

Detta arbete har syftat till att belysa problemområdet kring en eventuell framtida nedrustning av kärnvapen, med särskilt fokus på verifikation. Fokus på verifikation är dels naturligt eftersom det är en av de första frågorna som anmäler sig då ett avtal diskuteras. Dels är det en naturlig infallsvinkel för en icke-kärnvapenstat som Sverige, vars eventuella roll i avtals- och nedrustningsprocessen inte kommer att innefatta någon egen nedrustning. De nedrustningsåtaganden som görs kommer att bäras av kärnvapenstater. Detta är en grundläggande skillnad som kan förväntas påverka kärnvapenstaters och icke-kärnvapenstaters respektive förhållningssätt till diskussioner om ett eventuellt avtal i alla dess delar. Finns andra viktiga skillnader mellan kärnvapenstater och icke-kärnvapenstater? Vilka är de relevanta skillnaderna mellan olika icke-kärnvapenstater och mellan olika kärnvapenstater? Hur, närmare bestämt, kan dessa skillnader i olika avseenden komma att påverka diskussionen om kärnvapennedrustning, t.ex. vad gäller ett avtals utformning eller krav på verifikation?

Det faktum att det är en eller flera kärnvapenstater som nedrustar medan icke-kärnvapenstater inte gör det innebär att insatserna för kärnvapenstaterna är högre, såvida man inte hävdar att den insats som icke-kärnvapenstaterna spelar med är sitt beslut att inte skaffa egna kärnvapen. Detta är en synpunkt som säkert kan komma att höras och ett synsätt som även om det inte skulle uttryckas officiellt kan utgöra en viktig skillnad mellan olika icke-kärnvapenstater. Skillnaden mellan att stå i begrepp att avhända sig en befintlig arsenal och att på ett teoretiskt plan hålla möjligheten öppen att lämna NPT och utveckla kärnvapen kan dock inte sägas vara utan betydelse. Högre insatser kan i sin tur t.ex. innebära att kärnvapenstaterna kan vilja sätta kraven högre på trovärdighet i verifikationen av andra kärnvapenstater än vad icke-kärnvapenstater allmänt sett behöver se anledning att göra. Beroende på omständigheterna (t.ex. vilken sorts avtal det närmare bestämt handlar om) kan det för en icke-kärnvapenstat vara viktigast att få ett avtal till stånd överhuvudtaget även om verifikationen inte är vattentät, medan det för en kärnvapenstat kan ligga närmare tillhands att anse att ett avtal med brister i verifikationen är sämre än inget avtal alls.

Detta resonemang kan ju inte förväntas gälla i samma mån för alla kärnvapenstater, och inte heller för alla icke-kärnvapenstater. I synnerhet om beteckningen ”kärnvapenstat” används om varje stat som har (eller kan komma att ha) kärnvapen och inte inskränks till de fem i NPT erkända kärnvapeninnehavarna inses lätt att gruppen ”kärnvapenstater” innefattar aktörer med vitt skilda mål med sitt kärnvapeninnehav. För vissa är kärnvapnen framför allt grunden för en ömsesidig avskräckning, en ”terrorbalans”. För andra spelar kärnvapnen huvudsakligen rollen att i någon mån uppväga en motståndares konventionella överlägsenhet. I det förra fallet bör frågan om vad som händer med andra staters kärnvapen, om de nedrustas på ett verifierbart sätt eller inte, ha större relevans för nationell säkerhet än i det

senare. Kärnvapnen kan även i större eller mindre utsträckning ha en roll som politiskt ”spelkort”, vilket naturligtvis också kommer att påverka utformning, implementering och verifikation av eventuella avtal. Frågan är bara hur.

