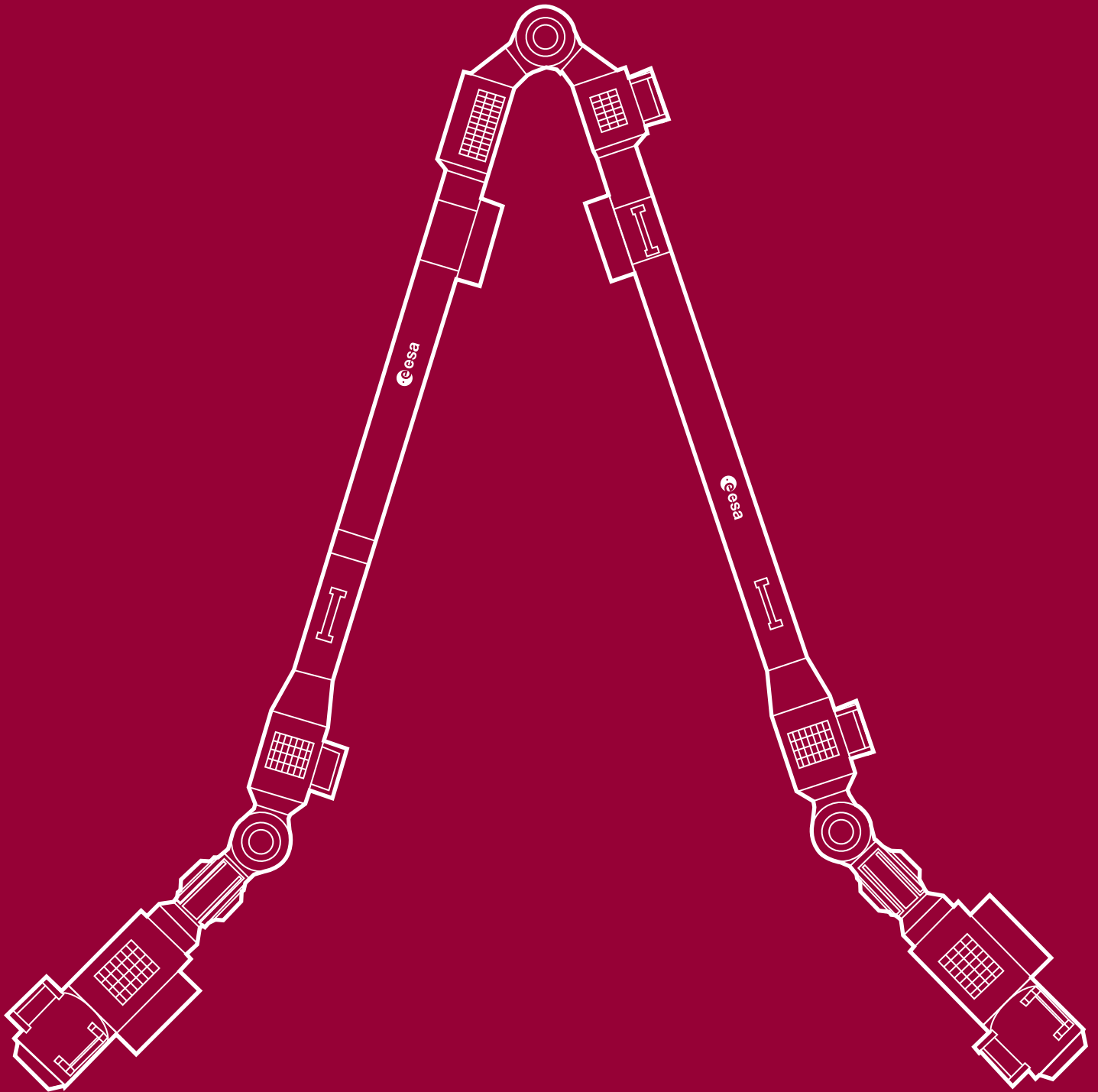
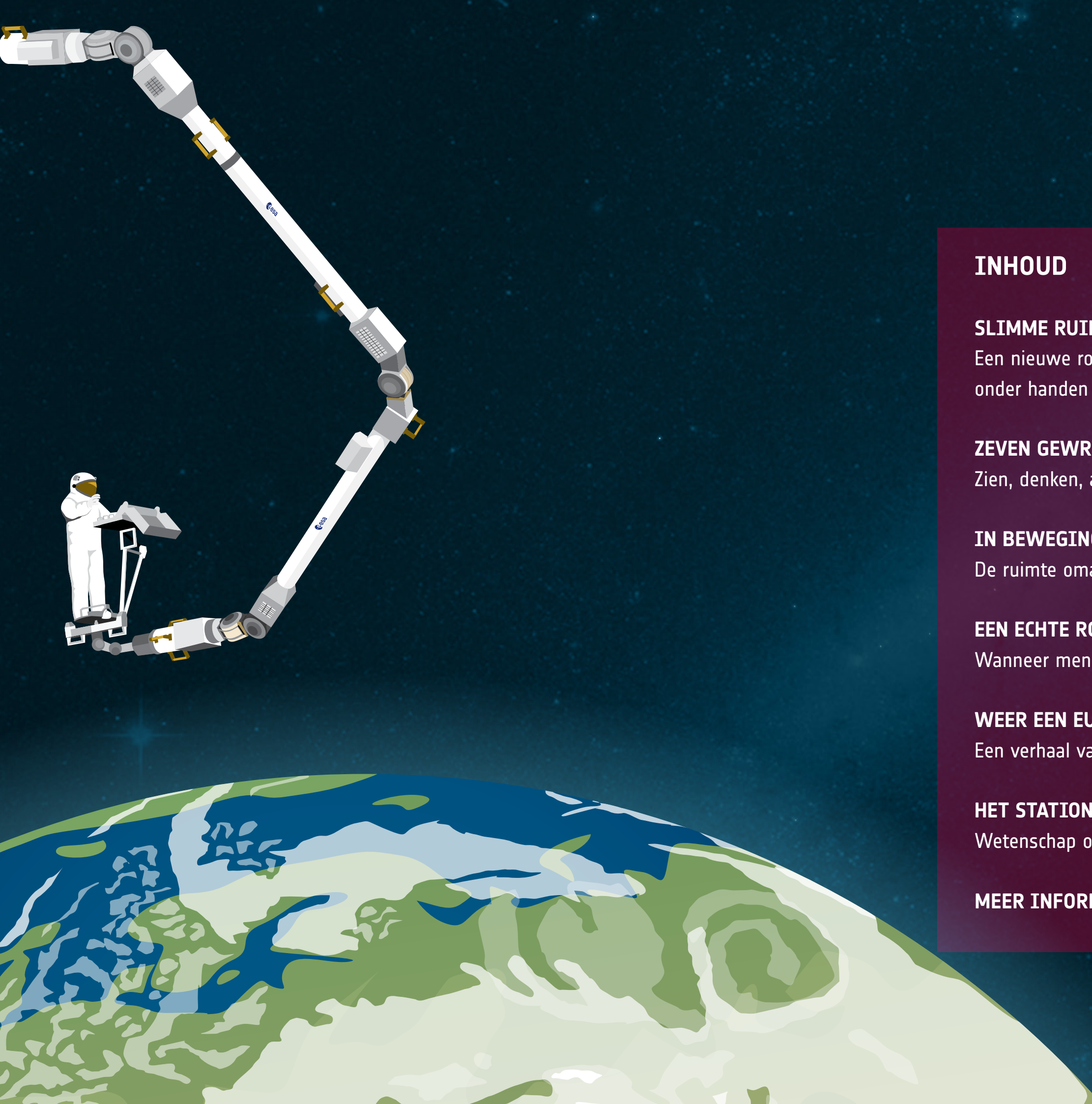




