

Als één van de oorzaken van de zich verbredende technologiekloof tussen Europa enerzijds en de VS en Japan anderzijds, wordt het tekort schietende commerciële gebruik van militaire research aangemerkt. Zijn er voorbeelden te geven van civiele toepassingen van defensieonderzoek? Ja, zegt Ir. Belderbos van FEL/TNO.

Civiele toepassingen van defensieonderzoek

Technologie, veiligheid en economie

De civiele betekenis van defensieonderzoek staat vooral sinds de 2e Wereldoorlog in de politieke en publieke belangstelling. Daarvoor bestaan verschillende redenen. De meest voor de hand liggende is de omvang van dit onderzoek. Geschat wordt dat een kwart van de uitgaven voor onderzoek en ontwikkeling in de wereld wordt besteed aan defensie R&D (Research and Development). Door civiele spin off kan het rendement van het defensieonderzoek worden vergroot en kan het, hoewel primair gericht op de nationale veiligheid, ook voor andere maatschappelijke doeleinden van nut zijn. Bij dat nut wordt dan vooral gedacht aan het technologisch innoverende en geavanceerde karakter van defensie.

R&D en de betekenis daarvan voor de nationale economie. Het beschikken over hoogwaardige technologie is voor economieën gebaseerd op produkten met een hoge toegevoegde waarde zoals die van West-Europa, de Verenigde Staten en Japan, van vitaal belang. Wil men kunnen concurreren en op voet van gelijkwaardigheid kunnen samen-

werken, dan is het ontwikkelen en toepassen van nieuwe technologie een absolute noodzaak.

In Europa is *ESPRIT*, het gezamenlijke programma van de Europese Commissie en de Europese elektronische industrieën en onderzoek-instellingen, een voorbeeld van een poging om, in dit geval op het gebied van de informatietechnologie, gelijkwaardigheid te bereiken met de VS en Japan. In de defensiesector wordt binnen de Independent European Program Group getracht om de samenwerking op het gebied van defensie R&D te verbeteren en daarmee een antwoord te geven op de dominante positie van de Amerikaanse militaire technologie op de eigen markt. Nu zijn belangrijke segmenten van de Europese industrie zowel betrokken bij civiele als militaire ontwikkeling en produktie. In de Westeuropese samenwerking worden veiligheid en economie echter gescheiden gehouden. Dat maakt het vrijwel onmogelijk de inspanningen om de Europese technologie en industrie te vernieuwen en te versterken op elkaar af te stemmen.

In het Amerikaanse strategische denken vormen de zogenaamde industrial



Ir. G.M.N. Belderbos

base en technology base het gezamenlijke fundament voor zowel de nationale economie als de nationale veiligheid.¹ Daarin past geen afhankelijkheid van anderen op technisch wetenschappelijke en industriële gebieden die van vitaal belang zijn voor de positie als wereldmacht. Superioriteit in

**VOOR EIGEN GEBRUIK EN
STUDIE DOELEINDEN**

technologie moet het antwoord zijn op de Russische militaire overmacht in aantallen. Aan Russische zijde getroost men zich veel moeite om die technologie in handen te krijgen en met redelijk succes. Aan Amerikaanse zijde leidt dit weer tot grotere terughoudendheid in de overdracht van militair gevoelige technologie en tot een versnelde ontwikkeling en invoering van zogenaamde *emerging technologies*.

De Japanse technologische vernieuwing, industriële efficiency en ongebreidelde export vormen niet alleen een bedreiging voor de Westeuropese industrie maar ook voor de Amerikaanse, met name voor de elektronica sector die juist van levensbelang wordt geacht voor de nationale veiligheid. De R&D programma's van het Pentagon op het gebied van micro-elektronica en computer- en softwaretechnologie hebben dan ook als nevenmotief om de eigen industrie tegen de Japanse technologische expansie te versterken.

Belangstelling voor de civiele betekenis van defensieonderzoek vindt men ook in de beschouwingen over ontwapening die in de afgelopen jaren zijn verschenen. De economische gevolgen van ontwapening hebben daarin een centrale plaats.² Een vraag die daarbij aan de orde wordt gesteld, is in welke mate defensieonderzoek bijdraagt aan de economische groei in vergelijking met civiel onderzoek. Bij de behandeling van deze vraag wordt dan veelal uit het oog verloren dat civiele spin off een nuttig neveneffect maar geen doel is van defensieonderzoek.