Vi bör emellertid återvända till icke-kärnvapenstaters eventuella roll i kärnvapennedrustning. En roll skulle t.ex. kunna vara att verka pådrivande för att få en nedrustningsprocess till stånd. En annan att delta i verifikationen av olika moment i processen, för att säkerställa att egna intressen tillfredsställs eller som representant för icke-kärnvapenstater i allmänhet. Icke-kärnvapenstater är ju inte ett enhetligt block med gemensamma intressen vad gäller kärnvapennedrustning. De kan förväntas ha olika intressen, och olika starka sådana, i en given nedrustningsprocess. Den typen av skillnader kan förväntas generera olika inställningar till hur verifikationen bör gå till, avseende t.ex. om man själv behöver delta i den eller om det finns andra stater eller organisationer som kan representera en – och i så fall om dessa behöver vara kärnvapenstater, icke-kärnvapenstater eller om de avgörande skillnaderna är helt andra.

En lämplig början för en icke-kärnvapenstat kan allmänt sett vara att utreda huruvida ett visst specifikt nedrustningsscenario ligger i dess intresse och i så fall hur nedrustningsprocessen skulle behöva utformas för att tillgodose dess intressen. Här bör klarläggas bland annat på vilken nivå säkerheten i verifikationen behöver ligga för att uppfylla det identifierade intresset av en process. Som diskuterats finns olika typer av verifikation som kan ställa processen inför fundamentalt olika typer av utmaningar. Därefter kan man börja besvara frågan om vilka krav som skall ställas avseende verifikationens organisation, dvs. i vems regi den skall ske och vilka som skall delta.

Den del av verifikationen vars utformning kan förefalla mest tekniskt komplicerad på grund av icke-kärnvapenstatens egenskap av just icke-kärnvapenstat är väl den som har att göra med verifikation av enskilda stridsspetsar: Hur skall detta gå till utan att otillbörlig information om konstruktionsdetaljer överförs? Omvänt: Hur mycket behöver man veta för att säkerheten i verifikationen skall nå en nivå som på ett godtagbart sätt tillfredsställer icke-kärnvapenstatens intressen i processen? Här kan dock anmärkas att informationssäkerhetsskyddet i nedrustningsverifikationen kan förväntas vara viktigt för en kärnvapenstat även av andra orsaker än icke-spridningshänsyn, och kanske framför allt bestämmas av nationella säkerhetsöverväganden. Dessa kan naturligtvis se olika ut gentemot olika främmande aktörer oavsett om dessa är kärnvapenstater eller inte. Allmänt sett skulle en verifikationsprocess med krav på hög teknisk trovärdighet, särskilt en multilateral eller internationell sådan, sannolikt vara ungefär lika besvärlig oavsett om icke-spridningshänsynen fanns med i bilden eller inte.

Från en verifierande icke-kärnvapenstats synpunkt finns inte desto mindre den skillnaden mellan icke-spridningshänsyn och nationella säkerhetshänsyn, att man ovillkorligen har att ta hänsyn till de begränsningar som parternas åtaganden enligt NPT utgör, medan man inte har samma fördragsenliga skyldighet att med automatik böja

sig för kärnvapenstaternas säkerhetsintressen. Icke-kärnvapenstaten har i allmänhet ett informationsunderläge gentemot den inspekterade parten i och med att man har mindre kännedom om hur kärnvapen fungerar. Frågan blir då om och i så fall hur man under dessa begränsningar kan fastställa med tillräcklig säkerhet att nedrustningen av stridsspetsar sker som avtalat. Vi har kort behandlat olika moment som kan förväntas ingå i en verifierad nedrustningsprocess: deklaration, identifiering, kunskapskedja, demontering och slutdisposition.

Som vi noterade skiljer det första momentet ut sig från de övriga i och med att verifikationen av deklarationernas fullständighet erbjuder utmaningar som är fundamentalt annorlunda än de övriga momenten. Vad gäller fullständigheten är det svårt att se att olika staters åtaganden enligt NPT, eller inneboende kunskapsskillnader mellan kärnvapenstater och icke-kärnvapenstater bör ha någon avgörande betydelse. Icke-kärnvapenstater lika väl som kärnvapenstater bör skaffa sig förmågan att bedöma hur viktigt det är för dem med verifikation av deklarationernas fullständighet för en förslagen nedrustningsprocess, hur säker verifikationen därför måste vara och hur den kan utformas. Den bedömningen påverkas som vi berört av olika faktorer, såsom vid tillfället rådande grad av transparens vad gäller kärnvapen och tillhörande infrastruktur och den strategiska betydelsen av eventuellt undanhållande av si eller så många kärnvapen från den avtalade processen.