**european robotic arm**

**DE NIEUWSTE UPGRADE VAN HET  
INTERNATIONALE RUIMTESTATION**



## INHOUD

### **SLIMME RUIMTEWANDELAAR ..... 4**

Een nieuwe robot om het ruimtestation  
onder handen te nemen

### **ZEVEN GEWRICHTEN OM MEE TE WERKEN ..... 8**

Zien, denken, aanraken

### **IN BEWEGING ..... 11**

De ruimte omarmen

### **EEN ECHTE ROBOT ..... 16**

Wanneer mensen en machines samenwerken

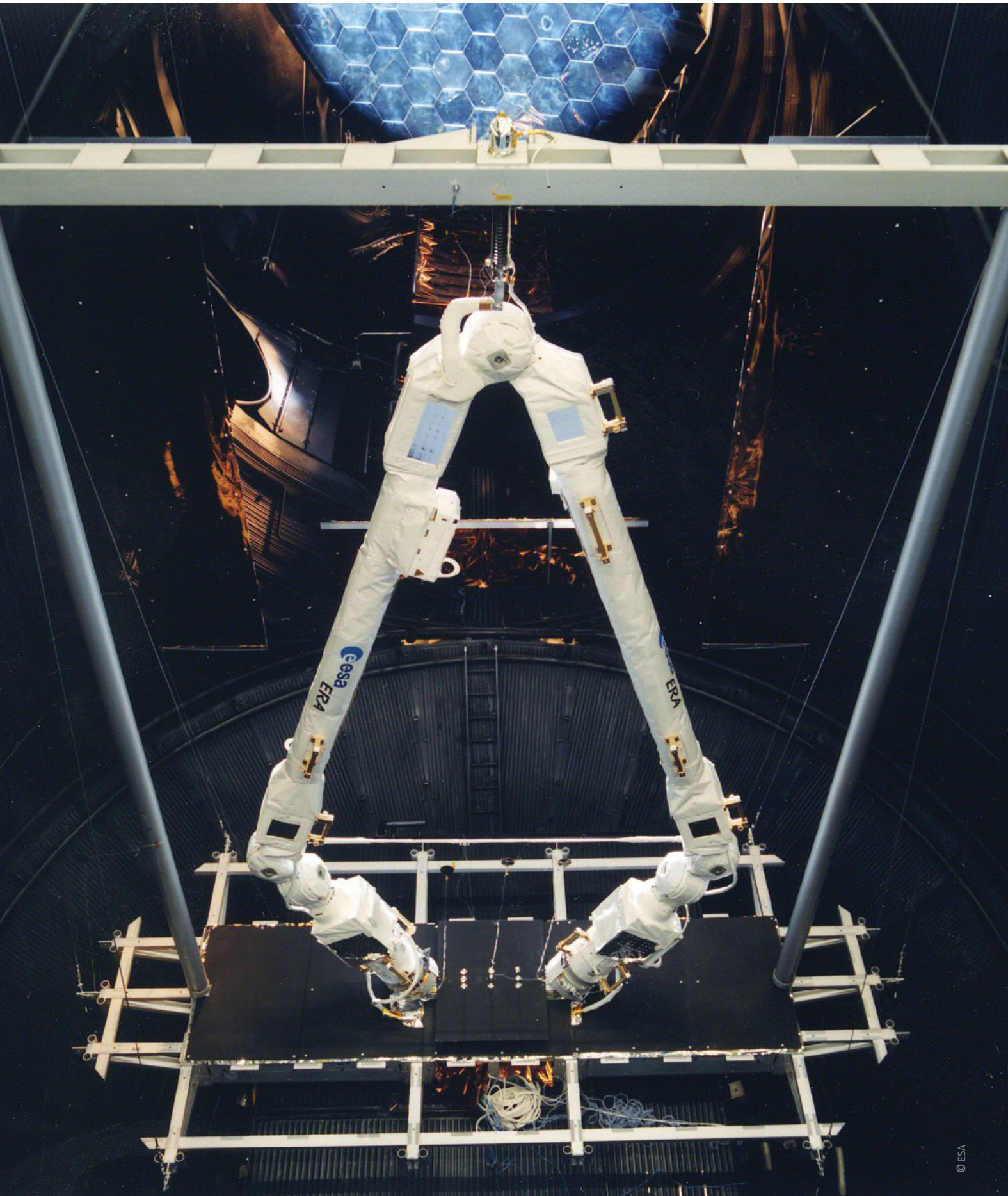
### **WEER EEN EUROPEAAN IN DE RUIMTE ..... 18**

Een verhaal van doorzettingsvermogen

### **HET STATION UPGRADEN ..... 20**

Wetenschap op een hoger niveau

### **MEER INFORMATIE ..... 23**



# SLIMME RUIMTEWANDELAAR

Een nieuwe robot om het ruimtestation onder handen te nemen

**Het heeft veel weg van een menselijke arm. Het heeft een elleboog, schouders en zelfs polsen. De European Robotic Arm (ERA) is de eerste robot die in staat is om rondom het Russische deel van het internationale ruimtestation te "wandelen".**

De lichte en toch krachtige rond de aarde cirkelende arm kan zich aan het station vastmaken en zelf handje-voor-handje heen en weer bewegen tussen vaste basispunten. Deze ruimterobot ziet eruit als een passer en heeft een lengte van meer dan 11 m. In gestrekte vorm kan het een voetbal van de strafschopstip tot de doelman brengen.

De robot zal dienen als belangrijkste manipulator op het Russische deel van het ruimtestation. De zeven gewrichten kunnen ladingen van enkele tonnen bewegen met een groot bewegingsbereik voor assemblagetaken.

De arm en de twee besturingsstations - één voor binnen en één voor buiten de orbitale buitenpost - zullen samen met de multifunctionele laboratoriummodule, "Nauka" genaamd, met een Russische Proton-raket vanaf het Baikonur Cosmodrome in Kazachstan de ruimte in worden gelanceerd. De lancering is gepland voor de zomer van 2021, na twee decennia van technische en programmatische uitdagingen.

De robotarm levert nieuwe manieren om geautomatiseerde machines te bedienen naar

het orbitale complex. ERA is in staat vele taken automatisch of semi-automatisch uit te voeren, kan zowel van binnen als van buiten het station worden bediend en kan in realtime of voorgeprogrammeerd worden bestuurd.

Zodra de robotarm vanuit de thuisbasis in de Russische multifunctionele laboratoriummodule aan het werk gaat, kan deze helpen bij het installeren, inzetten en vervangen van onderdelen in de ruimte. De eerste taken van ERA in de baan om de aarde zijn, na de inbedrijfstelling en de controle, het opzetten van de luchtsluis en het installeren van een radiator voor de nieuwste module van het ruimtestation.

Astronauten gaan de robotarm gebruiken om tijd en moeite te besparen voor het onderhouden van het ruimtestation. Het gaat fungeren als een werktuig om kleine nuttige ladingen rechtstreeks van binnen naar buiten het internationale ruimtestation over te brengen zonder dat er ruimtewandelingen nodig zijn, maar gaat ook ruimtewandelaars helpen door ze als een hoogwerker te verplaatsen. De vier infraroodcamera's gaan inspecties en werkzaamheden buiten het ruimtestation ondersteunen.

Waarom ERA?

Het internationale ruimtestation heeft al twee robotarmen: Canadarm2 en het Japanse Experiment Module Remote Manipulator System. Beide spelen een cruciale rol bij het aankoppelen van bezoekende vaartuigen en het vastgrijpen van externe ladingen op de Amerikaanse en Japanse modules.

De Canadese en Japanse armen kunnen echter het Russische deel van het internationale ruimtestation niet bereiken. Door de verschillende types basispunten en montage-eenheden voor de lading is het niet mogelijk deze voor andere delen van het station in te zetten.

Daarom is ERA er om aan de slag te gaan bij het Russische deel. Hoewel de multifunctionele laboratoriummodule de thuisbasis zal zijn, bieden het ontwerp en de flexibiliteit van ERA de vrijheid om zich handje-voor-handje rondom de Russische delen van het station te bewegen. Het vormt een aanvulling op de twee “Strela”-vrachtkranen.

De bevestigingspunten op het Russische deel zijn geoptimaliseerd voor de robotarm. ERA hoeft geen ruimtevaartuig te manipuleren – Russische ruimtevaartuigen koppelen zich automatisch vast.

