

REQUIM voor een **RUIMTESTATION**

ERGENS ROND 2020 KRIJGT HET ISS ZIJN 'DE-ORBIT'

Vijftien jaar en 80 miljard euro kostte de bouw van het ISS. Nu het af is, wordt voorzichtig vooruitgekeken naar het einde van het ruimtestation. Hoe en wanneer dat precies 'uit de lucht' zal vallen, is nog niet zeker. Maar één ding staat wel vast: het wordt een machtig vuurwerk. TEKST: SANDER KOENEN • FOTO'S NASA/ESA



Wat omhooggaat, komt ooit weer naar beneden. Dat geldt voor een tennisbal, voor een met een katapult afgeschoten steen en ook voor het International Space Station. Want zelfs in de nabije ruimte, waar alles ogenschijnlijk ontspannen rondzweeft, ontsnap je niet aan de wetten van de zwaartekracht. Al vijftien jaar lang speelt het ruimtestation een wedstrijd met de aantrekkingskracht van de aarde en al vijftien jaar is de stand 0-0. Maar eens kantelt de wedstrijd in het voordeel van de aarde, omdat die er niets voor hoeft te doen om zwaar te zijn en het wél veel moeite kost om het ISS 'in de lucht' te houden. En ook veel geld trouwens: 3 miljard euro per jaar. Wanneer het ISS precies richting aarde komt, is nog niet bekend. Bernardo Patti, bij de ESA pro-

grammamanager voor het ISS, vindt dat niet zo vreemd, omdat het ruimtestation eigenlijk pas net klaar is: "Tijdens een communicatiepraatje is toch ook niet over een begrafenis? We zullen heus niet plots op een dag denken: nu gaan we het maar eens doen. De komende jaren onderzoekt de NASA wat de beste strategie is, samen met de Russen. Zoals het er nu uitziet, wordt het ergens rond 2020."

Keihard remmen
Verschillende scenario's zijn de afgelopen decennia over tafel gegaan. In de jaren zeventig was het idee om het Amerikaanse deel van het ruimtestation ongeschonden terug te halen met niet minder

ruimtevaartuigen het makkelijkst is om te bouwen tot 'rem' voor het ruimtestation: het Russische vrachtschip Progress of het Europese ATV. Het volgetankte vrachtschip koppelt zich vast aan de voorkant van het ISS en remt het met zijn motoren zo lang en zo hard mogelijk af. Daardoor duikt het complex de dampkring in, waarna het grotendeels verbrandt door de extreme wrijvingswarmte. Brokstukken die aan de natuurlijke verbrandingsoven ontsnappen, storten neer in de Grote Oceaan. De landingsplek van de restjes is wat de NASA zorgen baart. Niemand wil een herhaling van 1 februari 2003, toen het ruimteveer Columbia vanwege een gat in

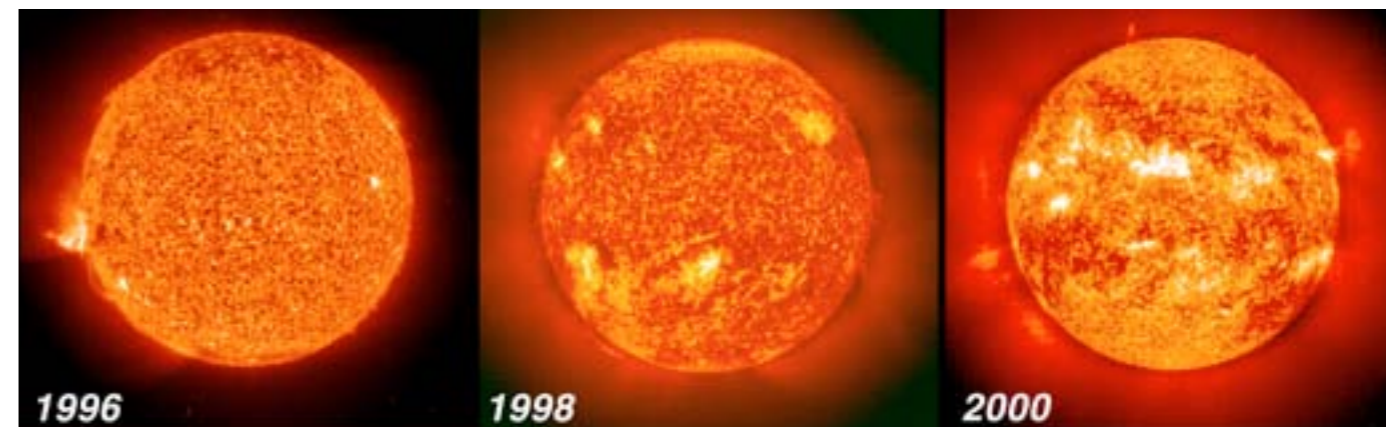
De Amerikanen hebben nog weinig ervaring met het 'neerhalen' van ruimtestations