För övriga moment i verifikationen, som handlar om att verifiera deklarerade objekt, finns skillnaderna givna av NPT och i kunskapsläget beträffande kärnvapen mer explicit med i bilden. Den mest grundläggande utmaningen förefaller vara den som ligger i identifikationen av ett objekt mot deklarationen. Hur vet man att objektet inte är en attrapp, eller ett annat än det som avses i deklarationen? Hur viktigt är det att fastställa detta? I vilken mån kan olika typer av mätningar balanseras mot ”kontext” för att uppnå den önskvärda säkerhetsnivån, dvs. hur troligt är det att en avtalspart under givna omständigheter fuskar? Här finns naturligtvis också en koppling till avtalets omfattning på ett högre plan och deklarationernas utformning på ett lägre. Övriga steg – kunskapskedja, destruktion och slutdisposition – förefaller ha åtminstone konceptuellt enklare lösningar av teknisk och procedurell natur, även om det i många fall krävs omfattande utvecklingsarbete för att realisera dem och finna lämpliga och kostnadseffektiva avvägningar mellan olika intressen.

För att göra dessa resonemang relevanta krävs bl.a. så god insikt som medges om vad som med alla givna begränsningar, förhandlingsbara och absoluta, är möjligt att undersöka, mäta eller bevittna vad gäller kärnvapensystem i olika situationer – vid utplaceringsplatser, stridsspetsar i förråd eller verkstäder, under transport eller utmönstrade. Här finns utrymme för dialog, och så småningom kommer det att krävas förhandlingar, mellan alla inblandade stater (kärnvapeninnehavare och andra), där icke-kärnvapenstater kan ha fördel av att ha studerat problemen så långt det är möjligt.

Slutligen har vi i ovanstående hela tiden talat löst om olika ”nedrustningsprocesser”. Vi har därmed velat undvika att tappa bort det kanske uppenbara faktum att man

med ”kärnvapennedrustning” kan mena många olika saker. Det är svårt att i ett allmänt resonemang om t.ex. olika staters tänkbara förhållningssätt, eller verifikationsregimens utformning eller ens om lämpliga tekniska verifikationsmetoder täcka in alla. Talar man om NPT:s ”…*treaty on general and complete disarmament under strict and effective international control*”? Eller om något som liknar processen kring Sydafrikas ensidiga beslut att avveckla sina sex och ett halvt kärnvapen? En i NPT erkänd kärnvapenstat som ensidigt bestämmer sig för att avveckla hela eller delar av ett omfattande och avancerat kärnvapenprogram? En bilateral process mellan vilka två stater som helst (oavsett status enligt NPT) med kärnvapeninnehav?

För att en icke-kärnvapenstat som Sverige ska kunna bedöma vilka ansträngningar som är mest relevanta behöver man också utreda olika tänkbara politiska kontexter under vilka de skall komma till användning. Härvid krävs kännedom om kärnvapnens roll i olika sammanhang, under olika omständigheter och för olika aktörer. Vidare krävs att man bedriver eller åtminstone håller sig *à jour* med forskning och utveckling kring verifikationsbehov och –möjligheter. Detta underlättar exempelvis bedömning av vad som kan anses vara nödvändig och tillräcklig konfidens i processen och olika sätt på vilka denna kan utformas. Det ökar förmågan att bedöma realismen i en föreslagen nedrustningsprocess och i vilken grad den står i överensstämmelse med svenska eller andra intressen. Vidare ger det större trovärdighet gentemot såväl kärnvapenstater som icke-kärnvapenstater, och därmed ökad möjlighet att påverka resultatet av eventuella diskussioner, förhandlingar och t.o.m. en eventuell framtida implementering.