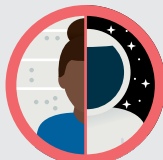
Feiten en cijfers



De 11 m lange structuur van ERA kan 8 ton aan lading bewegen.



Het is een echte autonome robot, volledig programmeerbaar.



Het kan door de bemanning van zowel binnen als buiten het ruimtestation worden bediend.



Het werkt tele-operatief met een nauwkeurigheid van 5 mm.



Het is ontworpen om de gevaren van de ruimte aan te kunnen.



Het is omkeerbaar - een hand kan een schouder worden en vice versa.

**Armlengte:** 11,3 m

**Bereik:** 9,7 m

**Nauwkeurigheid puntpositie:** 5 mm

**Maximale snelheid handelingen:** 10 cm/s

**Gewrichten:** 7

**Lanceermassa:** 630 kg

**Hanteringsvermogen:** 8000 kg

**Besturing:** Autonoom of door astronautencommando's

**Belangrijkste bouwmaterialen:** Koolstofvezel en aluminium

**Thuisbasis:** Multifunctionele laboratoriummodule (Nauka)

**Bewegingsbereik:** Handje-voor-handje op het Russische ruimtestationgedeelte

**Taken**

ERA heeft in samenwerking met de crew een gevarieerde takenlijst voor het internationale ruimtestation. Deze omvat:

- het installeren, verwijderen of vervangen van ladingen voor experimenten en van grote stationselementen;
- het in en uit het station brengen / alternatief van kleine ladingen via de Russische luchtsluis;
- het vervoer van crewleden van de ene externe werklocatie naar de andere;
- het ontlasten van de kosmonauten zodat ze andere werkzaamheden kunnen doen tijdens ruimtewandelingen;
- met eigen camera's de buitenkant van het ruimtestation inspecteren.

# ZEVEN GEWRICHTEN OM TE WERKEN

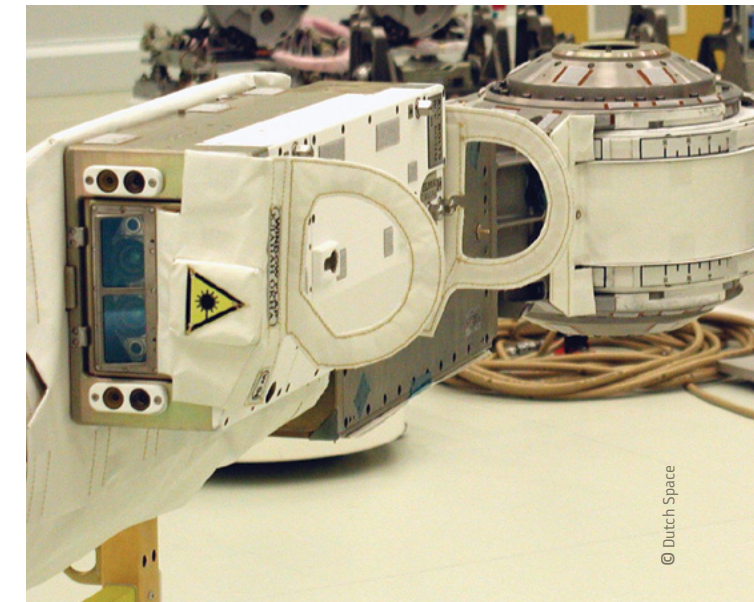
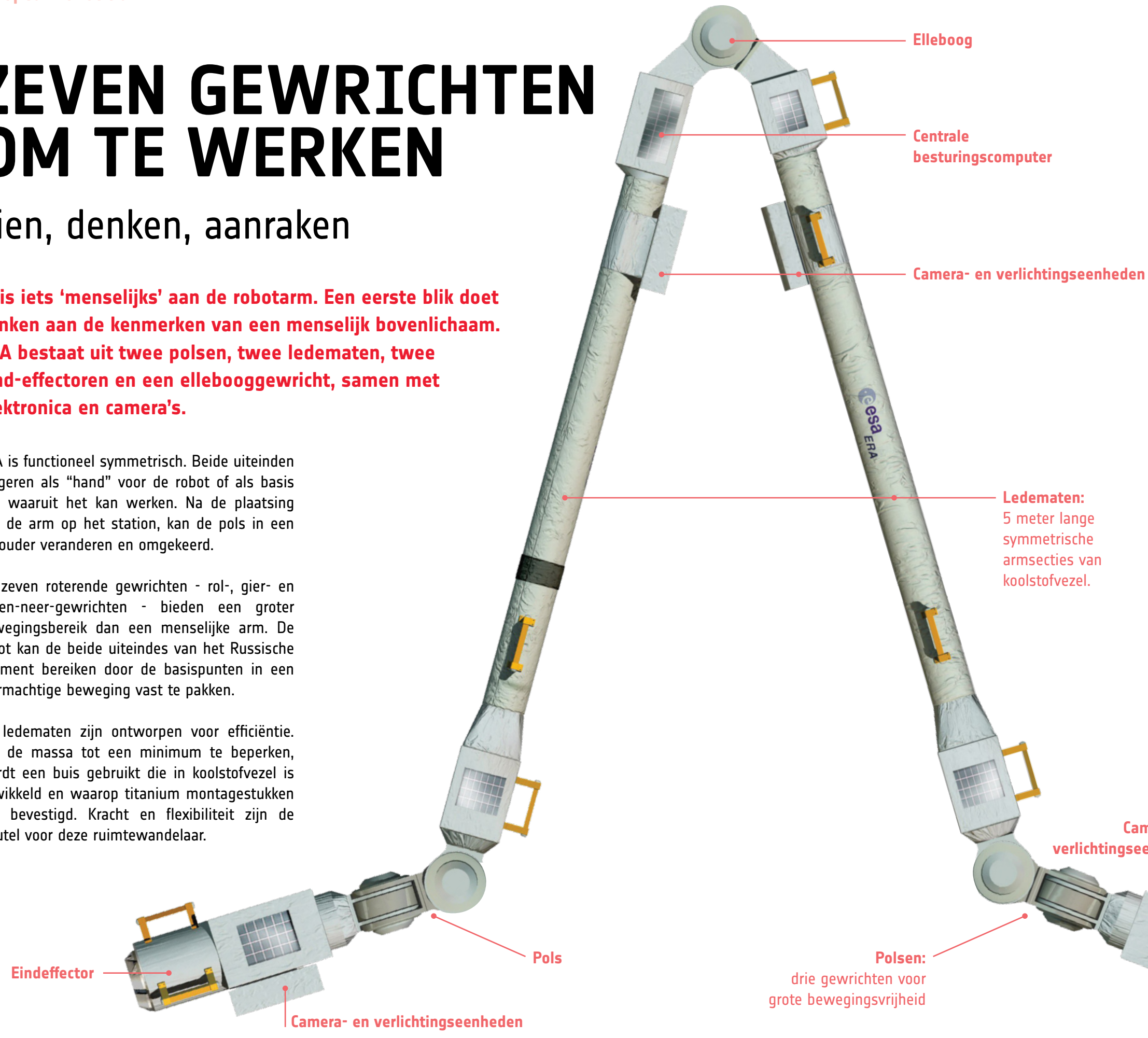
Zien, denken, aanraken

Er is iets 'menselijks' aan de robotarm. Een eerste blik doet denken aan de kenmerken van een menselijk bovenlichaam. ERA bestaat uit twee polsen, twee ledematen, twee eind-effectoren en een ellebooggewricht, samen met elektronica en camera's.

ERA is functioneel symmetrisch. Beide uiteinden fungeren als "hand" voor de robot of als basis van waaruit het kan werken. Na de plaatsing van de arm op het station, kan de pols in een schouder veranderen en omgekeerd.

De zeven roterende gewrichten - rol-, gier- en op-en-neer-gewrichten - bieden een groter bewegingsbereik dan een menselijke arm. De robot kan de beide uiteindes van het Russische segment bereiken door de basispunten in een wormachtige beweging vast te pakken.