Het Europese Automated Transfer Vehicle (boven) of het Russische vrachtschip Progress (onder) moeten het ISS tijdens de *de-orbit* afremmen, zodat het station terugvalt naar de aarde.

dan 27 spaceshuttlemissies. Leuk voor musea die de hardware maar wat graag wilden hebben. Eind jaren negentig was er sprake van een speciaal door de NASA ontwikkeld voertuig dat de terugreis van het ISS zou begeleiden. Maar ook dat plan werd ingehaald door de financiële realiteit. Op dit moment onderzoeken ingenieurs welke van de bestaande

het hiteschild boven land ontplofte en 40.000 brokstukken op de staten Texas en Louisiana neerregenden. Of ruim 25 jaar eerder, in 1978, toen de satelliet Kosmos 954 ongecontroleerd de dampkring in zeilde met aan boord een nucleaire energiebron. De brokstukken werden verspreid over een gebied in Noordwest-Canada ter grootte van Oostenrijk.



DE ZON ALS REM

Wanneer cremeer je een ruimtestation? De NASA, Roskosmos en de andere ISS-partners broeden nog op een antwoord. De uitkomst heeft vooral te maken met budgetten en politiek, denkt Eelco Doornbos van de TU Delft. Toch zijn er ook andere factoren die je kunt laten meewegen, zoals de activiteit van de zon. Gemiddeld om de elf jaar beleeft onze ster een periode van verhoogde activiteit: het zonnemaximum. In de hoogste lagen van de dampkring (de thermosfeer) warmt de lucht dan op van gemiddeld 700 naar wel 1500 graden Celsius. Hierdoor reiken luchtdeeltjes veel verder het heelal in dan tijdens een zonneminimum. De gevolgen voor de baan van satellieten zijn groot. Tijdens het vorige zonnemaximum, in 2000 en 2001, verloor het ISS

gemiddeld 400 meter hoogte per dag. Vier jaar later was het natuurlijk verval nog maar 80 meter per dag. Hoe meer de natuur het ISS afremt tijdens de *de-orbit*-procedure, hoe minder brandstof het kost en dus hoe goedkoper de missie. Aan de andere kant: tijdens een zonnemaximum is het 'ruimtereis' veel onstuimiger dan tijdens een minimum. Grote fluctuaties in zonneactiviteit maken het lastig om het precieze verval van het ISS en dus zijn baan te voorspellen. Mocht de NASA toch gebruik willen maken van een zonnemaximum bij het naar beneden halen van het ISS, dan moet er worden gewacht tot 2024. Dan vindt namelijk de volgende piek in de elfjarige zonnecyclus plaats - de huidige is nu bezig.

Hoewel beide incidenten zich in dunbevolkte streken afspeelden, is het een klein wonder dat niemand gewond raakte. In de hele geschiedenis van de ruimtevaart werd sowieso maar één mens rechtstreeks geraakt door een stuk ruimtepuin. Lottie Williams liep in 1997 nietsvermoedend door een park in Tulsa (Oklahoma) toen haar schouder werd aangetikt door een fragment van een Delta II-raket die een jaar eerder een luchtmachtsatelliet had gelanceerd. Williams kwam met de schrik vrij. Van slachtoffers door een indirecte impact is ook maar één geval bekend: in 1969 raakten vijf Japanse matrozen gewond toen overblijfselen van een Russisch ruimtevaartuig op hun schip terecht kwamen.

