

Mars, een tweede aarde?

Ir. M.O. van Pelt

Leven op Mars. Nog geen veertig jaren geleden werd algemeen aangenomen dat de rode planeet bedekt werd door vegetatie. De eerste ruimtesondes die Mars bezochten vonden echter geen spoor van leven, maar slechts een vijandige, droge planeet wiens oppervlak baadt in intense ultraviolette straling. Mars is waarschijnlijk morsdood, al honderden miljoenen jaren. Maar dat hoeft niet zo te blijven, want de evolutie van de soort *homo sapiens* op de naburige planeet aarde geeft Mars misschien een nieuwe kans op leven.

Bijna veertig jaren geleden werd Mars voor het eerst door onze ruimteschepen bezocht. De Mariner en Viking missies vonden geen leven op de planeet, maar toonden wel aan dat alle voor leven noodzakelijke chemische elementen aanwezig zijn. Ruimtevaartuigen vonden sindsdien ook sterke aanwijzingen dat Mars vroeger een warme, dikke atmosfeer heeft gehad, mogelijk met rivieren en zeeën vol vloeibaar water. Door gebrek aan processen die door gesteente gebonden en bevroren gassen weer in de atmosfeer brengen, zoals vulkanisme en diverse biologische kringlopen, is de atmosfeer van Mars reeds lang grotendeels verdwenen. Wat niet door de grond werd opgenomen, lekte de ruimte in door de lage zwaartekracht. De rode planeet is nu koud, droog en stoffig, met een dunne koolstofdioxide atmosfeer die de dodelijke ultraviolette straling van de zon niet tegen kan houden. Zonder speciale bescherming is het geen geschikte leefomgeving voor mensen, dieren of zelfs maar de simpelste aardse planten. Hoewel er in de nabije toekomst door diverse landingvoertuigen zal worden gezocht naar Marsiaans leven, wordt algemeen niet verwacht dat er meer kan worden gevonden dan wat op de grens van uitsterven balancerende microben.

Volgens onder anderen de Amerikaanse wetenschapper Christopher McKay is het met onze technologie echter mogelijk om van Mars weer een levende planeet te maken. Dit proces, waarmee een levenloze planeet wordt veranderd in één waarop aards leven zich thuis voelt, wordt *terraforming*, ofwel aardevorming genoemd. Ironisch genoeg zijn het de technieken waarmee we de atmosfeer van onze eigen planeet beschadigen die gebruikt

kunnen worden om die van Mars minder vijandig te maken.

Mars als doel voor terraforming

Mars lijkt in een aantal opzichten op de aarde maar is verder uniek. Een dag duurt er ongeveer 24 uren en de planeet kent seizoenen, maar een jaar op Mars duurt bijna twee aardse jaren. Water, essentieel voor leven zoals wij het kennen, is waarschijnlijk in grote hoeveelheden aanwezig, maar niet in vloeibare vorm. Alle water op Mars bevindt zich waarschijnlijk in bevroren toestand in de poolkappen en onder het oppervlak. Verder is de zwaartekracht op Mars slechts een derde van die op aarde. Hoe planten zouden reageren op een dubbel zo lang jaar en de verminderde zwaartekracht van Mars is niet zeker, maar waarschijnlijk zullen ze er weinig problemen mee hebben en misschien wel tot enorme afmetingen groeien. Ook microben zijn waarschijnlijk niet erg gevoelig voor deze zaken, maar hogere dieren zouden van vooral de lagere zwaartekracht problemen kunnen ondervinden. De natuur is echter een genie in het aanpassen aan nieuwe omstandigheden en daarbij komt nog dat onze biotechnologie het mogelijk maakt planten en misschien zelfs dieren zo te veranderen dat ze zich thuis voelen in geheel nieuwe leefomgevingen.

Andere planeten en manen in ons zonnestelsel zijn veel minder geschikt om te veranderen in een leefbare omgeving. Venus heeft een atmosfeer maar bevindt zich te dicht bij de zon en is dus veel te heet, de Jupitermanen Titan (met atmosfeer) en Europa (met waar-

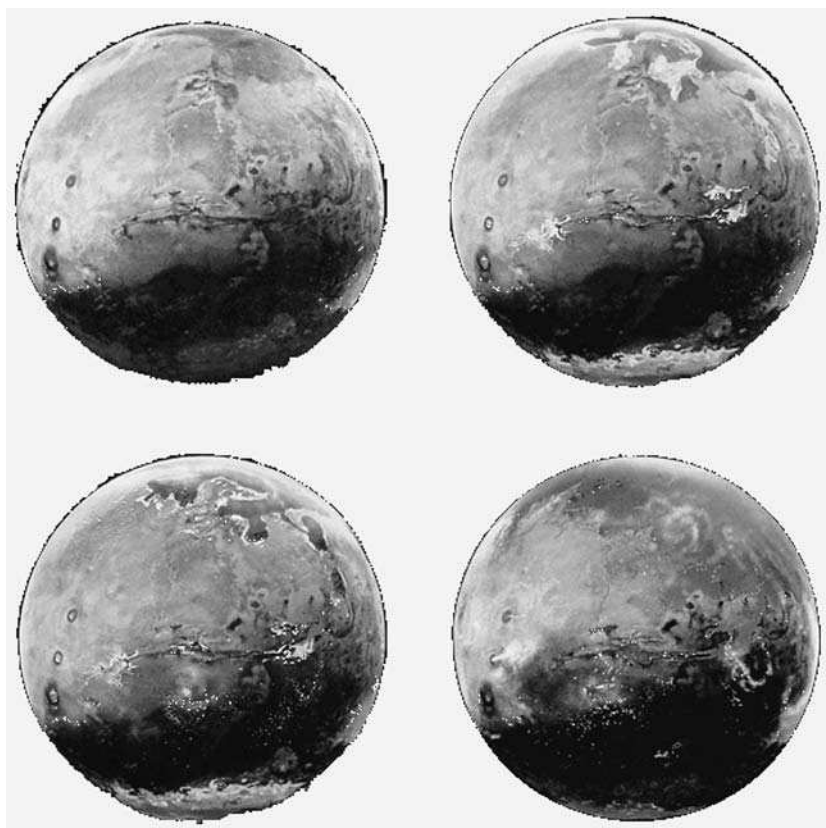
schijnlijk een oceaan onder haar oppervlak) staan te ver en zijn daardoor te koud.

Veranderen van de atmosfeer

De sleutel tot het leefbaar maken van Mars is koolstofdioxide. Als het mogelijk zou zijn om de planeet een dikkere koolstofdioxide atmosfeer te geven, met een druk van één tot twee (aard)atmosfeer, warmt de planeet vanzelf op tot boven het vriespunt van water. Het toevoegen van stikstof maakt de lucht vervolgens geschikt voor planten en microben. Een ozonlaag, nodig om de ultraviolette straling van de zon tegen te houden, zou vanzelf gevormd worden uit de zuurstof die ontstaat als koolstofdioxide ontbonden wordt door de zonnestraling. Mensen en dieren kunnen niet ademen in een dergelijke atmosfeer, maar dikke, zware ruimtepakken en drukcabines zouden niet meer nodig zijn. Planten zouden er zich prima thuis voelen en de hoeveelheid zuurstof in de atmosfeer langzaam verhogen. Ook zouden de planten als voedsel kunnen dienen voor de bewoners van Marskolonies. Grote boerderijen waarop mensen met zuurstofflessen kunnen werken zouden mogelijk worden.

Als Mars warmer zou worden, zou het waterijs in de poolkappen en onder de grond smelten en zich verzamelen in de lagere gedeelten van de planeet, waardoor rivieren, meren en zeeën zouden ontstaan.

[M. Carroll]



Het opwarmen van Mars

De vraag is natuurlijk hoe die dikkere atmosfeer kan worden opgebouwd. Zoveel koolstofdioxide, stikstof en water aanvoeren vanaf aarde is immers niet mogelijk. Echter, de vroegere, dikkere atmosfeer van Mars heeft waarschijnlijk alles bevat wat er nodig is voor het tot leven brengen van de rode planeet. Het is mogelijk dat veel gassen sindsdien van Mars zijn weggelekt, maar waarschijnlijk is het meeste opgenomen in het gesteente of als ijs onder het oppervlak bewaard gebleven. Deze gassen komen vrij als het Marsoppervlak voldoende opwarmt, maar dat kost veel energie. De enige bruikbare energiebron voor dit gigantische project is de zon. Deze levert Mars in 30 minuten meer dan de totale hoeveelheid energie die kan worden opgewekt door alle kernwapens op aarde te laten ontploffen. De zonnestraling zou benut kunnen worden door het opstarten van een soort super broeikas effect, waarbij de energie van de zon wordt opgenomen door de atmosfeer en Mars opwarmt. Hiertoe moet de atmosfeer volgepompt worden met methaan, Cfk's, stikstofoxide of ammonia. Het beruchte broeikas effect waarmee we op onze planeet problemen hebben is in dit geval op Mars juist heel gunstig. Slechts een paar deeltjes van deze gassen op een miljoen atmosfeerdeeltjes kan de gemiddelde temperatuur met 20° Celsius verhogen, van -60° naar -40° C. Dit is genoeg om het koolstofdioxide-ijs in de poolkappen te laten smelten en ook koolstofdioxide uit het Marsgesteente te laten vrijkomen. Door de dikkere atmosfeer die dan ontstaat wordt Mars nog warmer, waardoor nog meer koolstofdioxide en ook stikstof en waterdamp (ook een prima broeikasgas) vrij komen. Dit zichzelf versterkende proces gaat door tot er een dikke koolstofdioxide atmosfeer is ontstaan.