10 Avslutande kommentarer och slutsatser

Vi har i detta arbete sökt ge en översikt över problemområdet verifikation av kärnvapennedrustning. Området är multidisciplinärt och spänner över allt från säkerhetspolitik och juridik till naturvetenskap och teknik. Området är också mångfasetterat och är svårt att diskutera generellt utan att göra specifika antaganden om vad som skall omfattas av ett avtal och de omständigheter som kan tänkas råda vid dess implementering.

Framtida verifikation av ett avtal om kärnvapennedrustning kommer förr eller senare att kräva att stridsspetsar identifieras gentemot en deklaration individ för individ. För att denna uppgift ska vara möjlig att genomföra krävs dels att deklarationer och inspektioner kan göras på ett sätt som tillgodoser kvarvarande behov av sekretess kring kärnvapenarsenaler, dels överenskommelse om vilka mätningar och observationer som är nödvändiga och tillräckliga för att försäkra sig om att presenterade objekt är de stridsspetsar som deklarerats. För att uppgiften skall vara meningsfull krävs också att man kan verifiera att deklarationen är fullständig, dvs. verkligen omfattar alla avtalsbegränsade objekt. Vidare krävs ett noggrant utformat protokoll för avrustning av identifierade stridsspetsar. Verifikationen av dessa olika steg måste ske med önskad trovärdighet utan att icke-spridningsåtaganden och andra säkerhetshänsyn åsidosätts. Om och hur man löser dessa uppgifter kommer att bero av de exakta omständigheterna kring varje specifikt kärnvapennedrustningsscenario. Förutsättningarna för effektiv verifikation av demontering skulle öka om dedikerade nationella anläggningar uppfördes. Det förefaller osannolikt att multilaterala sådana anläggningar skulle kunna bli aktuella.

Teknikens begränsningar och möjligheter för verifikation av avtal innebär att statsvetenskapliga och juridiska frågor måste diskuteras tillsammans med de rent tekniska frågorna för att komma fram till lämpliga gränser för vad som kan anses vara tillräcklig trovärdighet för system och processer. Hundraprocentig säkerhet är inte möjlig att uppnå även om ekonomiska begränsningar för en framtida verifikationsprocess skulle saknas. Erfarenheter från hittills genomförda övningar visar att det är svårt att hitta en optimal skärningspunkt mellan inspektörens krav på trovärdighet genom öppenhet och information och den nedrustande partens villighet och möjlighet att ge sådan. Här finns behov av forskning för att hitta en lämplig balans mellan öppenhet och sekretess under olika omständigheter.

Behovet av multilateral verifikation diskuteras ofta. Hur en verifikationsregim ska vara sammansatt är en central fråga, men mer av politisk än av teknisk natur. Framför allt kommer svaret att variera från situation till situation. Då en stat unilateralt ger upp sina kärnvapen i ett huvudsakligen regionalt scenario kan en helt annan verifikationsprocess bli aktuell än i ett multilateralt och globalt scenario. Vilken roll IAEA kommer att spela vid eventuell framtida kärnvapennedrustning är en öppen

fråga, men att IAEA kommer att ha ansvar för slutlig kontroll av det fissila materialet från avrustade kärnladdningar förefaller troligt.

En central fråga, som också är en av grunderna till detta arbete, är vilken roll icke-kärnvapenstater kan komma att ha i verifikation av kärnvapennedrustning och givet detta hur man som icke-kärnvapenstat bör förbereda sig för en sådan roll. Under arbetets gång har ett antal frågor av värde för en icke-kärnvapenstat att studera djupare utkristalliserat sig.

Framför allt bör icke-kärnvapenstater ha förmågan att bedöma vilken nivå av trovärdighet i de olika elementen som kommer att ingå i verifikationen av kärnvapennedrustning som är tillräcklig för att tillgodose deras intressen i en given process. Detta gäller både för verifikation av deklarationers fullständighet och av deras riktighet, samt för verifikation av själva nedrustningsproceduren objekt för objekt.

