

€ 5,00

NEDERLANDSE VERENIGING VOOR RUIMTEVAART

2015|4

RUIMTEVAART



AMADEE-15

25 jaar Space Expo

Schieten met Satellieten



Bij de voorplaat

Een "analog astronaut" tijdens de AMADEE-15 Marsmissie-simulatie bij de Kaunertal gletsjer in Oostenrijk. [Jurriaan Brobbel Fotografie]



Foto van het kwartaal

Hoewel deze gedetailleerde opname van Pluto's maan Charon al op 14 juli door New Horizons werd genomen, ontving NASA hem pas eind september (vanwege het zwakke radiosignaal van de sonde druppelen de foto's slechts zeer langzaam binnen). Opnamen in blauw, rood en infrarood licht werden zo gecombineerd dat de verschillende oppervlakte-karakteristieken extra goed uitkomen. [NASA/JHUAPL/SwRI]

Van de hoofdredacteur:

Ruimtevaart heeft sinds 2012 een stabiele redactie en daarnaast een groep auteurs waarop we met regelmaat een beroep kunnen doen. Dit is erg belangrijk voor de vereniging om de continuïteit van de uitgave te blijven waarborgen. Buiten de redactie en het bestuur hebben de volgende personen meer dan eens een artikel bijgedragen in de bovenstaande periode: Eric Le Gras, Gerard van de Haar, Fabienne de Hilster, Geert Mennenga, Angèle van Oosterom, Susanne Pieterse, Nico van Putten, Peter Roelfsema, Henk Smid, Piet Smolders, Remco Timmermans, Bert Vis en Arno Wielders. Naast schrijvers maken we ook gebruik van andere vrijwilligers zoals fotograaf Jurriaan Brobbel die ons regelmatig voorziet van schitterende foto's. Met één van zijn foto's is deze maand de wens van de redactie vervuld om weer eens een foto van mensen op de voorkant te publiceren. In dit laatste nummer van 2015 vindt u twee artikelen over NVR bedrijfsleden: T-Minus Engineering en de Space Expo. Het Space Expo artikel is gebaseerd op een paper gepresenteerd op het *International Astronautical Congress (IAC)* in Jeruzalem. De presentatie bij het paper is ook gegeven op de jaarlijkse IAC avond georganiseerd door de NVR waar ook ruimtevaartkunstenares Daniela de Paulis, geïnterviewd in deze uitgave, een presentatie gaf.

Op het IAC, waar de NVR vertegenwoordigd is in het *Space Societies Committee (SSC)*, werd op de *General Assembly* de oprichting van een ruimtevaartmusea-comité goedgekeurd. SSC heeft zich in het verleden ingezet om ook deze musea de mogelijkheid te geven IAF lid te worden. Dit heeft in een paar jaar tijd al geresulteerd in voldoende aanmeldingen om een eigen comité op te richten. Het nieuwe comité zal samen met het SSC een sessie blijven organiseren waar presentaties gerelateerd aan activiteiten van ruimtevaartverenigingen welkom zijn. NVR leden met ideeën voor presentaties worden gestimuleerd om contact op te nemen met het bestuur.

We hopen dat dit nummer u weet te inspireren en danken alle auteurs ook deze keer weer voor hun bijdragen.

Peter Buist

Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart (NVR)

Bestuur

Het bestuur van de NVR wordt gekozen door de leden en bestaat uit:
Dr. Ir. G.J. Blaauw (voorzitter)
Drs. T. Masson-Zwaan (vice-voorzitter)
Drs. B. ten Berge (secretaris)
Ir. J.A. Meijer (penningmeester)
Dr. Ir. P.J. Buist
Ir. S. de Jong
Mr. F.N.E. van 't Klooster
Dr. Ir. C. Verhoeven
Ir. L. van der Wal

Redactie 'Ruimtevaart'

Dr. Ir. P.J. Buist (hoofdredacteur)
Ir. M.O. van Pelt (eindredacteur)
Ir. F.J.P. Wokke (eindredacteur)
Ir. P.A.W. Batenburg
Drs. P.G. van Diepen
Ir. E.A. Kuijpers
Ing. M.C.A.M. van der List
Ir. H.M. Sanders MBA

Websitecommissie

Drs. B. ten Berge (voorzitter)
Ir. L. Boersma
M. Hartman-Maatman
Ir. H. Vermeiden

Sociale media-commissie

Drs. T. Zwaan-Masson (voorzitter)
K. Kumar, MSc
Mr. S.V. Pieterse
Drs. Ing. R. Timmermans