De broeikasgassen die het hele proces op gang moeten brengen kunnen op Mars zelf geproduceerd worden door honderden kleine Cfk fabriekjes op het oppervlak te plaatsen. Deze machines, ter grootte van een auto en werkend op zonne-energie, zouden de benodigde grondstoffen uit de bodem halen, daaruit Cfk's produceren en deze vervolgens de atmosfeer in pompen.

Tijd

Hoe lang zou het duren om een dikke Mars-atmosfeer te creëren? Gebaseerd op de hoeveelheid benodigde energie en de efficiëntie van de processen aan de ene kant, en de beschikbare hoeveelheid zonne-energie aan de andere kant, kun je berekenen dat Mars binnen 100 jaren van een dikke atmosfeer kan worden voorzien. Nog eens 500 jaren later kan de rode planeet in een waterrijke levende wereld vol planten zijn veranderd. Dit proces kan nog versneld worden door de poolkappen met donker, straling absorberend materiaal te bestrooien. Grote spiegels in een baan om de planeet kunnen ook de hoeveelheid zonnestraling die het oppervlak bereikt vergroten.

Uiteindelijk is de droom van McKay het laten ontstaan van een tweede aarde, een planeet met vloeibaar water en een dikke, zuurstofrijke atmosfeer. Planten zullen het uitsteking doen in de vroege koolstofdioxide atmosfeer, al groeiend een gedeelte van de koolstofdioxide omzettend in zuurstof. Binnen een miljoen jaren kan een met planten bedekt Marsoppervlak de atmosfeer leefbaar hebben gemaakt voor mensen en dieren. Dit lijkt vreselijk lang, maar bedenk dat op aarde hetzelfde proces meer dan twee miljard jaren heeft gekost. Natuurlijk kunnen mensen zich al veel eerder op Mars vestigen, bijvoorbeeld in kolonies met een eigen atmosfeer.

Marsbewoners

De eerste levensvormen die we op de nieuwe wereld zouden kunnen laten groeien zouden geselecteerd moeten worden uit de meest geharde planten en microben op aarde. Deze vinden we in de extreem koude en droge vlakten op Antarctica en hoog in de bergen, verstopt onder en in rotsen en gesteenten. Naarmate de Marsatmosfeer dikker en warmer wordt, kunnen steeds meer planten en dieren worden geïntroduceerd. Langzaam zullen zij zich aanpassen aan de omstandigheden op Mars en een nieuw ecosysteem creëren. Korstmossen en algen zullen worden opgevolgd door mossen en grassen, en deze door struiken en bomen, tot tenslotte allerlei soorten planten het oppervlak bedek-



ken. De eerste microben op Mars zullen familie zijn van de aardse microbensoorten die zelfs overleven in een atmosfeer zonder zuurstof (er zijn microben waarvoor zuurstof zelfs giftig is!).

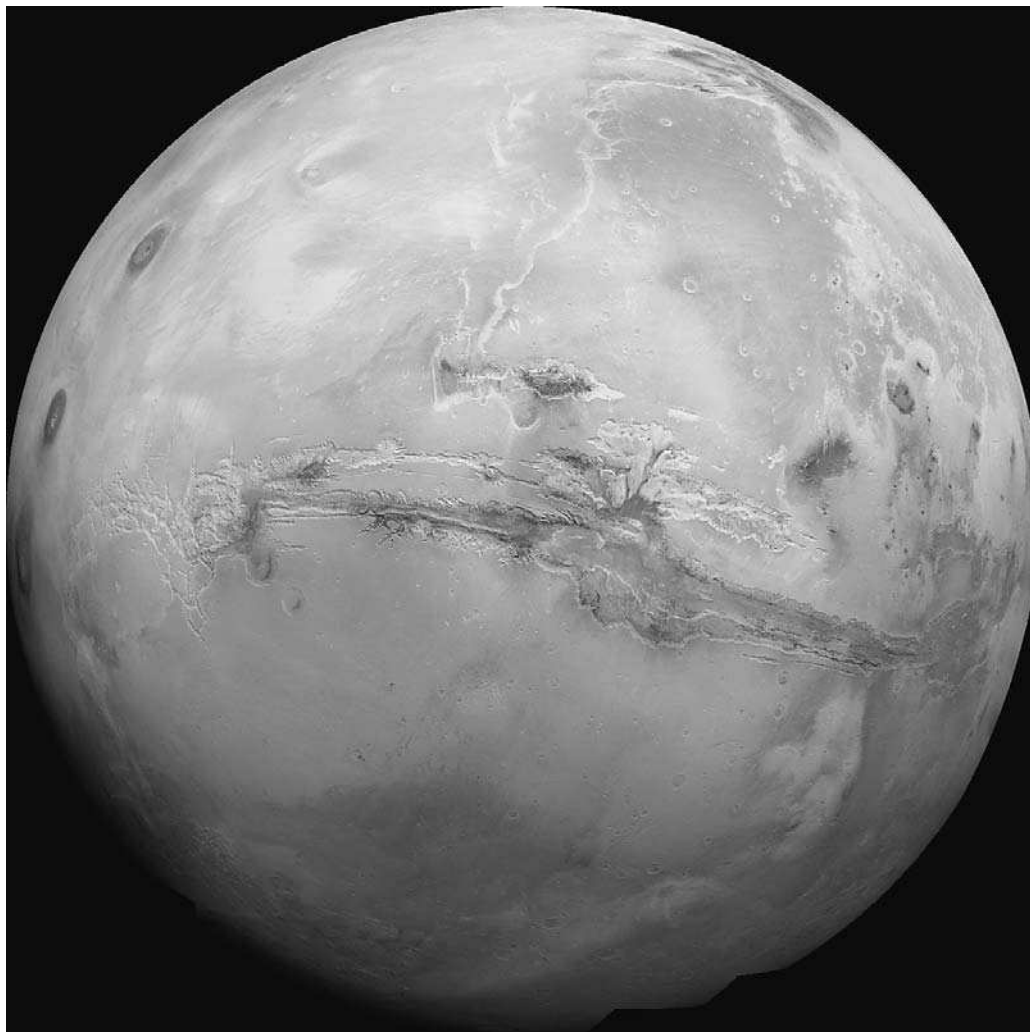
Hoewel het niet waarschijnlijk is, is het mogelijk dat er al leven op Mars voorkomt. Dan reist natuurlijk de vraag of wij wel het recht hebben Mars voor ons op te eisen en aan te passen. In dat geval zouden we Mars misschien zo kunnen aanpassen dat het al op Mars aanwezige leven zich verder kan ontwikkelen en er een Marsbiosfeer ontstaat. Marsleven kan ook de door ons zorgvuldig geplande processen flink in de war sturen.

De waarde van een woestijn

Zelfs als er geen leven op Mars is, zullen er ethische vragen gesteld worden over het veranderen van de planeet. Sommige mensen zullen Mars willen behouden zoals ze is, als een soort geologische reservaat. Door de geschiedenis heen zijn we steeds meer

Het oppervlak van Mars gezien door het Viking 2 landingvaartuig: een woestijn waarin geen leven valt te bespeuren. Superoxiden, ontstaan door de ongefilterde UV-straling van de zon, maken het overleven op het oppervlak, zelfs voor de meest geharde microben, onmogelijk. [NASA]

Mars zoals het nu is: droog, stoffig en dood. Terraforming kan deze planeet misschien veranderen in een tweede, kleinere versie van de aarde. [NASA]



waarde gaan toekennen aan mensen, dieren, planten en ecosystemen; niet alleen voor wat ze voor ons kunnen betekenen maar ook puur vanwege hun eigen, intrinsieke waarde. De laatste tijd ziet men ook meer en meer de waarde van woestijnen en ijsvlakten in, zelfs als er vrijwel niets in leeft. Hebben stenen rechten? Zou het ethisch te verantwoorden zijn om de ringen van Saturnus weg te halen? Waarom zouden we Mars wel mogen verbouwen naar eigen inzicht?

Anderen zullen zeggen dat het terraformen van Mars geoorloofd is omdat we onze woonplaats in het heelal moeten uitbreiden, om te overleven in het geval er op aarde een allesomvattende ramp plaatsvindt. Denk bijvoorbeeld aan de inslag van een grote komeet, waaraan de dinosauriërs ten onder zijn gegaan, of de uitbarsting van een reuzenvulkaan. Een andere reden om Mars te koloniseren is omdat het in onze natuur ligt om nieuwe gebieden te verkennen en te bewo-

nen. Sommigen zijn bang dat de maatschappij ten onder zal gaan zonder nieuwe, grote uitdagingen.