De ledematen zijn ontworpen voor efficiëntie. Om de massa tot een minimum te beperken, wordt een buis gebruikt die in koolstofvezel is gewikkeld en waarop titanium montagestukken zijn bevestigd. Kracht en flexibiliteit zijn de sleutel voor deze ruimtewandelaar.



## De arm die kan kijken

Het is cruciaal voor de robot om te weten waar het heen moet gaan. ERA gebruikt vier infraroodcamera's om zich een weg te banen rondom het ruimtestation en om de buitenoppervlakken te inspecteren. De beelden stellen ERA in staat van het ene werkgebied naar het andere te bewegen en soepel een aangrijppunt te benaderen. Camera's zijn van vitaal belang bij werkzaamheden op korte afstand, zoals het vastmaken aan basispunten of het ophalen van ladingen.

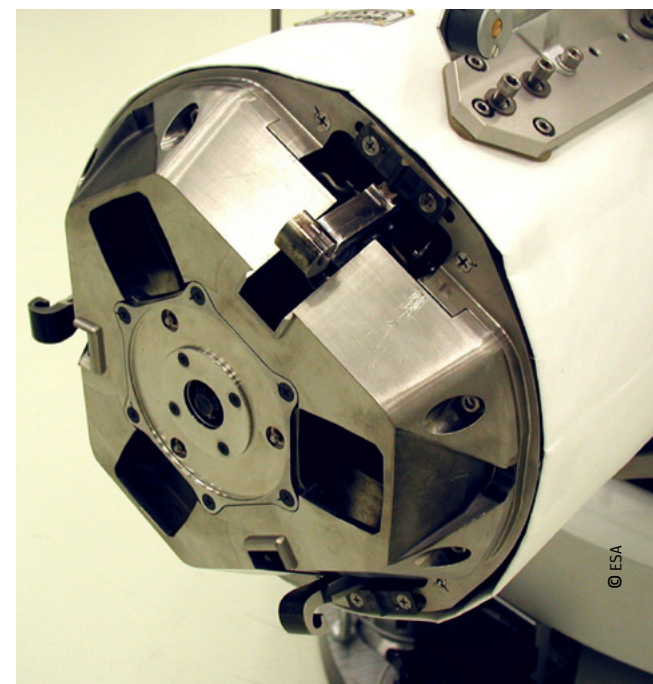
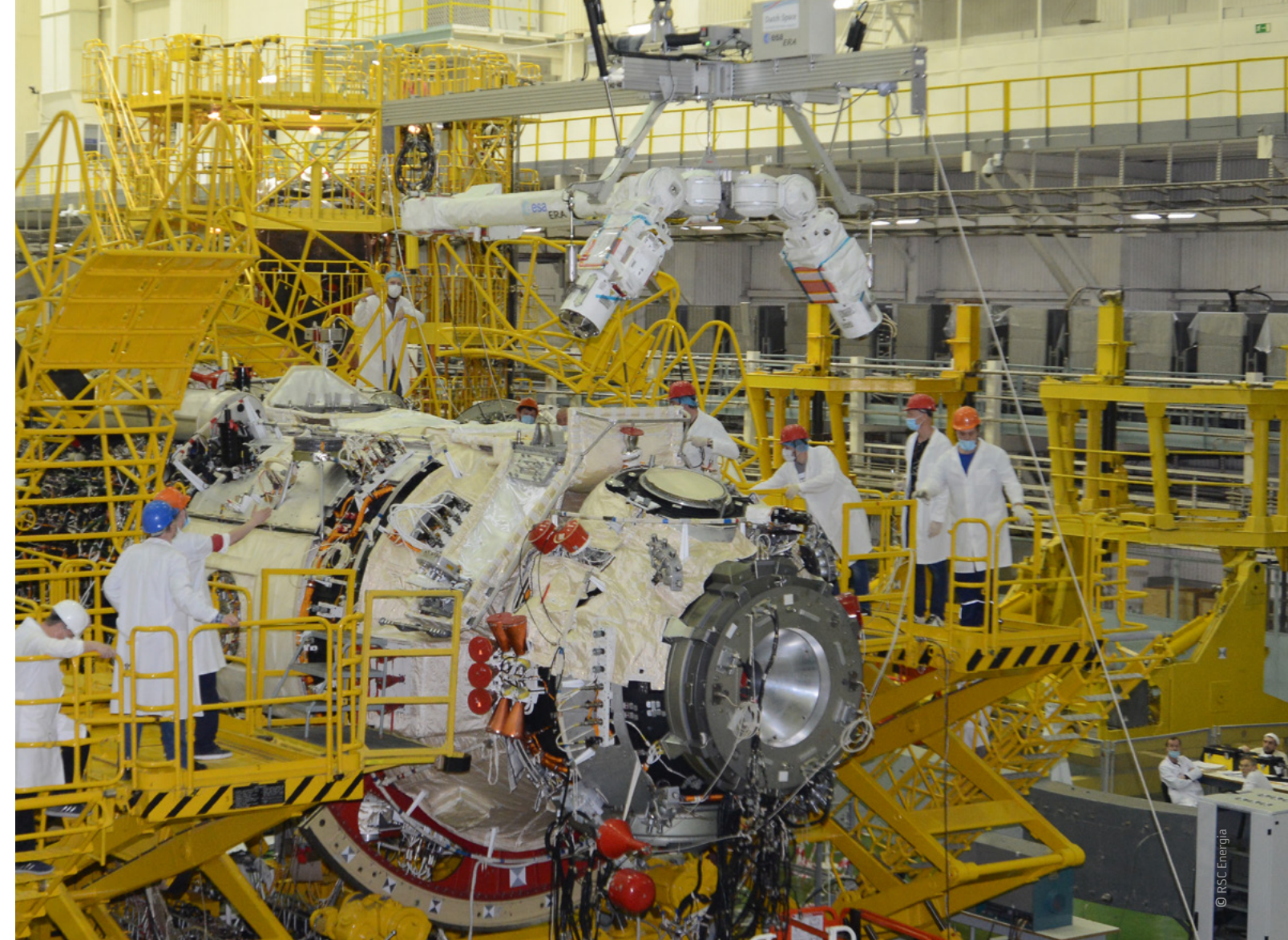
Elke camera biedt een ander gezichtsveld: de camera's op de uiteinden geven close-up-beelden, terwijl die op de ledematen een vogelvluchtperspectief bieden. Alle camera-lenzen hebben een vaste brandpuntsafstand en worden ondersteund door verlichtings-eenheden.

**Eindeffector:** identieke grijpermechanismen die gegevens, vermogen of mechanische aandrijving op de lading kunnen overbrengen.

## De hersenen

De centrale besturingscomputer is ingebed naast de elleboog en staat in verbinding met andere delen van de arm. Dit “brein” voert geautomatiseerde sequenties uit onder toezicht van een menselijke bediener. Met deze commando's kunnen de astronauten nauwlettend toezien op de taken en activiteiten van ERA.

ERA is in staat om de eigen bewegingen te heroverwegen. Tijdens de armbeweging voegen verschillende regelcircuits extra veiligheidslagen toe. Nabijheidssensoren en realtime botsing-vermijdingsalgoritmen compenseren uitlijnfouten wanneer de arm het doel nadert. Koppel- en krachtsensoren zorgen ook voor een tastzin die fouten voorkomt bij het oppakken en binnenbrengen van ladingen.



## Hands-on robot

De uiteinden van de robot staan centraal bij het uitvoeren van taken. Deze mechanismen worden gebruikt om ladingen vast te grijpen en naar andere locaties te verplaatsen, of om ERA aan een van de vele basispunten op het buitenoppervlak van het station vast te maken.

ERA biedt een mechanische aandrijving van een lading met behulp van een ingebouwde gemotoriseerde schroevendraaier met programmeerbaar koppel en programmeerbare rotatiesnelheid. De arm is in staat om op een zo veilig mogelijke manier contacthandelingen uit te voeren. Alle functies hebben een mechanische onderdrukking, die indien nodig voor de crewleden beschikbaar is.