Ook in de pleidooien ten gunste van kostbare onderzoek- en ontwikkelingsprogramma's klinkt de interesse voor civiele spin off door. De verwachte civiele spin off dient dan vaak als één van de argumenten om de hoge kosten van het programma aanvaardbaar te ma-

ken. Een recent voorbeeld hiervan is het SDI-programma.³

Vormen van spin off van defensie R&D

Al is het defensieonderzoek in technisch opzicht in het algemeen genomen geavanceerd, dat betekent nog geenszins dat het op alle gebieden en altijd voorop loopt. Uit het oogpunt van doelmatigheid zal bij onderzoek en ontwikkeling voor defensiedoeleinden zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt van civiel reeds beschikbare moderne technologie en zal civiel onderzoek dat ook van bijzonder belang is voor toekomstige militaire toepassingen, worden ondersteund vanuit het defensieonderzoek. In al deze gevallen is er sprake van spin off van civiele R&D voor militaire toepassingen. Defensieonderzoek is technologisch vernieuwend op gebieden die vanuit militair oogpunt belangrijk zijn maar waar in de publieke of private sector nog nauwelijks of geen interesse voor bestaat. Op die gebieden kan defensie R&D dan de weg banen voor toekomstige civiele toepassing. Of dat ook zal gebeuren, valt echter niet met zekerheid van te voren te zeggen. Met een aantal deels al klassieke voorbeelden kan het voorgaande worden geïllustreerd.

Een gebied waar defensie R&D de spits heeft afgebeten, is de ruimtevaart. Met name de daarvoor onontbeerlijke rakettechnologie is van origine een militaire technologie. Het gebruik dat er daarna civiel van werd gemaakt, begon met het wetenschappelijk onderzoek van de ruimte. Vervolgens zijn toepassingen op een commerciële basis in de ruimtevaart mogelijk gebleken, bij voorbeeld voor telecommunicatie, radionavigatie en aardobservatie. Het gebruik van ruimtestations als laboratoria

of fabrieken voor het vervaardigen van produkten of materialen waarbij een toestand van bijna-gewichtloosheid is vereist, kan een volgende stap zijn in de commercialisatie van de ruimte.⁴ Een recente militaire ontwikkeling die beschikbaar is voor civiel gebruik, is het Amerikaanse NAVSTAR global positioning system. NAVSTAR is een satellietstelsel voor radionavigatie. Het zal wereldwijd, 24 uur van de dag nauwkeurige informatie verschaffen aan militaire gebruikers over de tijd en hun positie en snelheid. Niet-militaire toepassingen kunnen liggen op het terrein van het luchtverkeer, de off shore olie- en gas exploratie en het volgen van voor de scheepvaart gevaarlijke ijsbergen.⁵

Op het gebied van de luchtvaart is nog steeds een deel van de met defensiegebonden ontwikkelde technologie relevant voor toepassing in de burgerluchtvaart. Na de 2e Wereldoorlog is er echter een steeds sterkere differentiatie ontstaan tussen de militaire en civiele technologie. Dit wordt veroorzaakt doordat de eisen die de militaire en de burgerluchtvaart stellen ten aanzien van bij voorbeeld de vliegsnelheid, uiteen zijn gaan lopen. Zo is de door de Franse en Britse overheden betaalde ontwikkeling van de Concorde geen commercieel succes geworden. Een soortgelijke door de Amerikaanse overheid gesteunde ontwikkeling (Supersonic Transport) werd in verband met de sombere commerciële vooruitzichten voortijdig afgebroken.⁶ Een ander voorbeeld van eisen die militair en civiel niet in elkaars verlengde liggen maar eerder tegengesteld zijn, betreft de waarneembaarheid van vliegtuigen. Het ligt niet voor de hand dat de militaire ontwikkelingen om een vliegtuig zo onzichtbaar mogelijk te maken voor radar (Stealth technologie), van civiele waarde zullen zijn.