Hoe dan ook, er zal nog veel onderzoek aan zowel Mars als de aarde moeten worden gedaan voordat we kunnen weten of het veranderen van de Marsatmosfeer werkelijk mogelijk is en hoe dat het beste gedaan zou kunnen worden. We zullen moeten weten hoeveel water en bruikbare gassen er precies op Mars te vinden zijn en we zullen de ingewikkelde processen in de aardse atmosfeer en het klimaat beter moeten begrijpen. Verder zullen we moeten onderzoeken of er al leven op Mars is, en zo ja, in wat voor klimaat dat leven het beste zou gedijen. Alleen dan kan een goed, allesomvattend plan worden gemaakt voor het omvormen van de droge, rode planeet in een nieuwe, levende wereld die onze verre nazaten thuis kunnen noemen. Als we daartoe al zouden besluiten.

Raketverdediging

Verdediging met of tegen raketten? (Deel 3)

*Henk H.F. Smid
ribs Space Consultancy & Insurance*

De discussie over ballistische raketten en de verdediging daartegen duurt al zolang ballistische raketten er zijn. Nadat op 31 augustus 1998 Noord-Korea een ballistische raket afvuurde, die over het noordoostelijk deel van Japan vloog en in de Indische Oceaan terechtkwam, nam de publieke belangstelling met betrekking tot dit onderwerp toe. In dit laatste deel over raketverdediging wordt stil gestaan bij de technologie en de (politieke) aanvaardbaarheid.

Technische discussie over BMD

Zelfs met de heden ten dage ter beschikking staande geavanceerde technologieën is verdediging tegen ballistische raketten geen sinecure. De vluchtkarakteristieken van ballistische raketten zijn daarbij de voornaamste oorzaak dat het zo moeilijk is ze te onderscheppen. Deze karakteristieken, lange afstand, hoge snelheid en grote hoogte, leggen enorme beperkingen op aan een serie van processen bij het detecteren van de ballistische raket, het lanceren van onderscheppingraketten en het feitelijk vernietigen van het doel.

Om ballistische raketten te kunnen detecteren, zijn een aantal ondersteunende bronnen noodzakelijk om zeker te kunnen zijn dat er een aanval onderweg is. Het beste bewijs is natuurlijk het detecteren van de ballistische raket in zijn vlucht. Vanwege de lange afstand kan de ballistische raket meestal worden afgevuurd van het grondgebied van de tegenstander of van door hem gecontroleerd grondgebied. Daarom is het noodzakelijk dat detectie op een zo groot mogelijke afstand gebeurt, met lange-afstand sensoren in een of meerdere netwerken die een breed gebied bestrijken.

Vanwege hun hoge snelheid is er een zeer korte tijd tussen lancering en inslag, dus een zeer korte reactietijd tussen detectie en onderschepping. De grote hoogte in combinatie met de grote snelheid beperken daarbij de mogelijkheden van huidige luchtverdediginggradars en de daarbij behorende grondlucht raketten.

De hierboven geschetste beperkingen worden als algemene condities aanvaard. Echter, er bestaan verschillende meningen over de mate van en de mogelijkheden waarop technologieën deze condities kunnen omzeilen. Dit varieert tussen extreem hoge technologie niveaus die waarschijnlijk niet kunnen worden gehaald met de huidige stand van de technologie, tot het alleen maar modificeren van huidige technologieën ten behoeve van ballistische raketverdediging. De verschillen tussen TMD en NMD vragen ook om verschillende technologieën. De realisatie van NMD wordt daarbij door sommigen betwijfeld. Het Amerikaanse Physics Society, dat bestaat uit 42 000 natuurkundigen, vroeg president Clinton het plaatsen van ballistische raketverdedigingsystemen uit te stellen omdat onderscheppingstesten steeds maar faalden en er op wezen dat NMD technologisch (nog) niet haalbaar was. Op 1 september 2000 verklaarde Clinton daarom dat hij de beslissing over het plaatsen van NMD aan zijn opvolger zou overlaten. De technologische haalbaarheid en effectiviteit van TMD wordt over het algemeen wel erkend, speciaal de op zee geplaatste systemen die technologisch gemakkelijker zouden zijn en in ieder geval goedkoper.

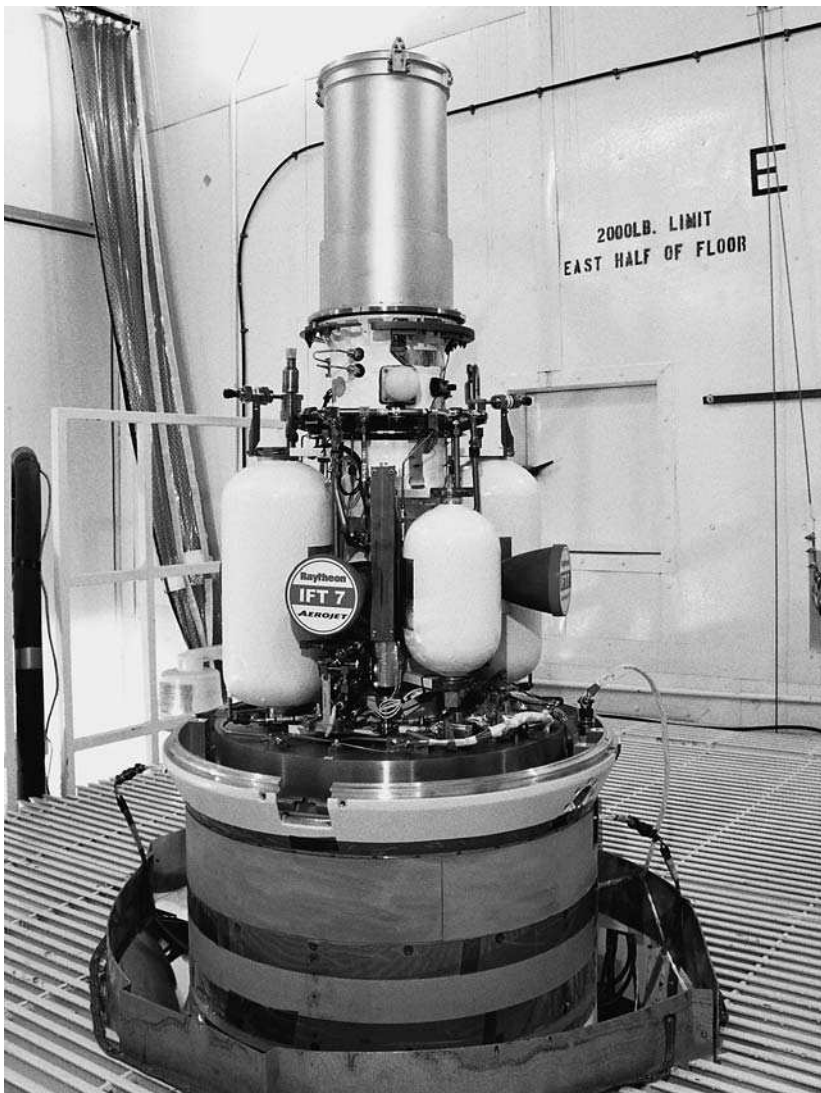
Detectie technologieën

Kijkend naar de verdediging tegen ballistische raketten is het eerste probleem de detectie. Een ballistische raket met een doelfstand van 1000 km heeft een vluchtduur van ongeveer tien minuten. Om deze raket te ver-

slaan, dient de detectie én onderschepping dus in tien minuten te gebeuren. Tijdens de Golfoorlog duurde het steeds twee minuten voor, achtereenvolgens, de detectie van de lancering van een SCUD door een DSP satelliet, het verzenden van de infrarood beelden naar een ontvangststation, en het via NORAD alarmeren van de *Multi National Forces* in Saoedi Arabië en Israël. Al in al bleven er maar twee minuten over voordat de afgevuurde SCUDs in zouden slaan.

De lancering van een ballistische raket gaat gepaard met een plotselinge enorme hitte. Het vroeg ontdekken van een lancering kan dus het beste plaatsvinden door het detecteren van uitgestraalde hitte en/of van een flits. Ook kan met lange-afstand radars het opstijgen van de raket worden gedetecteerd. SBIRS en DSP kunnen de stralingshitte van gelanceerde ballistische raketten detecteren met infrarood sensoren. Deze stralingshitte

Het zg. 'Kill Vehicle' dat voor de uiteindelijke vernietiging van de aanvallende ballistische raket moet zorgen. [BMDO]



wordt echter alleen maar afgegeven tijdens de boost fase van de lancering. Voor raketten met een doelafstand van 1000 km duurt die boost fase 70-100 seconden, voor een 3000 km raket 80-140 seconden. De SCUD raketten die in de Golfoorlog werden afgeschoten, hadden doelafstanden van ongeveer 650 km. De DSP satellieten hadden daarbij 60-90 seconden de tijd voor detectie.