Huzarenstukjes

De Amerikanen hebben weinig ervaring met wat in ruimtevaartjargon een *de-orbit* heet, oftewel het 'neerhalen' van ruimtestations. Vóór het ISS hadden ze welgeteld één ruimtestation: het in 1973 gelanceerde Skylab. Deze omgebouwde Saturnus V-rakettrap moest acht jaar meegaan, maar raakte onbestuurbaar en zakte in vijf jaar tijd naar een steeds lagere baan om de aarde. "Om het station

snel af te remmen en in een gecontroleerde baan te laten neerstorten, was veel te weinig brandstof aan boord", zegt Heiner Klinkrad, hoofd van ESA's Space Debris Office. "Het enige wat de NASA kon doen, was afwachten en helemaal aan het eind met de standregeling spelen. Toen Skylab boven Amerika de dampkring in dreigde te komen, liet de vluchtleiding het station tuimelen, waardoor de luchtweerstand afnam en het vluchtpad langer werd. Het grootste deel van Skylab brandde op boven de oceaan. Een deel kwam in stukken terecht op West-Australië."

Hoe het wel moet, weten de Russen. Zij brachten zeven Saljoet-ruimtestations terug uit de ruimte, waarvan alleen het laatste in Chili sporen achterliet op land. En ook de *de-orbit* van het legendarische ruimtestation Mir was een huzarenstukje. Op 21 maart 2001 staakte Mir zijn gevecht met de zwaartekracht en trok precies volgens plan een bescheiden brokenspoot van 1500 bij 100 kilometer in de Grote Oceaan. Op die plek zal ook het ISS zijn laatste rustplaats vinden, vertelt Eelco Doornbos, universitair docent astrodynamica en satelliet-

missies aan de TU Delft. "De Grote Oceaan is het meest uitgestrekte, dunbevolkte gebied ter wereld. De vluchtleiders zullen de laatste baan van het ruimtestation zo plannen dat de eilanden van Frans-Polynesië en Fiji een puinregen bespaard blijft. Schepen en vliegtuigen worden ruim van tevoren ingeseind waar ze op die dag beter niet kunnen varen en vliegen." ▶



Mac Powell zag dit stuk hiteschild van de spaceshuttle Columbia op zijn ranch in Texas terecht komen. De kans dat iemand overlijdt door een inslaand stuk ruimtepuin wordt geschat op één op vijf miljard.

COUNTDOWN NAAR HET EINDE

Knappe koppen bij de NASA denken al decennia na over de laatste rondjes die het International Space Station om de aarde zal draaien. Als zich geen noodgevallen voordoen, is het scenario als volgt:

5 jaar voor de-orbit

De ISS-partners stellen de randvoorwaarden vast voor een veilige *de-orbit*. De kans op gewonden moet minder zijn dan 0,01 procent. Het meest geschikte voertuig wordt geselecteerd en (om)gebouwd. Ondertussen brengt de afdeling planning het laatste levensjaar van het ISS minutieus in kaart.

1 jaar voor de-orbit

Ergens in het laatste jaar doet de bemanning voorgoed het licht uit aan boord, maar een aantal computers draait gewoon door, zodat het ISS vanaf de grond bestuurbaar blijft. Het remvoertuig wordt aangekoppeld en het ISS volgtankt met brandstof voor koerscorrecties. Het station duikt elke dag een paar honderd meter naar beneden. In deze fase doen de Amerikanen en Russen schietgebedjes. Cruciale hardware – zoals de gyroscoepen voor de standregeling, de zonnepanelen en de stuwmotoren – mag het niet voortijdig begeven. Want dan kan het ISS in een ongecontroleerde tuimeling terecht komen, waarna resten te pletter vallen op bewoonde gebieden.