Som icke-kärnvapenstat är det viktigt att ha kännedom och förståelse för hur processer i samband med nedrustning av kärnvapen bör vara utformade under olika omständligheter, och de bakomliggande orsakerna till detta. Härvid kan planerande av och deltagande i övningar och spel där olika scenarier och förutsättningar spelas bidra till att bygga förtroende för föreslagna tillvägagångssätt.

Om det under en framtida verifikationsregim kommer att byggas särskilda anläggningar för verifierad demontering och destruktion av kärnvapen kan icke-kärnvapenstater spela en roll vid utformningen, förutsatt att man har tillräckliga kunskaper. Icke-kärnvapenstater skulle också kunna ha definierade roller vid uppförande, driftsättning och övervakning av sådana anläggningar.

En icke-kärnvapenstat som vill bidra praktiskt i en nedrustningsprocess bör också ha en uppfattning om vad som utgör nödvändig och tillräcklig information för att säkerställa att ett objekt som presenteras som ett kärnvapen verkligen är ett sådant. När denna fråga besvarats behöver också utredas hur denna information kan erhållas utan oacceptabel risk att nödvändig sekretess röjs. Det finns teknik med vilken det är möjligt att bestämma om ett objekt är ett kärnvapen, men denna teknik måste anpassas för de speciella krav som gäller i sammanhanget vilket också det är ett område för forskning och utveckling. Att icke-kärnvapenstater är involverade i sådant arbete är viktigt för att säkerställa deras förtroende för processen.

Förkortningar

AWE	Atomic Weapons Establishment
BTWC	Biological and Toxin Weapons Convention (Konventionen mot biologiska vapen)
CD	Conference on Disarmament (FN:s nedrustningskonferens)
CTBT	Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (Fullständiga provstoppsavtalet)
CWC	Chemical Weapons Convention (Konventionen mot kemiska vapen)
FFI	Forsvarets forskningsinstitutt (Norges motsvarighet till FOI)
FMCT	Fissile Material Cut-off Treaty
HEU	Highly Enriched Uranium (Höganrikat uran)
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICBM	Intercontinental Ballistic Missile
IFE	Institutt for energiteknikk
INF	Intermediate-Range Nuclear Forces Treaty
INFCIRC	IAEA Information Circulars
LEU	Low enriched uranium (Låganrikat uran)
LIBS	Laser Induced Breakdown Spectroscopy
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NPT	Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (Icke-spridningsfördraget)
NTM	National Technical Means
NRPA	Statens Stråleværn (Norwegian Radiation Protection Authority)
PMDA	Plutonium Management and Disposition Agreement
SLBM	Submarine Launched Ballistic Missile
SLCM	Sea Launced Cruise Missile
START	STrategic Arms Reduction Treaty
UKNI	UK-Norway Initiative
VOA	Voluntary Offer Safeguards Agreement

Bilaga 1

I Tabell 2 – Tabell 4 utreder vi schematiskt vad som kan tänkas uppnås och inte uppnås med olika vägar att angripa verifikation av kärnvapennedrustning. Modellen är schematisk bland annat i den meningen att den behandlar fissilt material som den enda enskilda komponenten av vikt i ett kärnvapen. Därvid bortses t.ex. från att ett kärnvapensystem består av såväl stridsspetsar som vapenbärare, och från att tillverkning av kärnstridsspetsar förutsätter betydligt mer än tillgång till vapenvärdigt fissilt material. Denna enkla binära uppdelning (endast fissilt material kontra hela kärnvapen) följer den parametrisering som infördes i 5.2 och bygger ytterst på att det idag finns någorlunda väl fungerande system för multilateral kontroll av fissilt material (IAEA:s kärnämneskontroll), medan eventuella steg mot att verifiera kärnladdningar definitivt skulle vara något kvalitativt nytt.

Tabell 2 innehåller några olika vägval, väsentligen längs den horisontella skalan i Figur 2 (dvs. det som skiljer är vad man fokuserar verifikationen på). För varje väg finns ett antal steg på verifikationsvägen.