De ontwikkelingen in de elektronica zijn en worden in belangrijke mate bepaald door de ontwikkelingen in de halfgeleider-technologie. In de VS heeft Defensie lange tijd de rol vervuld van eerste gebruiker van de vernieuwingen in deze technologie en heeft daar ook aanzienlijk in geïnvesteerd. Geleidelijk is echter het aandeel in de afname van de productie van transistoren en daarna van geïntegreerde circuits (in de wandeling chips genoemd), procentueel gedaald als gevolg van een zeer sterk groeiende civiele markt. Dit heeft tot gevolg gehad dat de IC-industrie zich meer en meer is gaan richten naar de eisen van de civiele markt.⁷ Om aan specifieke eisen die bepaalde militaire toepassingen stellen te kunnen voldoen, is in 1980 door het Department of Defense bij de industrie een programma gestart voor de ontwikkeling van zogenaamde *very high speed integrated circuits* (VHSIC). Deze eisen betreffen onder meer hogere schakelsnelheden, meer schakelingen per chip en bestandheid tegen straling. Een belangrijk onderdeel van het programma is om de nieuwe technologie ook direct toe te passen in bestaande en in ontwikkeling zijnde elektronische systemen. Het VHSIC programma heeft uiteraard als doel om de technologische voor-sprong op de Sovjetunie te behouden of beter nog te vergroten maar is ongetwijfeld ook bedoeld om de positie van de eigen industrie te versterken tegenover de sterk innoverende en op de Amerikaanse markt penetrerende Japanse industrie. De mogelijkheden voor civiele spin off van het VHSIC programma vallen nog moeilijk in te schatten. Aan de specifieke eisen van de technologie lijkt civiel nog geen behoefte te bestaan. Het is echter onwaarschijnlijk dat de kennis die de betrokken industrieën met dit project opdoen, (vooral op het gebied

van ontwerp en productie) niet van nut zal zijn voor de niet-militaire markt. Dat blijkt impliciet al uit de discussies tussen Pentagon en industrie over het gebruik van deze kennis voor andere doeleinden.⁸

In het Verenigd Koninkrijk steunt Defensie de ontwikkeling van de micro-elektronica door deel te nemen in het *Alvey* programma. Dit is een nationaal onderzoekprogramma voor geavanceerde informatietechnologie waarin behalve Defensie ook de Ministeries van Onderwijs en Wetenschappen en van Technologie en Industrie en de industrie zelf participeren. De kosten van het programma dat in 1983 is gestart bedragen £ 350 miljoen over 5 jaar waarvan £ 200 miljoen door de overheid zal worden gedragen.

De gegeven voorbeelden laten zien dat de spin off van defensieonderzoek allerlei vormen kan aannemen, variërend van deelneming aan en stimulering van civiel georiënteerde R&D, het vervullen van een voortrekkersrol in de R&D op bepaalde gebieden, tot het civiele gebruik van voor militaire doeleinden ontwikkelde systemen. In al deze gevallen is de verbinding tussen de defensie-inspanning op het gebied van R&D en de spin off hiervan in civiele toepassingen niet zo moeilijk aan te wijzen. Het gaat om welomschreven projecten en programma's.

De overdracht van kennis, die de basis is voor spin off, is echter een *diffuus* proces. Kennis ontwikkelt zich geleidelijk en vertakt zich in de loop der tijd in verschillende richtingen. De basiskennis voor de technologische ontwikkelingen ontstaat in het fundamentele onderzoek. Omgekeerd is fundamenteel onderzoek niet meer mogelijk zonder het gebruik van geavanceerde technologie. Hiaten in de meer fundamentele kennis die de voortgang van het toege-

paste onderzoek belemmeren, kunnen weer impulsen zijn voor de richting van het fundamentele onderzoek. De vooruitgang in wetenschap en technologie bestaat bij de gratie van de uitwisseling van kennis en ideeën. Door dit complexe proces van kennisontwikkeling is het moeilijk vast te stellen wat het civiele en militaire 'aandeel' daarin nu precies is.

Structuur van het defensieonderzoek

Wil potentiële spin off van defensieonderzoek civiel worden gebruikt dan moeten er wegen zijn voor de overdracht van kennis uit het defensieonderzoek naar het civiele onderzoek. Het is aannemelijk dat een zo direct mogelijk contact tussen het defensieonderzoek en het civiele onderzoek het herkennen en realiseren van spin off bevordert. In dit verband gezien is de structuur van het defensieonderzoek van belang.

In de grote landen maar ook in kleinere landen wordt het defensieonderzoek uitgevoerd door laboratoria binnen de defensieorganisatie, door universiteiten en onafhankelijke research-instellingen en door de industrie. Ervan uitgaande dat universiteiten en research-instellingen een algemeen maatschappelijke doelstelling hebben en dat de meeste industrieën waar defensie R&D wordt uitgevoerd ook de civiele markt bedienen, zullen daar in het algemeen de omstandigheden voor het realiseren van eventuele spin off het gunstigst zijn.