4 dagen voor de-orbit

De hoogte van het ISS is op het laagste punt van zijn baan om de aarde gezakt tot maximaal 270 kilometer. Met kleine remmotoren wordt de hoogte voorzichtig verder teruggebracht. Deze fase kost ongeveer 6000 kilo brandstof en eindigt op het laagste punt waarop het ISS nog met goed fatsoen te besturen is: 130 kilometer hoog.

1,5 uur voor de-orbit

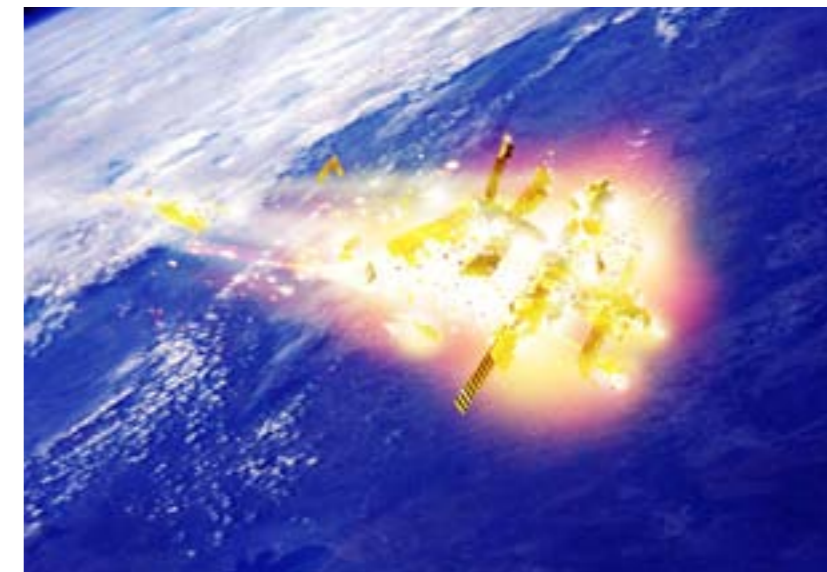
De dag des oordeels. In één adem verbranden de motoren van het remvoertuig bijna 2000 kilo brandstof. Met deze remactie stuurt het ruimtestation zichzelf zo steil mogelijk de dampkring in. Dit is een risicovol moment, omdat het ruimtestation heen en weer kan gaan 'dansen'. Hoe heviger de dans, hoe groter het aantal brokstukken waarin het ISS uit elkaar spat, en hoe groter het brokkenspoor.

45 minuten voor de-orbit

Bij de kamikazevlucht vanaf 100 kilometer hoogte naar beneden komt zoveel wrijvingswarmte kijken dat het station van buiten naar binnen smelt. De meest robuuste delen, zoals brandstoftanks, luiken en drukwanden van roestvrij staal en titanium, blijven over. Cameramensen registreren vanaf een veilige afstand hoe een regen van gloeiend puin zich uitstort over een deel van de Grote Oceaan. Dertig jaar ruimtevaartgeschiedenis vindt zo een zeemansgraf.



Na de *de-orbit* blijft er van het tachtig miljard euro kostende ruimtestation ISS geen spoor over. Wat rest is de ervaring van een paar honderd astronauten met een langdurig verblijf in de ruimte. *Next stop*: de maan en Mars.



Zo moet de *de-orbit* van het legendarische Russische ruimtestation Mir er ongeveer hebben uitgezien. Na vijftien jaar vond het station zijn graf in de Grote Oceaan.



Vanuit het ISS kijken André Kuipers en zijn Expeditie-31 collega's naar de lancering van het vrachtschip Dragon. Als Kuipers één stuk hardware kon terughalen, dan zou dat het paneel zijn waarmee hij de Dragon aankoppelde.