Vanwege de mogelijkheid dat lange afstand ballistische raketten kunnen worden afgevuurd vanaf vijandelijk gebied, is het dus noodzakelijk dat de detectie tijdens de boost fase plaats vindt door middel van sensoren die daar in de buurt worden geplaatst. De sensoren moeten dus worden geplaatst boven het vijandelijk gebied (UAVs), in de ruimte (satellieten) of, indien mogelijk, op zee (AEGIS). De activiteiten van de tegenstander dienen in ieder geval continue te worden gadeslagen.

Onderschepping technologieën

Als de voortstuwing van de raket ophoudt, doordat de stuwstoffen zijn opgebruikt (behalve bij korte afstand raketten zoals SCUDs), vliegt de ballistische raket in de ruimte door vanwege de energie die het bij de voortstuwing heeft meegekregen. Dit wordt de middelste fase (*mid-course*) genoemd. Gedurende deze fase worden door sommige ballistische raketten namaak oorlogskoppen (*decoys*) uitgezet. In het geval van moderne ballistische raketten kunnen er ook meerdere, echte oorlogskoppen worden losgelaten. De onderschepping begint hier bij het onderscheiden van echte en namaak oorlogskoppen en het vernietigen van elke echte oorlogskop.

Oorlogskoppen die door ballistische raketten zijn losgelaten, keren recht boven het doelgebied in de atmosfeer terug. Als de luchtweerstand toeneemt, worden de oorlogskoppen heet en dalen de koppen onregelmatig vanwege variaties in de zwaartekracht en luchtweerstand. Deze fase, waarop de inslag volgt, wordt de eindfase (*terminal phase*) genoemd.

Onderschepping van een ballistische raket kan het beste gebeuren in de boost fase

Een selectie van afkortingen en begrippen die bij raketverdediging en alles wat daarbij hoort, worden gebruikt. [ribs SC&I]

ABL	Air Borne Laser
ABM	Anti Ballistic Missile [Verdrag]
ARROW	Israeli Air Defense Missile
BM/C ³ I	Battle Management/Command, Control, Communication & Intelligence
BMD	Ballistic Missile Defense
BSRBM	Battlefield Short Range Ballistic Missile
DSP	Defense Support Program [satellieten]
GPALS	Global Protection Against Limited Strikes
ICBM	Intercontinental Ballistic Missile
INF	Intermediate Nuclear Forces
IRBM	Intermediate Range Ballistic Missile
MAD	Mutual Assured Destruction
MEADS	Medium Extended Air Defense System
MIDAS	Missile Defense Alarm System
MIRV	Multiple Independently Targetable Re-entry Vehicle
MRBM	Medium Range Ballistic Missile
NAD	Navy Area Defense
NMD	National Missile Defense
NTWD	Navy Theater Wide Defense
OTH	Over The Horizon [Radar]
PAC-3	Patriot Advanced Capability [Derde generatie]
S-300 Series	Russische TMD systemen
SALT	Strategic Arms Limitation Talks
SBIRS	Space Based Infra Red System
SDI	Strategic Defense Initiative
SLBM	Submarine Launched Ballistic Missile
SRBM	Short Range Ballistic Missile
START	Strategic Arms Reduction Treaty
TBM	Theater Ballistic Missile [soms ook gebruikt voor Tactical Ballistic Missile]
THAAD	Theater High Altitude Area Defense
TMD	Theater Missile Defense
TMDI	Theater Missile Defense Initiative
UAV	Unmanned Aerial Vehicle

omdat daar de snelheid nog niet zo hoog is, nog niet zo'n grote hoogte is bereikt en de echte en namaak oorlogskoppen nog niet zijn losgelaten. De volgende beste onderscheppingkans is gedurende de middelste fase. Als ook hier de onderschepping niet plaats vindt, is de laatste kans gedurende de eindfase waarbij een *kill* absoluut noodzakelijk is.

Zelfs als de vijandelijke ballistische raket wordt vernietigd vóór de inslag, kan nog niet van een succesvolle verdediging worden gesproken als er schade ontstaat door de explosie van de oorlogskop of door fragmenten van de vernietiging. Ballistische raket-

ten kunnen immers massavernietigingwapens meevoeren waarvan de nucleaire, chemische of biologische resten alsnog schade kunnen toebrengen. Ofschoon dit soort wapens in de Golfoorlog niet werden gebruikt, kon tijdens de aanvallen met SCUDs niet worden vastgesteld óf dit het geval was. BMD moet er daarom altijd van uit gaan dat er met massavernietigingwapens wordt aangevallen tenzij men harde aanwijzingen heeft dat dit onmogelijk is.

Als er met massavernietigingwapens wordt aangevallen, is er geen universeel antwoord op de vraag welke de minimale hoogte is waarop de raket moet zijn vernietigd zodat

schade op de grond wordt voorkomen. Dat is afhankelijk van de soort en kracht van het wapen. Het is daarom beter de aanvallende raket zo ver mogelijk van het doelgebied te vernietigen. Bovendien wordt de schade op de grond aanzienlijk verminderd als de aanvallende raket in de ruimte wordt vernietigd. [De schade die het daardoor ontstane ruimtepuin voor de (bemande) ruimtevaart kan veroorzaken, wordt hierbij buiten beschouwing gelaten.] Zo beredeneerd is *upper tier* BMD, die onderscheppingen buiten de atmosfeer kan uitvoeren, essentieel voor een verdedigingsconcept tegen ballistische raketten.

De onderschepping van ballistische raketten vereist speciale oorlogskoppen voor de BMD raketten. Oorlogskoppen voor ballistische raketten zijn goed beschermd. Ze mogen immers niet exploderen bij de lancering of gedurende de versnelling in de boost fase, of verbranden bij terugkeer in de dampkring. Oorlogskoppen zijn dus gemaakt van zeer sterke materialen die mogelijk niet worden vernietigd door een nabije explosie van een hoogexplosieve oorlogskop. Daarom is er veel onderzoek gestoken in de ontwikkeling van kinetische oorlogskoppen. Deze oorlogskoppen worden van relatief zwaardere materialen gemaakt en vernietigen ballistische raketten door ze direct te raken (*hit to kill*).

Er bestaan echter ook zorgen over een mogelijke nucleaire explosie als een kinetische oorlogskop een nucleaire oorlogskop vol treft. Hierdoor kan grote schade ontstaan, zelfs als de onderschepping een succes is. In het algemeen zal bij een directe treffer het nucleaire materiaal echter geen kritisch punt bereiken. Dat komt omdat de klap de reeks natuurkundige gebeurtenissen, waarmee een nucleaire explosie wordt ingeleid, niet zal initialiseren. Dat neemt niet weg dat nucleair materiaal op een gegeven moment de aarde zal kunnen bereiken na vernietiging van een nucleaire oorlogskop. Ook is het mogelijk dat na vernietiging van een biologische of chemische oorlogskop, resten van dit materiaal nog effecten hebben als het op de aarde terecht komt.

Kinetische oorlogskoppen worden gebruikt voor de *upper tier* THAAD en NTWD systemen. Ook op PAC-3 en MEADS systemen

zullen dit soort koppen worden toegepast. NAD en bijvoorbeeld de Israëlische ARROW maken gebruik van conventionele hoogexplosieve oorlogskoppen.

Internationale aanvaardbaarheid van BMD

In de internationale pers hebben een aantal landen verklaard tegen BMD te zijn. Tot deze landen behoren onder meer China, Noord-Korea, Rusland, Frankrijk en Duitsland. Hun voornaamste reden is dat BMD systemen de strategische balans zullen verstoren en zullen leiden tot nieuwe bewapening. Hierbij treedt echter dé grote verwarring op. Men zegt BMD, maar bedoelt vaak NMD terwijl TMD gezien wordt als normale luchtverdediging. China en Noord-Korea hebben echter duidelijk gemaakt dat ze zowel tegen NMD als TMD zijn. Rusland is tegen NMD maar lijkt wat toleranter te zijn als het om TMD gaat. Frankrijk en Duitsland zijn alleen maar tegen NMD. Duidelijk is dat landen hun eigen agenda hanteren op dit gebied. Zonder op specifieke politieke drijfveren in te gaan en zonder te pretenderen volledig te zijn, wordt van een aantal landen reacties op TMD en NMD gegeven.

De reactie van Noord-Korea

Noord-Korea breidt zijn ballistische rakettenpotentieel uit. Het exporteert ballistische raketten voornamelijk om aan vreemde valuta te komen. Voor Noord-Korea is verdediging tegen ballistische raketten, of het nu TMD of NMD is, dus helemaal niet welkom. Als naburige landen TMD gaan toepassen zal de effectiviteit van de opgestelde ballistische raketten afnemen. Noord-Koreaanse ballistische raketten zullen hun belangrijkheid verliezen als ze onderschept kunnen worden als Zuid-Korea of Japan er mee aangevallen zou worden. Hetzelfde geldt voor NMD. Alhoewel Noord-Korea (nog) geen ballistische raketten heeft die het vaste land van de Verenigde Staten kunnen bereiken, is het wel met de ontwikkeling daarvan bezig. Als de VS een effectief werkend NMD zou installeren, is de ontwikkeling van zulke raketten tevergeefs, zelfs als Noord-Korea daarin zou slagen. Bovendien kan met ballistische raketten worden bedreigd in een politiek macht-

spel en kunnen diplomatieke onderhandelingen er mee onder druk worden gezet. Als de tegenstander er zich effectief tegen kan bewapenen, zijn die effecten stukken minder. Eveneens kan Noord-Korea op die manier belangrijke klanten als Iran en Pakistan kwijtraken.