De Nederlandse situatie

De structuur van het defensieonderzoek in Nederland is wat afwijkend van het hiervoor geschetste algemene model. Het Ministerie van Defensie en de

krijgsmacht hebben geen researchlaboratoria meer binnen de eigen organisatie. Die zijn in de loop der tijd ondergebracht bij de Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO en vormen daarin samen de Hoofdgroep Defensieonderzoek (HDO-TNO). Ca 70% van het defensieonderzoek wordt door de HDO-TNO uitgevoerd. De overige behoeften van Defensie aan onderzoek worden onder meer ingevuld door andere hoofdgroepen van TNO; door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium en door het Maritiem Research Instituut Nederland. Defensie R&D bij de Nederlandse industrie is zeer bescheiden van omvang. *Bij de Nederlandse universiteiten en hogescholen wordt geen of nagenoeg geen defensieonderzoek uitgevoerd.*

Gelet op de structuur van het defensieonderzoek mag men stellen dat de omstandigheden voor civiele spin off gunstig zijn.

Niet alleen in structuur maar ook in omvang wijkt het Nederlandse defensieonderzoek af van bij voorbeeld het gemiddelde van de EG-landen. De uitgaven voor het defensieonderzoek ter waarde van f 120 miljoen, bedragen ca 3% van de totale R&D-uitgaven van de overheid. Dit cijfer is voor de EG 25%. De reden voor dit verschil moet onder meer worden gezocht in de zeer beperkte omvang van de zelfschepende defensie-industrie in Nederland. *Er zijn aanzetten in het defensiebeleid om onderzoek bij de industrie dat is gericht op het vernieuwen en versterken van de technologiebasis op voor defensie belangrijke gebieden, financieel te ondersteunen.*

Enkele recente voorbeelden uit het onderzoek bij de drie HDO-TNO laboratoria kunnen een beeld geven van civiele spin off van het Nederlandse defensieonderzoek.

Enige voorbeelden van spin off van Nederlands defensieonderzoek

Voor een goede taakuitvoering door de mens, is het belangrijk dat bij het ontwerp van werkomgeving, werktuigen en werkmethode rekening wordt gehouden met zijn mogelijkheden en beperkingen. De ergonomie die zich met dit probleem bezighoudt, ontmoet veel belangstelling van militaire zijde omdat de omstandigheden en de omgeving waarin veel van de militaire taken moeten worden verricht een zware belasting zijn voor de uitvoerder.

Ergonomie is een specialisme van het *Instituut voor Zintuigfysiologie (IZF)* van de HDO-TNO. Op dit gebied wordt bij voorbeeld onderzoek gedaan aan de optimale inrichting van de commando-centrale, de technische centrale en de navigatiebrug van marineschepen en aan de meest geschikte vormen om informatie te presenteren bij een gegeven taak. De kennis en ervaring die het instituut hiermee heeft opgedaan, zijn gebruikt bij het bepalen van de inrichting en instrumentatie van navigatiebruggen van koopvaardij schepen en bij de opzet van systemen en centra voor de begeleiding van het luchtverkeer en het scheepvaartverkeer.

Ander onderzoek van het IZF met een aanmerkelijke spin off ligt op het gebied van de verkeersveiligheid en het verkeersgedrag. Dit onderzoek mondt onder meer uit in adviezen aan de wegbeheerders over de inrichting van de weg, bij voorbeeld ten aanzien van wegmarkeringen, overzichtelijkheid van kruispunten, zichtbaarheid van objecten bij duisternis en de begrijpelijkheid van symbolen.

Een laatste voorbeeld van civiel relevant onderzoek van het IZF is het onderzoek aan beschermende kleding. Dit soort kleding moet de militair beschermen tegen allerlei schadelijke in-

vloeden zoals hitte, kou en toxische stoffen. Deze kleding heeft echter ook consequenties voor de beweeglijkheid en de lichaamsvocht- en warmte uitwisseling van de drager. Het instituut ontwikkelt criteria om beschermende kleding op deze aspecten te kunnen beoordelen en geeft adviezen voor verbeteringen. Dit onderzoek is ook van belang voor de ontwikkeling van beschermende kleding voor civiel gebruik zoals brandweerkleding en regenkleding. Onderzoek naar de bescherming tegen toxische stoffen, met name chemische strijdmiddelen, de verspreiding van gas- en aerosolwolken, de detectie daarvan en de bescherming daartegen, behoren tot het domein van het *Prins Maurits Laboratorium (PML)* van de HDO-TNO. Van de kennis die op dit gebied is en wordt opgebouwd wordt onder meer gebruik gemaakt door de overheid bij milieu- en arbeidshygiënische studies en door de textiel- en kledingindustrie.