# IN BEWEGING

## De ruimte omarmen

**De Europese robotarm komt in een lage baan om de aarde, samen met wat de thuisbasis in de ruimte zal worden, de multifunctionele laboratoriummodule, ook bekend onder de naam als Nauka (“wetenschap” in het Russisch).**

Alle 11 meters van de arm worden gemonteerd in de “Charlie Chaplin”-lanceerconfiguratie, een bijnaam die de ingenieurs van ERA hebben gegeven vanwege de gelijkenis van de vorm van de arm met de houding van de klassieke filmkomiek.

ERA zal op deze wijze worden gekoppeld aan de Russische primaire onderzoeksmodule in het ruimtestation. Beide elementen worden geïntegreerd en gelanceerd op de krachtige Proton-M raket, met een Breeze-M-boventrap.

## LANCERING

**Lanceerraket** Proton-M

**Lanceerplaats** Baikonur  
Cosmodrome,  
Kazakhstan

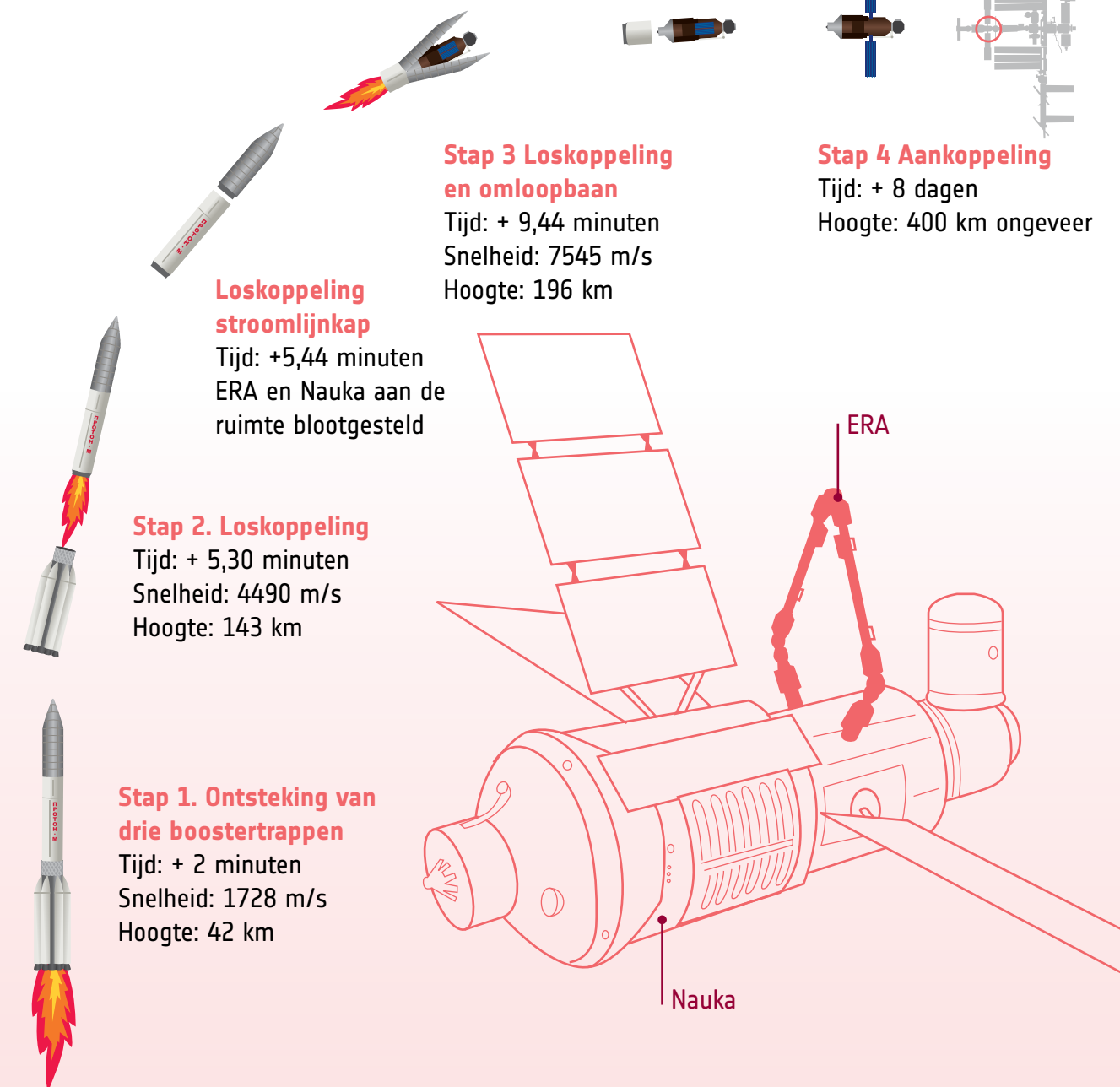
**Lanceerdatum** 21 juli 2021,  
16:54 CEST

**Aankoppeling** 29 juli 2021

De Proton is het **grootste** operationele Russische ruimtevaartuig en is van cruciaal belang voor het gebruik van het ruimtestation, deze diende als draagraket voor zware ladingen om het Russische ruimtestation Mir te bouwen en om ruimtevaartuigen naar de rode planeet te sturen in het kader van het **ExoMars-programma**.

Deze **57 meter** lange drietraps booster is in staat om ongeveer 22 ton in een lage baan om de aarde te brengen.