De reactie van China

China heeft al ballistische raketten. ICBMs hebben deel uitgemaakt van de Chinese afschrikking sinds China de vijfde nucleaire macht werd. Deze nucleaire macht is echter inferieur ten opzichte van die van de Verenigde Staten en Rusland en is zeker niet in balans daarmee. China heeft slechts een beperkt aantal ballistische raketten met eenvoudige oorlogskoppen. De ene onderzeeboot met SLBM capaciteit stelt feitelijk weinig voor als een praktische tweede aanval capaciteit. China is bezorgd dat TMD en NMD haar nucleaire afschrikking zal neutraliseren. China claimt daarom dat bij invoering van TMD en NMD zij haar bewapening zal moeten opvoeren hetgeen tot een nieuwe bewapeningswedloop zal leiden. Bovendien, zo redeneert China, zal bij invoering van NMD China geheel zijn overgeleverd aan de Amerikaanse dreiging met nucleaire ballistische raketten. Als deze redenering juist zou zijn, zou China alleen maar tegen NMD behoeven te zijn. Dat zij echter ook tegen TMD is, ligt in de relatie China-Taiwan. Omdat Taiwan wordt beschouwd als een opstandige provincie van China, en China nooit heeft ontkend dat het mogelijk zou besluiten Taiwan met geweld weer onder Chinese controle te brengen, vormt een TMD voor Taiwan een onoverkomelijke barrière voor Chinese dreiging met ballistische raketten.

De reactie van Rusland

Rusland heeft zich zowel tegen NMD als TMD verklaard. De reden van Rusland om tegen NMD te zijn, is eigenlijk dezelfde als die China hanteert, het zeker stellen van de eigen afschrikking. De redenering van Rusland dat de nucleaire balans door het invoeren van NMD in gevaar wordt gebracht, is niet onlogisch. In tegenstelling tot China probeert Rusland, ondanks alle post Koude Oorlog problemen waarmee het land kampt, wel nucleair machtsevenwicht te handhaven tus-

sen de VS en Rusland. De Verenigde Staten claimen echter dat NMD niet is gericht tegen de duizenden ICBMs en SLBMs die Rusland bezit, maar tegen de enkele ballistische raket die expres of per ongeluk tegen het Amerikaanse grondgebied wordt afgevuurd. Het lijkt er op dat de Verenigde Staten en Rusland slechts een verschillende kijk hebben in hoeverre de invoering van NMD de strategische nucleaire balans zal verstoren. Voor wat betreft TMD lijkt Rusland een iets andere mening toegedaan dan met betrekking tot NMD. Rusland is van mening dat TMD een noodzakelijkheid is. Ze heeft tenslotte, zoals eerder beschreven, zelf ook TMD ontwikkeld. Bovendien hebben Rusland en de Verenigde Staten overeenstemming bereikt over

De onderscheppingraket die bij proefnemingen in het kader van raketverdediging wordt gebruikt, juist voordat de lancering plaatsvindt. [BMDO]



het feit dat TMD niet onder het ABM verdrag van 1972 valt en heeft Rusland aangeboden met de VS en Europa samen te werken in een gezamenlijke ontwikkeling van TMD. Niet vreemd hieraan is dat Rusland dezelfde dreiging beleeft als de Amerikanen, van ballistische raketten die expres of per ongeluk tegen het Russische grondgebied kunnen worden afgevuurd.

De reactie van Europa

Er zijn een aantal Europese landen die stelling hebben genomen tegen NMD. Frankrijk, Duitsland en een aantal andere landen zijn tegen NMD, echter in verschillende mate. De volgende voorbeeldredeneringen worden daarbij geuit. Als de Verenigde Staten NMD invoert en dus zelf geen ballistische raketten meer behoeft te vrezen, bestaat de mogelijkheid dat de VS een extreem standpunt gaat innemen tegen bijvoorbeeld intimidatie van Islamitisme, met als waarschijnlijk gevolg dat Europa het doel van die intimidatie wordt. Bovendien zijn Europese staten bang dat Rusland haar nucleaire macht zal gaan uitbreiden als antwoord op de introductie van NMD door de Verenigde Staten.

De reacties op TMD variëren waarbij een aantal landen zich passief opstelt en zich niet voor of tegen uitspreken. Omdat het INF (Intermediate Nuclear Forces) verdrag alle tactische nucleaire raketten met doelafstanden tussen 500 en 5500 km uit Europa heeft doen verdwijnen, vinden een aantal Europese landen dat TMD niet nodig is, terwijl anderen juist denken dat de invoering van TMD Rusland zal aansporen INF nieuw leven in te blazen.

Vanwege de proliferatie van ballistische raketten in de buurt van Europa (bijvoorbeeld Iran, Syrië en Libië) zijn een aantal Europese landen vóór TMD. Die beweging kan worden afgeleid uit de gezamenlijke ontwikkeling van MEADS door Duitsland en Italië in samenwerking met de Verenigde Staten en de grote interesse die Turkije daarvoor heeft. Als in de toekomst de doelafstanden van ballistische raketten in het Midden-Oosten verder zal toenemen, komt heel Europa binnen het bereik van ballistische raketten die in Islamitische landen staan opgesteld. Hierdoor zou de neiging

vóór TMD te zijn, alleen maar toe kunnen nemen.

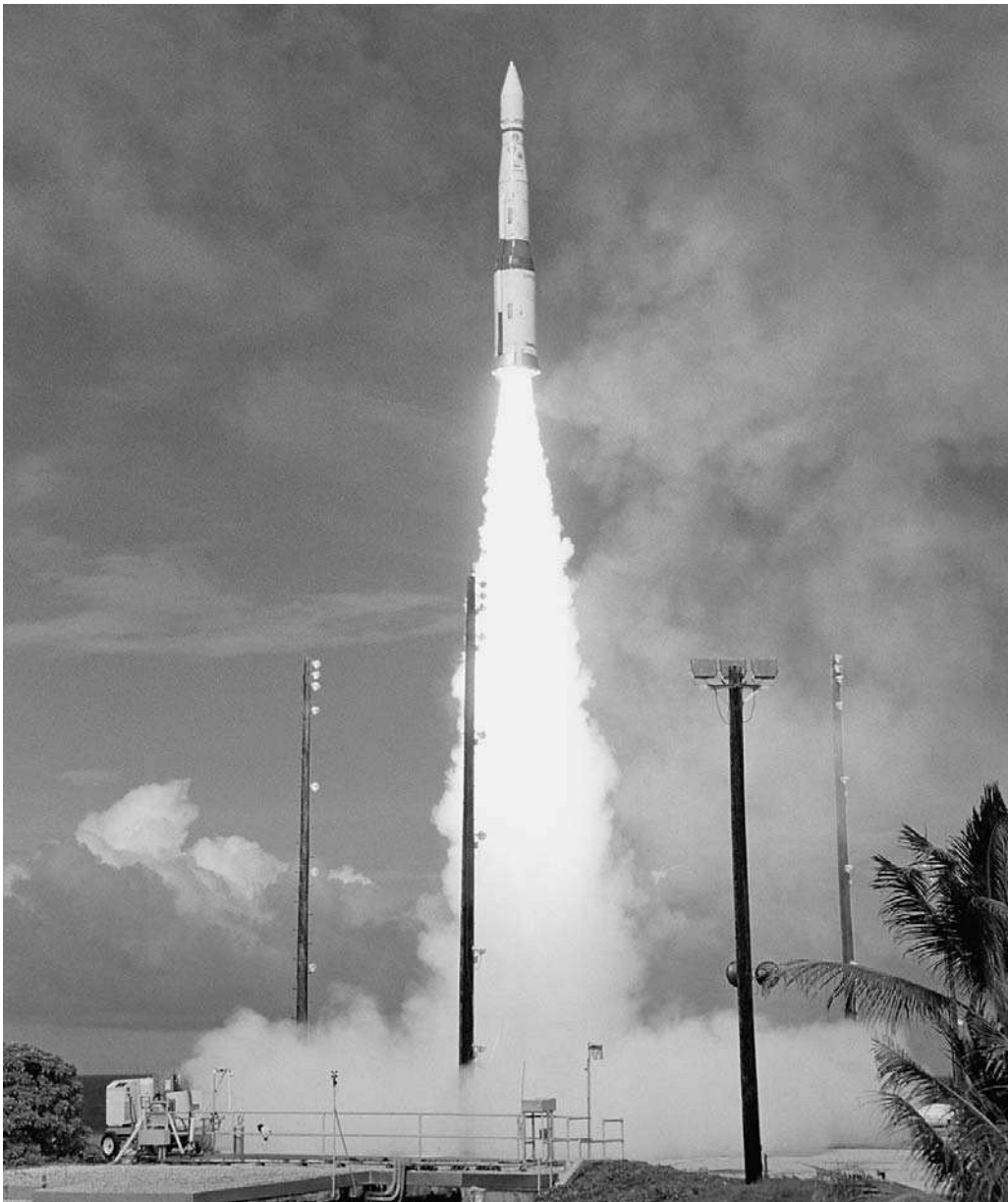
Conclusies

De capaciteit van (ballistische) raketten heeft zich door technologische innovatie snel ontwikkeld waardoor hun bereik en nauwkeurigheid werden vergroot. De Golfoorlog en de Kosovoconflicten lieten een massaal gebruik van verschillende typen van raketten zien en raketten worden nu beschouwd als hoogtechnische wapens die in moderne oorlogvoering onmisbaar zijn.