Evenementencommissie

Ir. L. van der Wal (voorzitter)
D. van Beekhuizen
Ir. S. de Jong
Ing. R.H. Linde
Ir. B.-J. Vollmuller
Dr. P. Wesselius

Kascommissie

Drs. T. Leeuwerink
Ir. Z. Pronk
Ir. B. Willemse

Ereleden

Ir. D. de Hoop
Prof. Dr. C. de Jager
Drs. A. Kuipers
Ir. J.H. de Koomen
P. Smolders
Prof. Ir. K.F. Wakker

Contact

Richelle Scheffers
Kapteynstraat 1
2201 BB Noordwijk
info@ruimtevaart-nvr.nl
www.ruimtevaart-nvr.nl
ISSN 1382-2446

Vormgeving en opmaak

Esger Brunner/NNV

Drukker

Ten Brink, Meppel

Copyright © 2015 NVR

Alle rechten voorbehouden. Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen, foto's en illustraties uit Ruimtevaart is alleen toegestaan na overleg met en akkoord van de redactie, en met bronvermelding. De NVR noch de drukker kan aansprakelijk gesteld worden voor de juistheid van de informatie in dit blad of voor eventuele zet- of drukfouten.

Kopij

Indien u een bijdrage aan het blad wilt leveren of suggesties wilt geven, neem dan contact op met de redactie via redactie@ruimtevaart-nvr.nl. De redactie behoudt zich het recht voor om ingezonden stukken in te korten of niet te plaatsen.

Participating in the AMADEE-15 analog Mars mission

Spending my summer holidays on Mars.

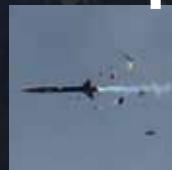


4

3,2,1 Lift off! T-minus Engineering

Turning passion into a company.

14



Schieten met satellieten, van laserstraal tot stuwstraal

Radicale alternatieven voor het lanceren van satellieten met een Nederlands tintje.

22



Uitslag Essaycompetitie "Honey, I shrunk the satellite!"

30



James Webb Space Telescope

De gedroomde opvolger van de Hubble ruimtetelescoop.

40



Space Expo

History and evolution of Noordwijk's permanent space exposition.

10



Visual Art and Space

Interview with Daniela de Paulis, visual artist specialising in innovative forms of space art.

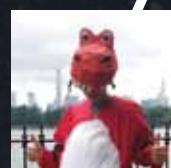
18



ISU Space Studies Program 2015

Verslag van de drie Nederlandse deelnemers.

27



Peenemünde and Mittelbau-Dora

Visiting the A4/V2 development and production sites.

31



Ruimtevaartkroniek

Alle lanceringen en belangrijke ruimtevaartgebeurtenissen tussen 15 juli 2015 en 30 september 2015.

42





Participating in the AMADEE-15 analog Mars mission

Susanne Pieterse

The mission started on the 3rd of August, 2015 with analog astronauts Iñigo Muñoz Elorza and Carmen Köhler putting on their spacesuit simulators in the habitat after a long period of preparation. Their colleagues inspected the spacesuit simulators, monitoring vital signs and nominal functioning of communication equipment. The analog astronauts' first steps out of the habitat marked the start of the AMADEE-15 analog Mars research mission. The author spent her summer holidays as a volunteer for the Austrian Space Forum's Media Communications team.

On the 30th of July I packed my bag for my flight to Innsbruck. I was on my way to Mars. Well, I was on my way to be part of the AMADEE-15 analog Mars mission. It was only four months ago that I heard Olivia Haider of the Austrian Space Forum (OeWF, Österreichisches Weltraum Forum) presenting their upcoming analog Mars mission at SpaceUp Cologne. She was looking for volunteers with social media experience to join her in

the Media Communications (MediaCom) team. Being involved in a space mission and tweeting all day; I couldn't resist, so I applied and was fortunately selected.

Training for Mars

When I applied to join the MediaCom team, I had no idea what adventure lay ahead. My fellow SpaceUp NL organiser and NVR social media team member Kartik Kumar told me about the intensive training he was undergoing to become

an analog astronaut for the OeWF. The training of the volunteers at the Mission Support Centre (MSC) in Innsbruck also turned out to be intense. We rehearsed the mission procedures and familiarised ourselves with the many roles within the mission by way of four long telecons. I met the majority of the volunteers in Innsbruck during the dress rehearsal weekend in early July. Kartik arranged that I could share a hostel room with his fellow analog astronaut colleagues. In

The Flight Control Team room in Innsbruck. [Paul Santek]



the morning, I needed to pinch myself; am I really walking to the office in the company of analog astronauts? The dress rehearsal was about getting to know your workstation and your duties during the mission. It started for me with overseeing the broadcast of the third Google Hangout from the heart of the MSC. I was sitting behind the camera with the Flight Directors (FDs) right in front of me. I am used to watching Hangouts, but now I was part of the making of one.