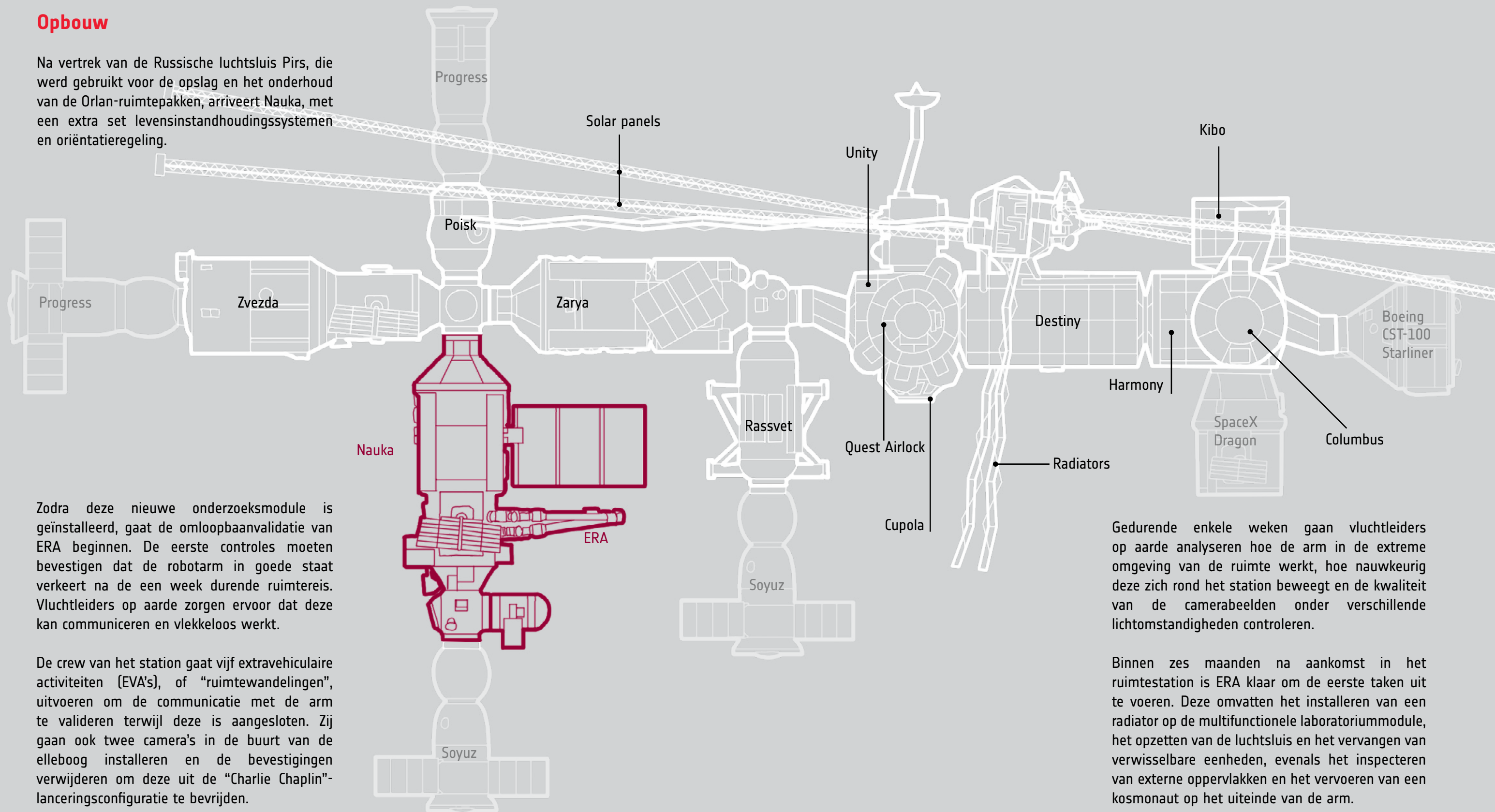
## Proton-raketvlucht



Na de lancering heeft Nauka ongeveer een week nodig om de eigen baan langzaam te verhogen en het ruimtestation in te halen. Bij aankomst koppelt de Russische module automatisch met de eigen motoren aan Zvezda. Nauka, Zarya en Zvezda zijn de enige drie modules op het station die kunnen manoeuvreren.

## Opbouw

Na vertrek van de Russische luchtsluis Pirs, die werd gebruikt voor de opslag en het onderhoud van de Orlan-ruimtepakken, arriveert Nauka, met een extra set levensinstandhoudingssystemen en oriëntatieregeling.



Zodra deze nieuwe onderzoeksmodule is geïnstalleerd, gaat de omloopbaanvalidatie van ERA beginnen. De eerste controles moeten bevestigen dat de robotarm in goede staat verkeert na de een week durende ruimte-reis. Vluchtleiders op aarde zorgen ervoor dat deze kan communiceren en vlekkeloos werkt.

De crew van het station gaat vijf extravehiculaire activiteiten (EVA's), of "ruimtwandelingen", uitvoeren om de communicatie met de arm te valideren terwijl deze is aangesloten. Zij gaan ook twee camera's in de buurt van de elleboog installeren en de bevestigingen verwijderen om deze uit de "Charlie Chaplin"-lanceringsconfiguratie te bevrijden.

Gedurende enkele weken gaan vluchtleiders op aarde analyseren hoe de arm in de extreme omgeving van de ruimte werkt, hoe nauwkeurig deze zich rond het station beweegt en de kwaliteit van de camerabeelden onder verschillende lichtomstandigheden controleren.

Binnen zes maanden na aankomst in het ruimtestation is ERA klaar om de eerste taken uit te voeren. Deze omvatten het installeren van een radiator op de multifunctionele laboratoriummodule, het opzetten van de luchtsluis en het vervangen van verwisselbare eenheden, evenals het inspecteren van externe oppervlakken en het vervoeren van een kosmonaut op het uiteinde van de arm.

# EEN ECHTE ROBOT

## Wanneer mensen en machines samenwerken

**Mens en robot gaan schouder aan schouder samenwerken in de ruimte. Astronauten zullen in ERA een zeer waardevolle partner vinden - het bespaart de crewleden kostbare tijd en stelt hen in staat om ander werk in de ruimte te doen.**

Mens-machine-interfaces zijn de essentiële verbindingen die de crew in staat stellen de robotarm in een baan om de aarde te besturen. Deze interfaces, die zijn ontworpen

en getest door ruimtevaartexperts, waaronder astronauten, verkorten de voorbereidingstijd voor een ruimtewandeling en stellen ERA in staat om naast astronauten te werken.



De crew kan ERA zowel van binnen als van buiten het ruimtestation besturen, een mogelijkheid die geen enkele andere robotarm eerder bood.

### Van binnenuit

Met behulp van een laptop heeft de crew volledige controle over ERA vanuit het ruimtestation. Bedieners zien de realtime-modellen van de robotarm en zijn omgeving op het scherm.

### Van buitenaf

Een ruimtepak-vriendelijk bedieningspaneel stelt astronauten in staat om de arm tijdens ruimtewandelingen te bedienen. Het paneel is zo groot als een aktetas en speciaal ontworpen om bestand te zijn tegen de barre omstandigheden in de ruimte en stelt astronauten in staat om ERA te bedienen, zelfs met de handschoenen van een ruimtepak (vrij van scherpe randen om gaten in het pak te voorkomen).

## Made in Europe

ERA is 100% made in Europe. Een consortium van Europese bedrijven onder leiding van Airbus Defence and Space Netherlands heeft deze voor ESA ontworpen en samengesteld. Maar liefst zeven Europese landen hebben aan de industriële onderneming deelgenomen: Nederland, Italië, België, Duitsland, Zwitserland, Denemarken en Zweden. Het consortium betrof ook de Russische RSC Energia bij de ontwikkeling en productie van ERA.

Elk onderdeel van de ERA-hardware heeft een strenge operatie ondergaan om te bevestigen dat deze na een lang rustig leven op aarde geschikt is voor de ruimte en dat het bestand is tegen de extreme omstandigheden van de lancering en de tijdsduur in een baan om de aarde.

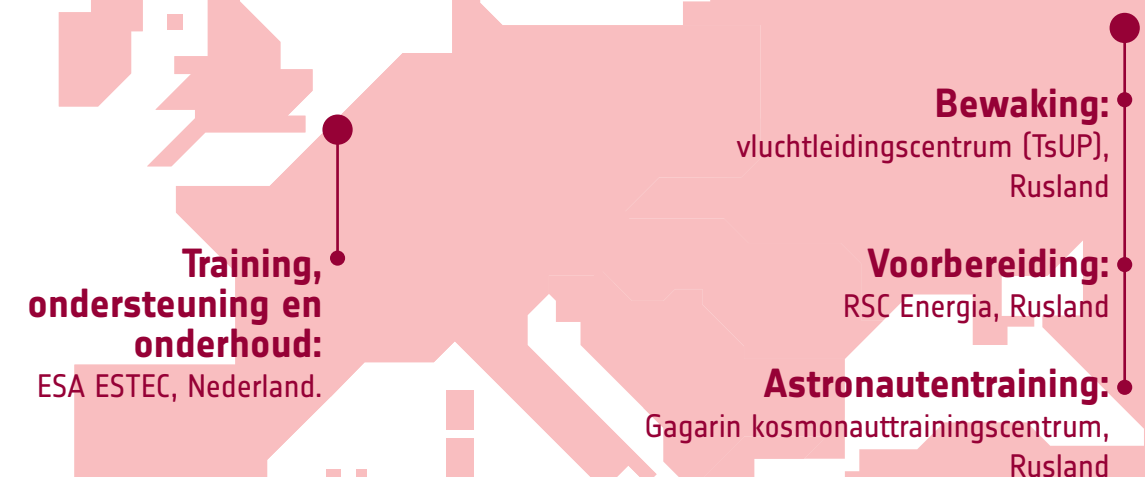
Tests hebben uitgewezen dat de arm kan functioneren in een vacuüm en bij extreme temperaturen variërend van  $-150^{\circ}\text{C}$  tot  $+120^{\circ}\text{C}$ , en dat het bestand is tegen blootstelling aan straling.

## Hoe zal men ERA aansturen?

ERA staat klaar om het station vele jaren te dienen. Gedurende deze periode houdt het Russische vluchtleidingscentrum toezicht op de werkzaamheden, ondersteund door ESA-technici in het ERA Support Centre bij ESA ESTEC in Nederland.

Astronauten van verschillende missies moeten hands-on met de robot gaan werken. Op drie verschillende locaties zijn afzonderlijke sets trainingsapparatuur opgesteld voor bedieners in de ruimte en op aarde.