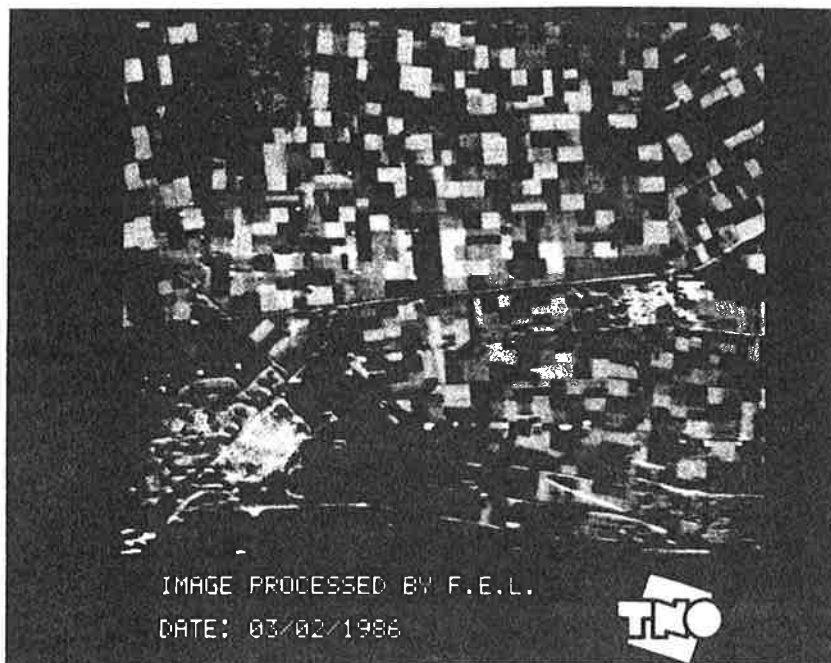
Een ander aandachtsgebied van het PML zijn de explosieve stoffen. Het onderzoek richt zich daarbij vooral op de veiligheid van de opslag en het gebruik van munitie, de uitwerking van munitie en de bescherming daartegen. De experimentele faciliteiten die hiervoor benodigd zijn en de kennis en ervaring die hiermee worden verkregen zijn ook van belang voor de veiligheid in de industrie. Voor de industrie wordt samen met andere TNO-instituten onder andere onderzoek gedaan aan gas- en stofwolkexplosies. Dit onderzoek verschaft inzicht in de explosiegevaaren van fijnverdeelde brandbare stofdeeltjes in lucht. Melkpoeder-, meel- en steenkoolstof zijn hiervan voorbeelden. Met het verkregen inzicht worden richtlijnen opgesteld voor het veilig werken in opslag- en overslagbedrijven en in industrieën waar dergelijke situaties kunnen optreden.

Een voorbeeld van onderzoek waarmee tegelijkertijd een militaire en een civiele toepassing wordt beoogd is het theoretisch en experimentele onderzoek aan de vaste brandstof verbrandingskamer (VBVK) dat het PML en de TH Delft samen uitvoeren. VBVKs kunnen worden toegepast voor voortstuwing, energieopwekking en verbranding van moeilijk afbreekbare giftige koolwaterstoffen. De industrie heeft hier grote belangstelling voor. Het militaire belang is gelegen in de toepassing van de VBVK voor de voortstuwing van geleide projectielen.

De militaire waarnemings- en informatieverwerkende systemen zijn het onderzoekterrein van het *Fysisch en Elektronisch Laboratorium* (FEL) van de HDO-TNO. Radaronderzoek en radarontwikkeling hebben daarin een belangrijke plaats. Radar is van oorsprong een militaire techniek. Het principe werd in de dertiger jaren ontdekt en in de 2e Wereldoorlog door beide partijen toegepast. Het principe was ook in Nederland bekend.