De följande tabellerna innehåller sedan en mer detaljerad beskrivning av de risker som uppstår om verifikationen av varje steg är ofullständig (Tabell 3) samt kvarvarande risker om ett visst steg uppnåtts med fullständigt säker verifikation (Tabell 4).

Ett försök till värdering av riskerna i Tabell 3 har gjorts (kolumnen längst till höger i tabellen) genom att mycket kvalitativt uppskatta ”tid till kärnvapeninsats” på en tregradig skala där tillgång till färdiga vapen ger ”1”, tillgång till fissilt material som kan användas till att producera nya vapen ger ”2” och möjligheten att tillverka vapenvärdigt fissilt material ger ”3”. Samma klassificering återfinns även i Tabell 4, där en mer allmän ”risknivå” 1 – 3 införts i den högra kolumnen genom att möjlighet till odetekterat avtalsbrott krävs för att de kvarstående riskerna skall få ge upphov till en tid/risk värre än 3. Till exempel omvandlas då en 1:a för ”läge 2” (kärnvapen i verifierbart lager) till en 3:a eftersom kärnvapnens ägare inte kan forsla bort dem och göra dem insatsberedda utan upptäckt.

För att illustrera ges följande exempel på hur Tabell 2 kan användas: Om alla kärnvapen inte med säkerhet skulle vara deklarerade (rad ett) uppstår läget 1a, vilket, utläst ur Tabell 3 skulle medföra att vapen finns kvar hur säker resten av verifikationsproceduren än är. Om alla kärnvapen med säkerhet skulle vara demonterade (tredje rutan på rad ett i Tabell 2) har vi läget 1, vilket utläst ur Tabell 4 innebär att samtliga avtalsbegränsade kärnvapen är demonterade men med den kvarstående risken att kärnvapen kan, i hemlighet eller öppet, monteras igen (fissilt material ej kontrollerat eller bristfälligt kontrollerat).

Tabell 2: Översikt av möjliga verifikationsscenarier avseende kärnvapen (KV) och fissilt material (FM). Se Tabell 3 för beskrivning av konsekvenserna om antagna förhållanden inte är uppfyllda (röda siffor) och Tabell 4 för beskrivning av det läge som uppstår om antagandena gäller (dvs. om verifikationen fungerat så långt) – blåa siffror.

	Föremål för verifikation…	**Stegvis läge…** **konsekvens om ej uppfyllt** **läge/kvarstående risk om uppfyllt (inklusive föregående moment)**			
A	**Alla KV…**	…med säkerhet deklarerade, **1a**	…med säkerhet identifierade, **2**	…med säkerhet demonterade, **3** **1**	…ingående FM verifierat lagrat **5** **3**
				…verifierat lagrade **4** **2**	
B1	**Vapenvärdigt FM (förutom det som redan sitter i KV)**	…med säkerhet deklarerat, **1b**		…verifierat lagrat **5** **4**	
				…verifierat omvandlat till icke-VM **6** **5**	
B2	**Allt vapenvärdigt FM (inklusive FM i KV)…**	…med säkerhet deklarerat, **1b (1a, 2)**		…verifierat lagrat **5 (3,4)**	
	Denna modell är helt likvärdig med A i väsentliga svårigheter och är därför en egen modell endast i formell mening.			…verifierat omvandlat till icke-VM **6 (3)**	
C	**Alla anläggningar för produktion av FM…**	…med säkerhet deklarerade, **1c**		…under effektiv kontroll **7**	

Tabell 3 Beskrivning av konsekvenserna om villkoren som antas i varje steg i Tabell 2 i själva verket inte är uppfyllda (dvs. om verifikationen så långt inte fungerat tillförlitligt). Det antas i varje fall att övriga risker inte ”fallit ut” (t.ex. för risk 7 antas att allt fissilt material (FM) och alla kärnvapen (KV) är under önskvärd kontroll).