Als aanvulling op de astronautentraining biedt een softwaretoepassing, de "Opfristrainer" (Refresher Trainer), astronauten de mogelijkheid om de missies te oefenen. Deze simulator kan missiesessies voorbereiden, opslaan en opnieuw afspelen.



# WEER EEN EUROPEAAN IN DE RUIMTE

## Een verhaal over doorzettingsvermogen

**Flexibiliteit, weerstand, functionaliteit: de kenmerken van de robotarm zijn ook van toepassing op het Europese team dat na twee decennia van programmatische uitdagingen ERA tot werkelijkheid heeft gemaakt. Nu bereikt het project een nieuwe mijlpaal, dit keer in een baan om de aarde.**

Alles is in gereedheid voor de komst van de arm in de zomer van 2021. De reserve-eenheden van de elleboog en de giek zijn in 2010 gelanceerd aan boord van de Space Shuttle Atlantis, terwijl de missiesvoorbereiding en de trainingsuitrusting van ERA zijn vernieuwd om veroudering tegen te gaan.

Het verhaal van ERA is er een van doorzettingsvermogen - het heeft vier scenariowijzigingen overleefd, te maken gehad met verschillende ruimtevaartagentschappen en een internationaal team gemotiveerd gehouden om het einddoel in de ruimte te bereiken.

In de jaren '80 van de vorige eeuw werden plannen gemaakt voor het Europese ruimtevaartuig Hermes. Een robotarm, HERA genaamd, werd ontworpen als vrachtkraan en voor het onderhoud van het ruimtevaartuig. Het vermogen van de robotarm om zichzelf te verplaatsen komt voort uit de eerdere noodzaak om vanaf het Hermes-ruimtevaartuig over te stappen naar een ander ruimtevaartuig.

Terwijl het Hermes-programma werd stopgezet, begonnen de studies voor een robotarm voor het

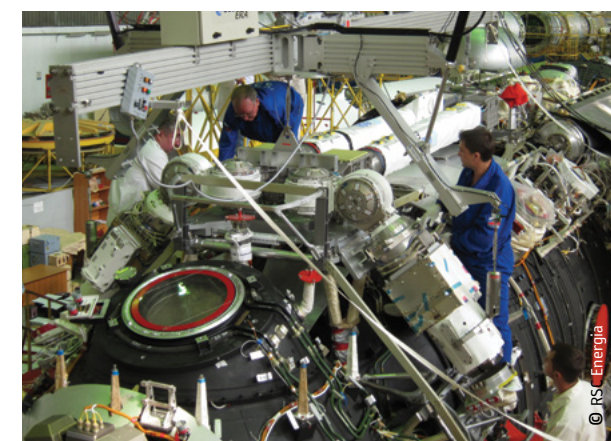
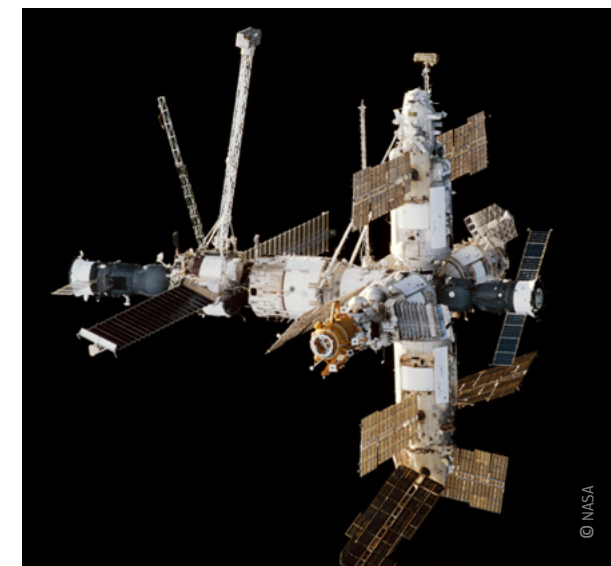
Mir-2-ruimtestationproject. Deze onderzoeken benadrukten de waarde van een robotmanipulator om tijd te besparen tijdens ruimtewandelingen.

Rusland werd in 1993 een volwaardige partner van het programma voor het internationale ruimtestation, zodat de Mir-2-plannen werden opgegeven en ERA-elementen werden aangepast aan het Russische segment van het station.

ESA en de Russische ruimtevaartorganisatie Roscosmos hebben in 1996 een samenwerkingsovereenkomst voor ERA ondertekend. Sindsdien zijn de systemen van de robotarm met succes gekwalificeerd voor de ruimtevaart.

De ontwikkeling van ERA heeft ook vertragingen gekend. Door begrotingstekorten en veranderende plannen zijn de lanceerconfiguratie, het ontwerp en de thuisbasis op het station gewijzigd. De aanvankelijke "verblijfplaats" op het geplande Russische wetenschaps- en energieplatform werd vervangen door de huidige multifunctionele laboratoriummodule.

De langverwachte première van ERA in de ruimte is eindelijk een feit.



### Een Europees-Russische handdruk

Europa en Rusland werken al lang samen in de ruimte. ERA is een samenwerkingsverband tussen ESA en de Russische ruimtevaartorganisatie Roscosmos.

Het is niet alleen de eerste robotarm die door Europa voor de ruimte is ontwikkeld, maar ook het resultaat van een samenwerking tussen twee verschillende culturen. ERA is in feite een tweetalige robot: de interfaces zijn zowel in het Russisch als in het Engels.

Zodra deze het ruimtestation bereikt, wordt ERA een essentieel instrument voor het Russische gedeelte. Getrainde kosmonauten zullen het gebruiken voor installatie- en onderhoudswerkzaamheden.