Vlak voor de Duitse inval waren enkele prototypes van een door het Fysisch Laboratorium – de voorloper van het FEL – ontwikkelde radar klaar gekomen. Tijdens de oorlog namen Nederlandse onderzoekers deel aan het Britse radaronderzoek zodat na de oorlog in Nederland direct kon worden verder gegaan met de ontwikkeling en de productie door de industrie van radarapparatuur voor de krijgsmacht. Radar is dan ook een terrein waar de Nederlandse elektronische industrie steeds zelscheppend is geweest, wat ook heeft geleid tot civiele toepassingen in de vorm van radarsystemen voor de verkeersleiding van vliegtuigen en schepen.

Voor observatie van de aarde vanuit vliegtuigen en satellieten, ook bekend



Radarbeeld opgenomen in de Flevopolder nabij Biddinghuizen met behulp van SLAR (Side Looking Airborne Radar). Beeldafmetingen 12x10 km. Landbouwgewassen zijn op grond van hun intensiteit te onderscheiden.

onder de naam *remote sensing*, wordt gebruik gemaakt van instrumenten die in het zichtbaar licht en het infrarood kunnen waarnemen. Het gebruik van radargolven voor remote sensing is nog betrekkelijk nieuw en blijkt veelbelovend te zijn. De militaire waarde van remote sensing laat zich makkelijk raden. Remote sensing voor civiel gebruik is sterk in opkomst. Zeer bekend is het gebruik ervan voor de meteorologie. Ook voor de land- en bosbouw is remote sensing van grote betekenis zoals voor de classificatie van gewassen,

het schatten van de opbrengst, het vaststellen van vochttekorten, droogteschades en ziektes. Andere toepassingen zijn het opsporen van ertsen en mineralen en van olie- en andere milieubelastende lozingen, het lokaliseren van ontbossing en woestijnvorming en het bepalen van golfhoogten, stroming, windrichting en windkracht aan het zeeoppervlak. Laatstgenoemde toepassing is van belang voor onder meer de scheepvaart, de bescherming van de kust en de off shore industrie.

Het FEL werkt samen op het gebied

van remote sensing met andere onderzoeksgroepen onder auspiciën van de Beleidscommissie Remote Sensing. Het onderzoek op het FEL richt zich specifiek op het vinden van de relatie tussen de informatie in het ontvangen radarsignaal en de fysische verschijnselen aan het aardoppervlak en het verwerken van het radarsignaal in voor de gebruiker interpreteerbare beelden.

*Ir. G.M.N. Belderbos
Direkteur Fysisch en
Elektronisch Laboratorium TNO.*

1. *Report of the Defense Science Board Task Force on industry-to-industry international armaments cooperation. Phase I NATO Europe June 1983, Phase II Japan June 1984.* Department of Defense.
2. *Het verband tussen ontwapening en ontwikkeling.* Nederlands Instituut voor Vredesvraagstukken 1982.
Economie en bewapening. Economisch Statistische Berichten 18/25, december 1985.
3. *SDI and the new space renaissance.* Lt. Gen. J. Abrahamson United States Information Service Eur 205, 22 januari 1985.
4. *Space markets.* Interavia publishing group, mei 1985.
5. *Promising civil applications of the NAVSTAR global positioning system.* T. Logsdon, International telemetering conf. San Diego, 1983.
6. *Government and technical progress.* R.R. Nelson et al. Pergamon Press, 1982.
7. *VHSICs Industry impact.* D.H. Moore and W.J. Towle. IEEE transactions on components, hybrids and manufacturing technology, juni 1982.
8. *Technical Survey: VHSIC Chips emerge.* Aviation Week & Space Technology, 30 juli 1984.
9. *Defensie en de Nederlands industrie.* Tweede Kamervergadering 1984/85 nr. 19157-1 en 2.

37 JAAR NAVO

Op 9 april 1986 zal te Den Haag om 20.00 uur ter gelegenheid van het 37-jarig bestaan van de Noord Atlantische Verdrags Organisatie, door de Atlantische Commissie een bijeenkomst worden georganiseerd over

Troepenvermindering in Centraal Europa

De Amerikaanse Ambassadeur bij de MBFR-besprekingen in Wenen, Robert Blackwill, zal op die avond een redevoering houden, gevolgd door discussie met vertegenwoordigers uit politiek en pers.

*Belangstellenden worden verzocht zich voor
deelname aan te melden bij het
bureau van de Atlantische Commissie,
Alexanderstraat 2, 2514 JL Den Haag,
tel. 070-63.94.95.*