	Risk	Konsekvens	Hur allvarligt? Kvalitativt: Tid till KV-insats 1 – 3
1a	KV-deklarationer ej fullständiga	Vapen finns kvar hur säker resten av verifikationsproceduren än är	**1**
1b	FM-deklarationer ej fullständiga	FM finns kvar; avtalsbrytaren kan i hemlighet bygga ett antal KV utöver de överenskomna	2
1c	Infrastrukturdeklara-tioner ej fullständiga	Avtalsbrytaren kan skaffa sig tillgång till FM och i hemlighet bygga ett antal KV utöver de överenskomna	3
2	Felidentifiering/attrapp	Vapen finns kvar trots att det deklarerade antalet bokförts som skrotade	**1**
3	Fuskdemontering	KV är inte avrustat enligt den gällande definitionen	**1**
4	Ofullständig kontroll av lagrade KV	Avtalsbrytaren kan skaffa sig tillgång till KV som antogs ha omfattats av överenskommen nedrustning	**1**
5	Ofullständig kontroll av lagrat FM av vapenkvalitet	Avtalsbrytaren kan skaffa sig tillgång till FM och i hemlighet bygga ett antal KV utöver de överenskomna	2
6	Ofullständig kontroll av omvandling av FM till icke-vapenkvalitet	FM finns kvar; avtalsbrytaren kan i hemlighet bygga ett antal KV utöver de överenskomna	2
7	Ofullständig kontroll av anläggningar för produktion av FM	Avtalsbrytaren kan skaffa sig tillgång till FM och i hemlighet bygga ett antal KV utöver de överenskomna	3

Tabell 4: Beskrivning av det läge som uppkommer om de antaganden som gäller vid varje steg i Tabell 2 är uppfyllda.

	Läge	Kvarstående risk(er)	Hur allvarligt? Kvalitativt: Tid till KV-insats 1 – 3	Hur allvarligt? Möjlighet till odetekterat avtalsbrott krävs för <3
3	Allt FM från samtliga avtalsbegränsade KV i verifierat lager	KV kan inte i hemlighet återmonteras (krävs att kontrollerat FM ”återtas”)	2	3
1	Samtliga avtalsbegränsade KV demonterade	KV kan, i hemlighet eller öppet, monteras igen (FM ej kontrollerat eller bristfälligt kontrollerat)	2	2
2	Samtliga avtalsbegränsade KV lagrade	En avtalsbrytare kan snabbt skaffa sig tillgång till KV; dock ej i hemlighet	**1**	3
1,2,3	Samtliga avtalsbegränsade KV ”verifierade” (i varierande grad ”oskadliggjorda”)	Nya KV kan, öppet eller i hemlighet, produceras med lagrat FM	2	2
		Nya KV kan produceras med nyproducerat FM	3	3
4	Allt vapenvärdigt FM som inte redan används i KV i verifierat lager	En avtalsbrytare kan snabbt skaffa sig tillgång till FM; dock ej i hemlighet. Nya KV kan produceras	2	3
5	Existerar inget vapenvärdigt FM som inte redan används i KV	Nytt vapenvärdigt FM kan produceras öppet eller i hemlighet	3	3
4,5		KV finns/kan finnas kvar även om inga nya KV kan produceras	**1**	**1**

Det åtagande som gjorts enligt icke-spridningsfördragets artikel VI: att förhandla om ett avtal om fullständig kärnvapennedrustning, ligger till grund för denna studie. Om förhandlingar om sådan nedrustning skulle komma till stånd kommer verifikationen att ha en given plats bland de frågor som måste lösas. För trovärdighet och politisk acceptans kan det komma att bli önskvärt att involvera icke-kärnvapenstater i verifikationen, varför det är av vikt att utreda tänkbara roller för Sverige och andra icke-kärnvapenstater i verifikation av kärnvapennedrustning.

Denna rapport är resultatet av en studie med syfte att inventera och beskriva området verifikation av kärnvapennedrustning ur ett tekniskt perspektiv men också att ge en grund för fortsatt arbete inom området. Ambitionen har varit att identifiera hur en icke-kärnvapenstat som Sverige skulle kunna bidra i en sådan nedrustningsprocess.

FOI

ISSN1650-1942

www.foi.se