Doornbos deed onderzoek naar de variaties van luchtdichtheid in de atmosfeer en de invloed die zij hebben op satellietbanen. Daarom weet hij precies wat het ISS op zijn sterfbed te wachten staat. Nadat de laatste bemanning het ruimtestation heeft verlaten, zakt het eerst een paar maanden uit zichzelf terug naar de aarde. Dat komt doordat er zelfs op 400 kilometer hoogte lucht moleculen zijn die voor weerstand zorgen. In deze periode van natuurlijk verval moet de vluchtleiding de omloopsnelheid van het ISS heel nauwkeurig meten met radars en telescopen. Op basis daarvan wordt de uiteindelijke genadeklap berekend: de *de-orbit burn* die het ruimtestation ongeveer drie kwartier zo hard mogelijk afremt en zo steil mogelijk de

dikke dampkring instuurt. Op 100 kilometer boven het aardoppervlak verdwijnt het ISS in een grote vuurbal, waarna het in meerdere lichtsporen uit elkaar spat. Een paar minuten nagelbijten later is alles voorbij.

Bodemloze put?

Astronaut André Kuipers kijkt met veel plezier terug op de bijna 200 dagen die hij in het ISS mocht logeren. Of hij een traan zal laten bij het einde van het ruimtestation? Nee, waarschijnlijk niet. "Natuurlijk wordt het een bijzonder moment en ik zal er vast wel iets bij voelen. Daar gaat mijn slaapplek, denk ik dan, als ik de beelden op televisie zie. Maar je weet dat het ISS iets tijdelijks is. Het is een van de stappen die we

moeten zetten in de verovering van het heelal."

Aan boord van het ruimtestation bevinden zich geen spullen meer van de Nederlander. Zijn T-shirts, slaapzak en andere kampeerartikelen zijn al eerder met voorraadschip en al verbrand in de dampkring. Als hij de kans zou krijgen om één stuk hardware van de ondergang te redden, dan zou dat het Robotics Work Station zijn, een console waarmee hij het onbemande vrachtschip Dragon binnenhaalde. "De koppeling van de Dragon was het hoogtepunt van mijn tweede ruimtemissie – en van mijn hele carrière. Het zou leuk zijn als die console ergens in een museum terecht komt." Helaas. Overblijfselen van het ruimtestation raken onherkenbaar

verminkt en belanden niet in musea, maar in de Grote Oceaan. Wat rest is de erfenis die het ISS achterlaat voor de ruimtevaart en voor de mensheid. Criticasters zullen zeggen dat die erfenis nauwelijks de moeite waard is. Ooit door de NASA bedacht als reisdoel voor de spaceshuttle – en ook een beetje om de Russen van de straat te houden na de maanrace van de jaren zeventig – werd het ISS volgens hen vooral een bodemloze put waar veel geld in verdween en waar niets van wetenschappelijke waarde uitkwam.

Maar ruimtevaartliefhebbers en -organisaties zullen benadrukken dat het ISS ons heeft geleerd voor langere perioden in de ruimte te overleven, een vaardigheid die van pas komt bij de volgende stappen in de bemande ruimtevaart: een basis op de maan en een reis naar Mars.

Vredessymbool

Voor Kuipers is er een derde belangrijke nalatenschap. Hij wijst op het internationale karakter van het ISS-programma: "Vergeet niet dat het ruimtestation is bedacht,

ontwikkeld, gebouwd en nu wordt onderhouden door bijna twintig landen. Een deel van die landen stond elkaar nog niet zo heel lang geleden naar het leven tijdens de Tweede Wereldoorlog en de Koude Oorlog. Als Rusland, Amerika, Japan, Frankrijk, Duitsland en al die andere landen zo zichtbaar met elkaar samenwerken in de ruimte, wordt de kans kleiner dat ze hier op aarde de wapens oppakken. Vorig jaar ging de Nobelprijs voor de vrede naar de Europese Unie. Van mij zou het ISS die prijs dit jaar mogen krijgen." ◀

Ga voor links met meer informatie naar www.kijkmagazine.nl/artikel/einde-iss

Sander Koenen is journalist en fotograaf. Vorig jaar verscheen van zijn hand de André Kuipers-biografie *Droomvlucht*. Voor dit artikel sprak hij behalve met de astronaut ook met universitair docent astrodynamica en satellietmissies dr. Eelco Doornbos (TU Delft), programmamanager van het ISS dr. Bernardo Patti (ESA) en dr. Heiner Klinkrad (hoofd van ESA's Space Debris Office).