Ballistische raketten hebben langere doelafstanden dan andere wapens en zijn daarom bij uitstek geschikt voor preventieve aanvallen op militaire troepen of installaties. In een aantal gevallen kunnen deze raketten ook steden aanvallen. Ballistische raketten geven de bezitters de mogelijkheid doelen aan te vallen die niet of moeilijk met tanks of vliegtuigen zijn te bereiken. Daardoor zijn ballistische raketten eveneens een politiek cq. terroristisch wapen waarmee tegenstanders geïntimideerd kunnen worden.

Het ABM verdrag tussen de Verenigde Staten en de Sovjet Unie werd gesloten met als onderliggend doel het aantal ballistische raketten te beperken. Dit verdrag maakte de strategie van MAD mogelijk. Het ABM verdrag verzekerde namelijk het afschrikkingeffect van nucleaire raketten omdat het de verdediging daartegen verbood. Nucleaire wapenbeheersing via de MAD theorie bestaat zodoende nog steeds.

NMD en TMD verschillen op een aantal gebieden sterk van elkaar. Ten eerste verdedigen de twee systemen verschillende doel(gebied)en. NMD verdedigt het Amerikaanse grondgebied, TMD verdedigt Amerikaanse troepen in het buitenland en daarmee geallieerde troepen. Ten tweede is er het verschil in aanvalsdoelen. NMD is gericht op het detecteren en vervolgens vernietigen van lange afstand ballistische raketten, TMD op korte tot middellange afstand ballistische raketten. Ten derde is er het verschil in systeemsamenstelling. NMD is grond geplaatst met vaste radar stations



De lancering van de onderscheppingraket die bij proefnemingen in het kader van raketverdediging wordt gebruikt. [BMDO]

en raket sites. TMD komt zowel grond geplaatst als op schepen voor en is voornamelijk een verplaatsbaar systeem. Het vierde verschil is dat voor de benodigde technologie. De ontwikkeling van NMD vereist een veel hoger niveau van technologie dan TMD. Als laatste is er het verschil met betrekking tot wapenbeheersing. Onder het huidige ABM verdrag kan NMD niet worden uitgevoerd.

De vluchtkenmerken van ballistische raketten zijn de voornaamste oorzaak dat het erg moeilijk is ze te onderscheppen. Deze kenmerken, lange afstand, hoge snelheid en grote hoogte, leggen enorme beperkingen op aan een serie van processen bij het detecteren van de ballistische raket, het lan-

ceren van onderscheppingsraketten en het feitelijk vernietigen van de aanvallende raket.

Een aantal landen heeft verklaard tegen BMD te zijn. Tot deze landen behoren onder meer China, Noord-Korea, Rusland, Frankrijk en Duitsland. Hun voornaamste reden is dat BMD systemen de strategische balans zullen verstoren en zullen leiden tot nieuwe wapenning. Hierbij treedt echter vaak verwarring op. Men zegt BMD, maar bedoelt vaak NMD terwijl TMD gezien wordt als normale luchtverdediging. China en Noord-Korea hebben echter duidelijk gemaakt dat ze zowel tegen NMD als TMD zijn. Rusland is tegen NMD maar lijkt wat toleranter te zijn als het om TMD gaat. Europa is verdeeld; Frankrijk en Duitsland zijn alleen maar tegen NMD.

International Space University in Bremen

Ing. L. Aris, Ir. A. Vrieling en Ir. F. Wokke

Sinds 1988 organiseert de International Space University jaarlijks het Summer Session Program, een interdisciplinair, internationaal en intercultureel studieprogramma dat alle facetten van de ruimtevaart behandelt. Het studieprogramma duurt twee maanden en omvat o.a. een serie colleges, workshops, bezoeken aan industrie en instituten, individuele studieopdrachten en een gezamenlijk ontwerpproject. De (gast)docenten zijn over het algemeen werkzaam in hogere functies bij internationaal georiënteerde instituten of bedrijven en uit veel verschillende landen afkomstig. Ook de internationale groep studenten is veelal bij dergelijke organisaties werkzaam, meestal met enige jaren werkervaring, of bezig een universitaire studie of promotie af te ronden.

Het Summer Session Program (SSP) wordt ieder jaar op een andere plek in de wereld georganiseerd. Zo vond het in 1999 en 2000 respectievelijk plaats in Thailand en Chili (zie ook Ruimtevaart van december 1999 en februari 2001). De SSP 2001 was in Bremen, Duitsland en dus wat dichterbij huis. Het lokale gastinstituut in Bremen was het Zentrum für Angewandte Raumfahrttechnik und Mikrogravitation (ZARM), onderdeel van de Universität Bremen. Ook de lokale ruimtevaartindustrie, met name Astrium en OHB-System, leverde een actieve bijdrage aan het programma.

International Space University

De International Space University (ISU) werd in 1988 opgericht door drie studenten uit de Verenigde Staten: Peter Diamandis, Todd Hawley en Bob Richards. Hun doel was het creëren van een opleidingsinstituut dat postacademisch onderwijs met een interdisciplinair, internationaal en intercultureel karakter kan aanbieden aan ruimtevaart professionals uit de hele wereld. In eerste instantie is dit gerealiseerd door het opzetten van het SSP, dat de eerste keer in 1988 bij het Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Boston, de Verenigde Staten, plaats vond. Sindsdien is ieder jaar ergens in de wereld een SSP georganiseerd.

Het academisch programma van de ISU heeft zich ondertussen verder ontwikkeld en omvat naast het SSP nu ook een Master of Space Studies (MSS) programma. Dit is een inten-

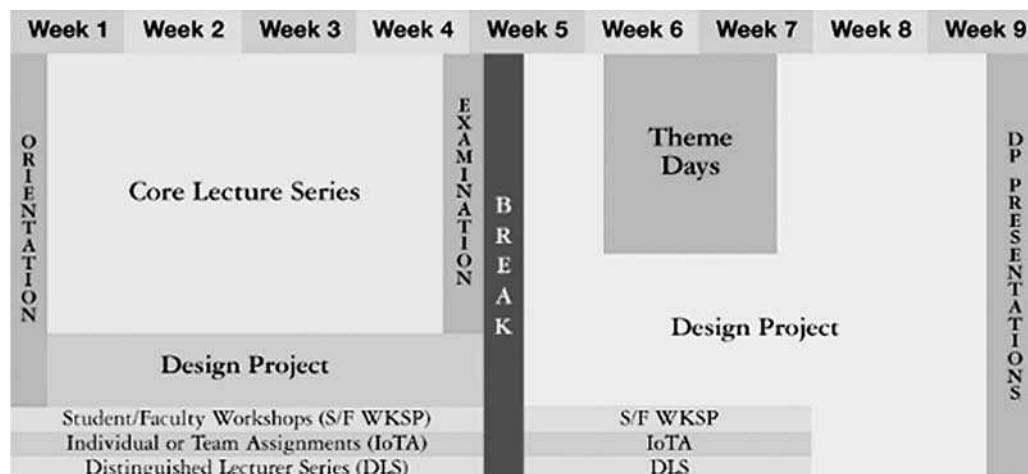
sief, postacademisch programma dat in elf maanden een brede opleiding in alle belangrijke aan de ruimtevaart gerelateerde disciplines biedt. Het MSS programma vindt sinds 1995 bij de centrale ISU campus in Straatsburg, Frankrijk plaats.

Sinds de oprichting functioneert de ISU als een internationaal netwerk met tegenwoordig de ISU campus in Straatsburg als centrum. Het netwerk omvat o.a. een twintigtal aan de ISU gelieerde instituten (*Affiliates*), de gastinstituten van eerdere SSP, de stafleden en (gast)docenten, en met name de nu al meer dan 1600 alumni. Dit netwerk komt onder andere tot uiting in de vele formele en informele samenkomsten die overal in de wereld worden georganiseerd.