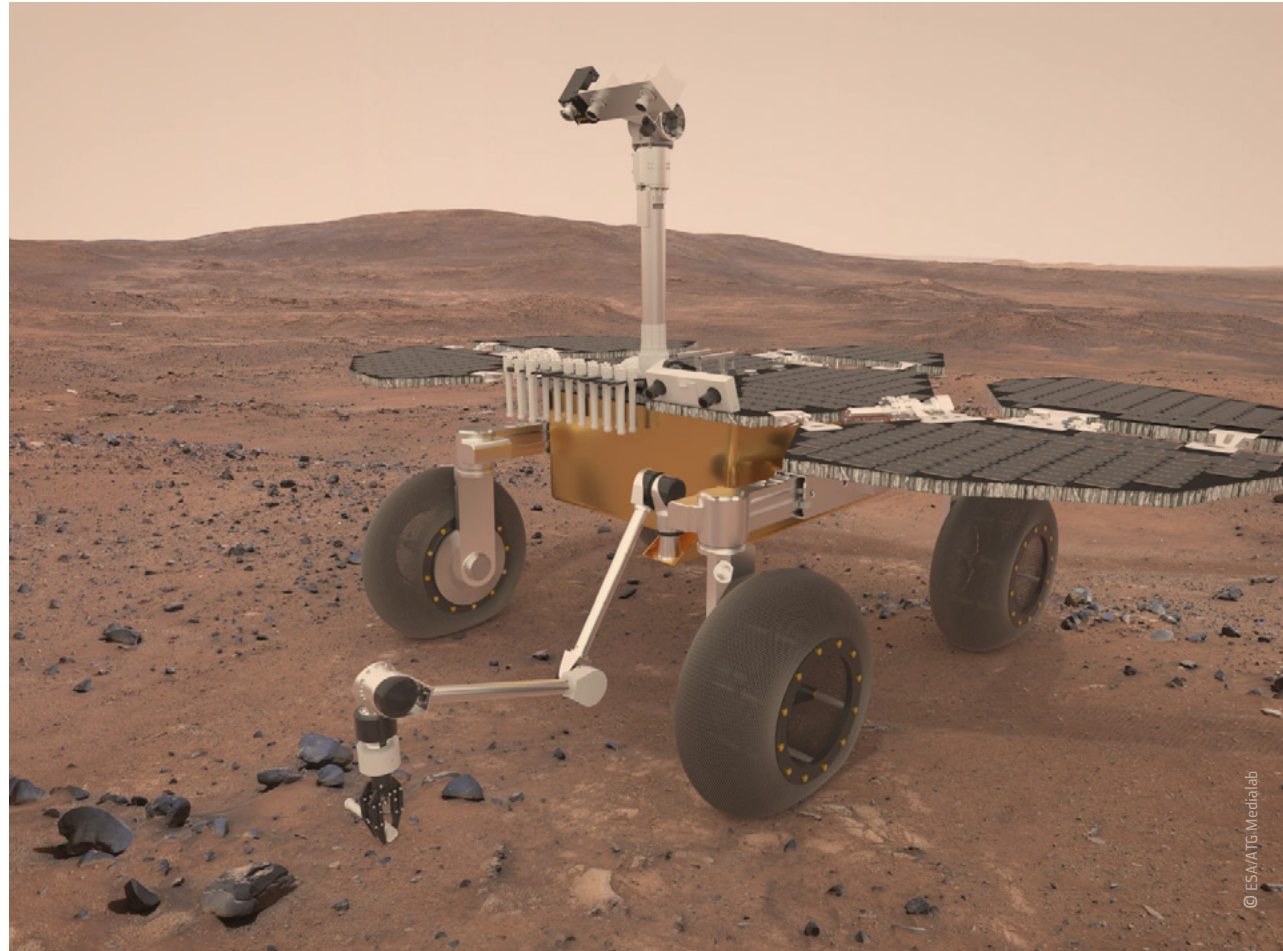
# HET STATION UPGRADEN

Wetenschap op een hoger niveau

Het internationale ruimtestation is een van de grootste samenwerkingen in de geschiedenis van de wetenschap. Deze menselijke buitenpost in een baan om de aarde, waar sinds 1998 mensen hebben gewoond en gewerkt, is een springplank voor verdere ruimteverkenning. ERA is er klaar voor om het station een aantal jaar te ondersteunen en de wetenschap aan boord vooruit te helpen.

Het station is compleet en in vol bedrijf, met een volledige crew en een volledig internationaal partnerschap. Intensief onderzoek en een doeltreffend gebruik van dit laboratorium leiden tot nieuwe toepassingen en voordelen voor de mensen op aarde.

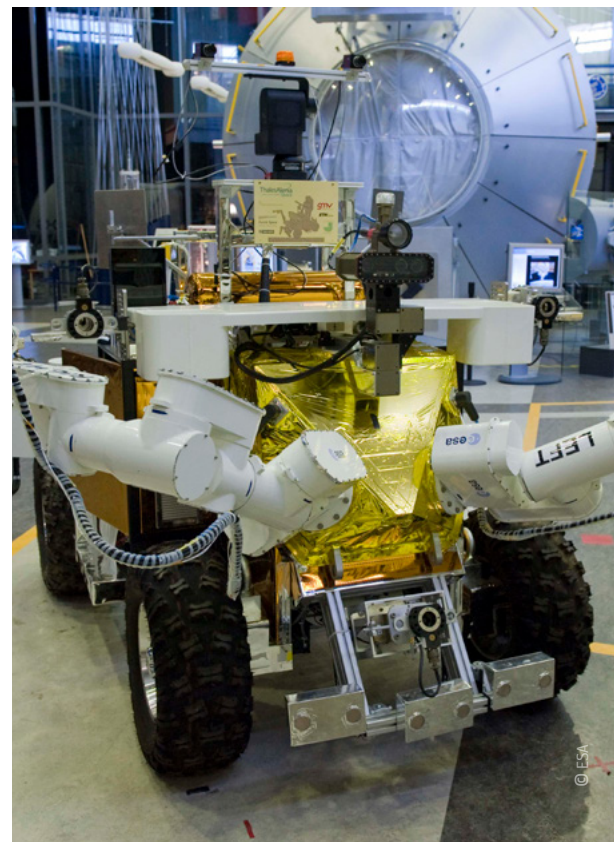
De robotarm kan minstens 10 jaar in de ruwe omgeving van de ruimte operationeel blijven. Het ERA-initiatief versterkt de Europese industrie en draagt bij aan meer wetenschappelijk onderzoek in de ruimte. Tijdens de operationele levensduur gaat de robotarm helpen bij de demonstratie van apparatuur en technologieën die nodig zijn als voorbereiding op de volgende stappen in de menselijke verkenning van de ruimte.



ESA is al bezig met de ontwikkeling van meer uitdagende technologie voor robotica in een omloopbaan. Het METERON-project heeft tot doel robots op de maan of Mars te besturen vanaf de grond of vanuit een ruimtestation dat in een baan om de maan of Mars draait. Vanuit het ruimtestation zijn al robots op aarde bestuurd om verschillende scenario's te testen en de desbetreffende technologieën te valideren.

Deze autonome en realtime telerobotica-activiteiten van de ruimte naar de grond gaan antwoorden bieden voor het ontwerp van toekomstige ontdekkingsmissiescenario's op de maan, Mars of een asteroïde.

De operationele ervaring van ERA op het gebied van robotica blijft van essentieel belang voor toekomstige ruimteavonturen, zoals het terugbrengen van monsters van Mars naar de aarde met de Mars Sample Return-missie.



## MEER INFORMATIE

 [www.esa.int/EuropeanRoboticArm](http://www.esa.int/EuropeanRoboticArm)

 [flickr.com/EuropeanSpaceAgency](https://www.flickr.com/photos/european-space-agency/)

 [facebook.com/EuropeanSpaceAgency](https://www.facebook.com/EuropeanSpaceAgency)

 [instagram.com/EuropeanSpaceAgency](https://www.instagram.com/EuropeanSpaceAgency)

 [pinterest.com/EuropeanSpaceAgency](https://www.pinterest.com/EuropeanSpaceAgency)

 [@esa](https://twitter.com/esa)  
[@esaspaceflight](https://twitter.com/esaspaceflight)  
[@roscosmos](https://twitter.com/roscosmos)  
[@NLSpaceOffice](https://twitter.com/NLSpaceOffice)

Officiële hashtag:

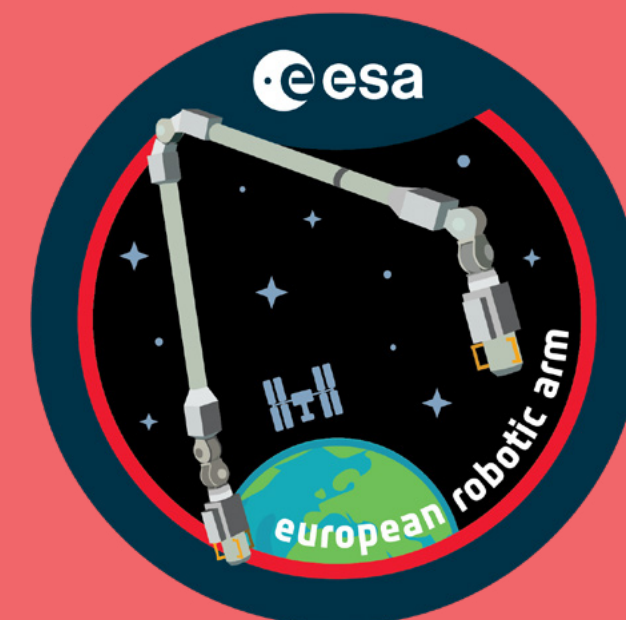
**#EuropeanRoboticArm**

### Newsroom and Media Relations

[www.esa.int/Newsroom](http://www.esa.int/Newsroom)  
[media@esa.int](mailto:media@esa.int)

### Rosita Suenson

[Rosita.Suenson@esa.int](mailto:Rosita.Suenson@esa.int)  
**European Space Agency**  
ESTEC, Noordwijk, Nederland



## **ESA Member States:**

Austria  
Belgium  
Czech Republic  
Denmark  
Estonia  
Finland  
France  
Germany  
Greece  
Hungary  
Ireland  
Italy  
Luxembourg  
The Netherlands  
Norway  
Poland  
Portugal  
Romania  
Spain  
Sweden  
Switzerland  
United Kingdom