Summer Session Program

Het SSP volgt al vele jaren hetzelfde stramien: de eerste helft van de studieperiode wordt met name gevuld met colleges en afgesloten met een examen, terwijl de tweede helft grotendeels is gewijd aan een ontwerpproject. Gedurende de gehele periode nemen de studenten ook deel aan activiteiten, zoals lezingen, workshops en bedrijfsbezoeken, die door een door hen zelf gekozen departement zijn georganiseerd. Verder worden alle nog overgebleven gaten in het rooster gevuld met lezingen, evenementen en excursies.

De colleges geven de studenten een gedegen ondergrond in alle disciplines die relevant



zijn voor ruimtevaartprogramma's, waarbij ook met name de verbanden tussen die disciplines duidelijk worden gemaakt. De colleges zijn in eerste instantie niet bedoeld voor specialisten, maar juist opgezet om een heterogeen academisch gevormd publiek een breed en helder inzicht in alle facetten van de ruimtevaart te geven. De diversiteit van de belichte onderwerpen betekent dan ook dat een grote hoeveelheid stof wordt behandeld. Deze serie colleges worden door alle studenten gevolgd en verzorgd door de medewerkers (docenten en assistenten) van de verschillende departementen. De focus van de negen departementen varieert van systeem analyse en ontwerp, levenswetenschappen, recht en beleid, management, en satelliet toepassingen, tot fundamenteel ruimteonderzoek. Iedere student kiest bij aanvang van de SSP ook een departement om zich verder op het door dit departement bestreken gebied te ontwikkelen. Het is hierbij dan ook niet de bedoeling dat er een departement gekozen wordt waarin de student al veel kennis heeft. Naast de algemene colleges verzorgen de verschillende departementen daartoe aanvullende lezingen, workshops en excursies, en voeren de studenten binnen hun departement een individuele of gezamenlijke opdracht uit.

Een van de pijlers van de SSP zijn de ontwerpprojecten waaraan alle studenten verplicht deelnemen. In Bremen kon er uit twee projecten gekozen worden: *Micro-spacecraft and Europe's Environment*, en *Commercialization of Space Stations*. Ondanks dat de studenten vrij waren in het kiezen tussen deze twee projecten, bleek de groep toch zo divers

dat er zonder kunstgrepen een goede verdeling over de projecten werd gerealiseerd. Daar deze projectomschrijvingen slechts als handvat dienden om de studenten de goede kant op te sturen, zijn deze onderwerpen uiteindelijk door de studenten vertaald naar de volgende rapport titels:

- *Concepts for Advanced Small Satellites to Improve Observation and Preservation of Europe's Environment (CASSIOPEE)*, en
- *Commercial Access and Space Habitation (CASH) 2021*.

In de volgende twee hoofdstukken worden beide projecten kort besproken.

CASSIOPEE

In mei 2001 publiceerde *Resources for the Future* (een in Washington gestationeerde sociaal-politieke denktank) een artikel waarin afgevraagd wordt of satellieten gebruikt zouden kunnen worden om de uitstoot van broeikasgassen te monitoren. De voornaamste broeikasgassen zijn koolstofdioxide, methaan, en distikstofoxide of lachgas. Huidige rapportering van broeikasgassen is gebaseerd op schattingen van koolstofinputs, emissiefactoren en statistische modellen. Daarom zijn nationale rapporteringen onderhevig aan aanzienlijke verschillen in verzameltechnieken en methodologie. Het artikel geeft aan dat dit resulteert in onbetrouwbare en onvergelijkbare gegevens. Ondanks de beslissing van de Verenigde Staten om het Kyoto Protocol niet te ondersteunen, is er grote interesse in betrouwbare nationale uitstootgegevens.

In september 2001 publiceerde een internationaal team van jonge professionals van de SSP2001 een rapport waarin gedetailleerd aangegeven wordt hoe microsattelieten gebruikt kunnen worden voor het monitoren van broeikasgassen in Europa. Het voorstel van het team gaat uit van een constellatie van drie microsattelieten in een zonsynchrone baan om de aarde. Op elke satelliet bevinden zich drie sensoren (gas filter correlatie radiometers) die gascellen gebruiken om de radiatie vanuit de atmosfeer van de drie belangrijkste broeikasgassen te meten (koolstofdioxide, methaan, en lachgas). Deze radiatie kan vervolgens met behulp van toegevoegde data (weer, klimaat, landgebruik) en modellen omgezet worden in broeikasgasconcentraties en uiteindelijk uitstoot. De satelliet constellatie kan voldoende data verzamelen om maandelijkse emissietotalen nauwkeurig te modelleren met een ruimtelijke resolutie van 15 bij 15 kilometer. Dit kan dan vervolgens resulteren in nauwkeurige jaarlijkse nationale emissietotalen, hetgeen van belang is voor het Kyoto Protocol. Hoewel de focus van het systeem allereerst op Europa is gericht, staat er niets in de weg om het uit te breiden naar de rest van de wereld.

Het satellietstelsel is ontworpen voor een levensduur van vier jaren. Het team gaat voornamelijk uit van een mogelijke lancering in 2006. Tot die tijd zal nog veel moeten gebeuren om de CASSIOPEE missie van de grond te krijgen. Echter, er zijn veel ontwikkelingen gaande waar deze missie bij aansluit. Ook geeft het team in hun rapport aan welke instituten van belang zijn voor de gegevensverwerking en de financiering van het project.

De methodologie voor het gebruik van satellietgegevens in modellen voor de uitstoot van broeikasgassen is op dit moment in ontwikkeling. Het COCO project (COmplete Carbon dioxide Observations), gecoördineerd door het Max-Planck Instituut voor Biogeochemie, gaat op dit onderwerp in. Het project zal in 2004 aflopen en de resultaten zullen sterk bijdragen aan het succes van de CASSIOPEE missie. Het Max-Planck Instituut voor Biogeochemie zal ook de algoritmen en modellen voor de CASSIOPEE missie ontwikkelen.

De volledige datastroom zal er als volgt uitzien: de grondstations van ESA zullen gebruikt worden om de ruwe data van de satellieten op te vangen. Vervolgens gaat deze ruwe data naar ESRIN (ESA's European Space Research Institute) waar de data verwerkt wordt tot een gekalibreerde radiatiewaarde voor elke waarneming. Deze radiatie data gaat vervolgens naar het ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) die de door het Max-Planck Instituut ontwikkelde modellen gebruikt om maandelijkse concentratie- en emissiegegevens af te leiden. Deze gegevens kunnen vervolgens gebruikt worden binnen nationale en Europese instituten, dan wel voor wetenschappelijke, of voor politieke doeleinden (Kyoto Protocol). Eveneens kunnen de gegevens op het internet gepubliceerd worden zodat het algemene publiek, alsmede scholen en universiteiten van de data gebruik kunnen maken.

De totale kosten van het project worden geschat op 40 M€, inclusief constructie, lancering en operatiekosten. Dit is weinig in vergelijking met de totale geschatte kosten van de implementatie van het Kyoto Protocol voor de Europese Unie, hetgeen ongeveer 3.700 M€ bedraagt. Er zijn verschillende mogelijkheden voor de financiering van dit project. Het Directoraat Generaal Onderzoek van de Europese Commissie is een goede mogelijkheid voor de financiering van de nodige modelontwikkeling. ESA lijkt de meest passende optie voor de financiering van de satellietontwikkeling en -operatie. In het bijzonder het ESA Earth Explorer programma lijkt erg geschikt. Andere potentiële alternatieven zijn echter ook aanwezig, zoals het ESA Earth Watch programma, of financiering via de Europese Commissie, of haar lidstaten.

De Europese Commissie en ESA zijn mogelijk geïnteresseerd in het project vanwege hun gezamenlijk initiatief dat genaamd is GMES (Global Monitoring for Environment and Security). Het initiatief wordt gesponsord door het Directoraat Generaal Onderzoek van de Europese Commissie en ESA. Het ondersteunt projecten die satelliet technologie gebruiken om aardobservatie te verbeteren, en in het bijzonder de implementatie

van het Kyoto Protocol helpen bewerkstelligen.

Dat het werk van het CASSIOPEE team niet slechts een cursus oefening is geweest, blijkt uit het feit dat het gastinstituut van de SSP 2001, ZARM, te kennen heeft gegeven dat zij de coördinatie van dit project op zich wil nemen. Het CASSIOPEE project is gepresenteerd op het jaarlijkse congres van de International Astronautical Federation (IAF) gehouden in Toulouse, Frankrijk van 1-5 oktober 2001.

Commercial Access and Space Habitation 2021

Gezien de toenemende behoefte vanuit de nationale en internationale politiek om ruimtevaartactiviteiten te commercialiseren, heeft het tweede ontwerpproject tot doel commerciële mogelijkheden voor het gebruik van de ruimte die zich de komende twintig jaren voor kunnen doen, te identificeren, waarbij het uitbreiden van de menselijke aanwezigheid in de ruimte voorop staat. Hierbij wordt commercialisatie gezien als het op de kortere termijn inzetten van publieke en private middelen om op de langere termijn levensvatbare commerciële industrieën te creëren.

Op basis van een analyse die werd uitgevoerd door het ontwerpteam, van geselecteerde, potentieel levensvatbare bedrijfstakken zoals toerisme, amusement, dienstverlening aan ruimtesystemen, onderzoek, ontwikkeling en productie is een toekomstvisie voor het jaar 2021 geïdentificeerd. Hierbij is uitgegaan



Valtoren van het Zentrum für Angewandte Raumfahrt-technik und Mikrogravitation. [ZARM]

van de door futurologen gehanteerde *preferred future scenario* methodiek. Zo'n scenario beschrijft een mogelijke toekomst, waarbij is uitgegaan van een optimistische kijk op de ontwikkeling van de ruimtevaart. Het speelveld werd gedefinieerd door een aantal onderbouwde aannames over toekomstige ontwikkelingen op het gebied van de ruimtevaarttechnologie, de wereldeconomie, de geopolitiek en de sociale omstandigheden.

Na het ontwikkelen van het geprefereerde toekomstscenario voor het jaar 2021, is uitgestippeld hoe deze visie werkelijkheid zou kunnen worden, uitgaande van de huidige situatie. Daartoe is een gedetailleerd stappenplan ontwikkeld waarin zowel de activiteiten die door de internationale gemeenschap ondernomen moeten worden, als de daarmee samenhangende commerciële activiteiten, zijn uitgewerkt. Omdat dit stappenplan gebaseerd is op een aantal belangrijke aannames, is ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd en is bekeken in hoeverre de risico's verbonden aan mogelijk foute aannames beperkt kunnen worden. Uit dit werk zijn een aantal aanbevelingen naar voren gekomen, waarvan de twee volgende de belangrijkste zijn.

Aanbevelingen

De huidige verzameling nationale en internationale wetten, verdragen en overeenkomsten die het gebruik van de ruimte en de daar aanwezige natuurlijke hulpbronnen regelen, zijn niet gericht op het creëren van een situatie waarin commerciële initiatieven eenvoudig kunnen worden ontplooid. Ze zijn gericht op de onderlinge verhoudingen tussen staten en niet die tussen commerciële partijen. Een voortschrijdende coördinatie en harmonisatie van nationale en internationale wetgeving inzake het commerciële gebruik van de ruimte, zou de basis kunnen zijn van een striktere International Space Law, in het bijzonder gericht op het vastleggen van eigendomsrechten in de ruimte, het toekennen van licenties voor het gebruik van schaarse middelen in de ruimte, en ook het beheren en beperken van ruimtepuin. Dit kan bijvoorbeeld worden bereikt door het opzetten van een International Space Authority die verantwoordelijk is voor het introduceren van een geharmoniseerd juridisch kader voor com-

merciële ruimtevaartactiviteiten, het verzorgen van relevante certificatie en standaardisatie, het beschermen van intellectueel eigendom, en het bevorderen van de veiligheid.

De grootste horde die iedere ruimtevaartonderneming moet nemen, zijn de kosten die verbonden zijn aan het in de ruimte brengen van hun systemen. Deze grote investeringen - die gemaakt moeten worden ver voor de systemen geld op kunnen leveren - zijn een enorm risico. Het kan ervoor zorgen dat ondernemingen te gronde gaan nog voordat ze daadwerkelijk de markt op zijn gegaan (denk aan Iridium). Het is vandaag de dag haalbaar om de kosten van transport naar de ruimte drastisch te verlagen. Door technologische vernieuwingen, maar voor een belangrijk deel ook door het behalen van *economies of scale*. Deze kostenreducties zijn echter alleen haalbaar als de vraag naar dergelijk transport flink toeneemt. Op dit moment is de markt voor lanceringen niet groot genoeg om de voor dergelijke transportinfrastructuur benodigde investeringen te rechtvaardigen. Om dit kip-en-ei probleem op te lossen moet het investeringsrisico voor bedrijven worden geminimaliseerd. Een aanzet hiertoe zou kunnen zijn het opzetten van gezamenlijke projecten tussen overheden en industrie met als primair doel het verlagen van de transportkosten. Ook het beperken van de fiscale belasting op ruimtevaartactiviteiten kan een bijdrage leveren.

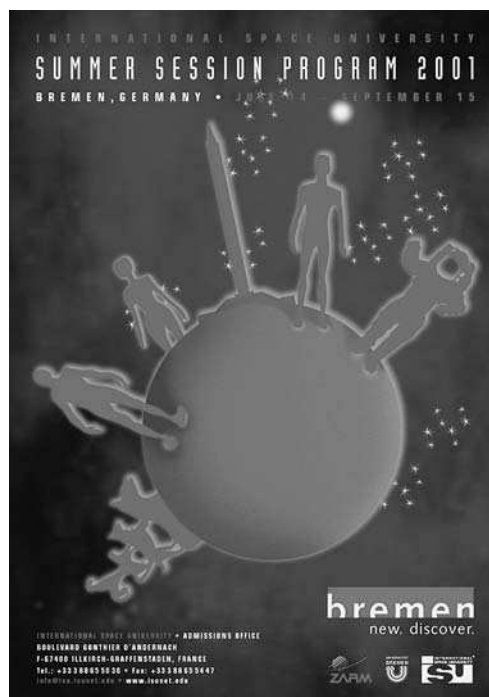
Al met al heeft dit project geresulteerd in een uniek rapport dat een brede en geïntegreerde visie op de toekomst van de commerciële, bemande ruimtevaart presenteert. Het reflecteert het optimisme en de diversiteit van de internationale groep van vijftig auteurs.

Bremen

Dat het SSP2001 in Bremen is neergestreken is natuurlijk geen toeval. Bremen heeft een lange historie op het gebied van de (lucht- en) ruimtevaart en heeft een aantal belangrijke internationale spelers binnen de gemeentegrenzen. Het lokale gastinstituut van het SSP2001 was het Zentrum für Angewandte Raumfahrttechnik und Mikrogravi-

tation (ZARM). Het instituut ZARM vormt met haar 146 meter hoge valtoeren een bijzonder element in het Bremer landschap. In deze valtoeren kunnen experimenten worden uitgevoerd onder gesimuleerde gewichtloosheid door ze in een capsule te laten vallen door een vacuüm. De val van de experimenteelcapsule, die van de top van de toren tot het maaiveld slechts 4,6 seconden duurt, geeft voldoende tijd voor experimenten en onderzoeksprojecten die anders alleen in de ruimte mogelijk zouden zijn.

Ook de Bremer ruimtevaartindustrie, met name Astrium en OHB-System, spelen een belangrijke rol in de internationale ruimtevaart. Astrium is een van de twee grootste industriële spelers op ruimtevaartgebied in Europa en producent van systemen voor aardobservatie, wetenschap, telecommunicatie, navigatie, bemande ruimtevaart en lanceervoertuigen. Astrium is bijvoorbeeld de hoofdaannemer van de Columbus module voor het International Space Station en levert belangrijke delen van de Europese Ariane raketten. OHB-System is een middelgroot bedrijf met vertakkingen in Duitsland, Italië en Rusland. Het is met name actief in de ruimte-, milieu- en telecommunicatietechnologie en opereert het eerste Duitse private satelliet telecommunicatie systeem. De ongeveer 150 hoogopgeleide medewerkers richten zich met name op kleine satellieten voor



Aankondiging van het Summer Session Program. [ISU]

wetenschap, telecommunicatie en aardobservatie; faciliteiten voor microzwaartekracht-experimenten, *re-entry technology*, lanceerdiensten en grondsystemen.

Pomona

Het derde lustrum van het ISU SSP zal gevierd worden in de Verenigde Staten. Om precies te zijn bij het College of Engineering van de California State Polytechnic University in Pomona van 29 juni t/m 31 augustus 2002. Een belangrijke bijdrage aan het programma zal worden verzorgd door NASA's Jet Propulsion Laboratory (JPL), onder andere bekend van de Voyager satellieten en de Mars Pathfinder missie. Ook lokale bedrijven als SeaLaunch en Boeing

Satellite Systems zullen een belangrijke rol in het programma spelen.

Het ISU Nederland Fonds sponsort ieder jaar de deelname aan het SSP van een aantal jonge professionals die actief (willen) zijn in de Nederlandse ruimtevaart. Voor de SSP 2001 waren dat de auteurs van dit artikel, ing. Lodewijk Aris, ir. Anton Vrieling en ir. Frank Wokke, respectievelijk werkzaam bij Fokker Space, Wageningen Universiteit en het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium. Ook voor de SSP2002 zijn alweer een drietal kandidaten geselecteerd. Aanvragen voor de SSP2003 dienen voor het einde van 2002 te zijn ingediend bij het fonds. Meer informatie over het ISU Nederland Fonds is te verkrijgen via het NIVR in Delft.

Dit beeld is het meest gedetailleerde beeld van de aarde dat bestaat. Gebruik makend van een groot aantal beelden van de aarde die door satellieten zijn gemaakt, hebben wetenschappers en visualizers maanden van observaties van landoppervlak, oceanen, zee-ijs en wolken samengevoegd in een naadloze mozaïek van elke vierkante kilometer van de aarde, [NASA]