The Hangout enabled the FDs to explain to the viewers that an analog Mars mission is geared towards mimicking the operations, hardware and environment of a real Mars mission, on Earth. A journey to Mars and working on Mars entails many risks and hence must be planned with great care. By executing mission operations in analog conditions on Earth, future astronauts will be better prepared for a mission to Mars. In the case of AMADEE-15, the emphasis lies on learning how to operate on a rock glacier as can be found near the poles on Mars. The AMADEE-15 mission was conducted on the Kaunertal glacier in Austria, enabling the team to test procedures and workflows that will shed light on the challenges that have to be addressed for potential human polar Mars missions. The OeWF has a long track record of successfully conducted analog research missions. Since 2006 the OeWF has executed eight analog missions at a variety of locations, including deserts in the USA, Spain and Morocco and ice caves in Austria. Other than a short field test in 2010, the OeWF however had not conducted an analog mission on a glacier prior to AMADEE-15. One of the biggest challenges that came with conducting a mission on Kaunertal



The official mission patch. It contains depictions of Mars, the snow-capped mountains and glacier, five stars for the five new analog astronauts of 2015 and the capricorn, symbol of the Kaunertal.

glacier was understanding and managing the impact of operating at an altitude of close to 3000 metres.

The location chosen for AMADEE-15 has some aspects that are similar to those on the surface of Mars. We know that there are glaciers on Mars too. Locations close to the glaciers offer one of the most interesting and practical exploration sites on the surface of the Red Planet. The glaciers found on Mars may hold abundant amounts of water ice, therefore they are considered candidate locations for the detection of life on Mars. However, most of the glaciers on Mars are rock-glaciers, which means that ice is covered by rock layers that protect it from sublimation. The Kaunertal glacier is in many ways comparable to the glaciers on the Red Planet, which means that the experiments conducted during AMADEE-15 offer realistic insights into the challenges that lie ahead for future human missions.

The space bubble

For me the mission started three weeks

after the dress rehearsal weekend. I flew in on Friday night and I needed to report to the office at 9 AM the following morning. When I walked to the office that sunlit morning the streets were silent, except for a glowing, smiling guy with a large backpack. He turned out to be my colleague in MediaCom. Of course, what other reason could one possible have to be on the road that early on a Saturday morning?

Since the mission started officially on Monday the 3rd of August, we used the weekend to make preparations. Part of the outreach programme was a blog that would include an answer to "The Question of the Day". During the dress rehearsal we formulated the questions and most of these were answered and checked by remote-working volunteers. The remaining questions needed to be answered that weekend. We were warned that the rest of the week would be so busy that we would not have time to do it. Not knowing how true those words would turn out to be, we dived into the work and entered what I would like to call 'the space bubble'.

For my first question, I needed to find information about the spacesuit simulators that are used by the analog astronauts. The two Aouda spacesuit simulators, codenamed X-Ray and Sierra, are experimental prototypes that have to be handled with care. They cannot be used on Mars because they are not airtight and pressurised; that is not their purpose, since Aouda-X and Aouda-S were developed exclusively for analog missions here on Earth. They do however provide a high-fidelity proxy of how a future Mars Extravehicular Activity (EVA) spacesuit might be used and what the opera-

Analog astronauts Carmen Köhler (left) and Iñigo Muñoz Elorza (right) are donning their spacesuit simulators in the habitat tent. [Susanne Pieterse]



Analog astronaut Iñigo Muñoz Elzora (left) with his colleague Kartik Kumar (right) communicating by radio. [Jurriaan Brobbel]



tional impact for astronauts would be. An Aouda suit weighs 45 kg, which is a good match for the weight of a future spacesuit on Mars (~135 kg, but approximately one third of this on Mars due to the lower gravity). It supplies ambient air and it supports biomedical and technical telemetry. An exoskeleton is used to simulate a pressurised suit on Mars.

The science

We also used the "Question of the Day" blog posts to inform the public about the science conducted during the AMADEE-15 mission. In the lead up to the AMADEE-15 mission, the OeWF released an open call for scientific experiments to be performed during the mission. Several universities and organisations expressed interest in having an experiment conducted by the analog astronauts on the glacier. A board of experts chose the institutions and experiments that best suited the mission. This resulted in a packed schedule with twelve experiments. A few could be run in the habitat tent, but most required analog astronaut EVAs.

Astrobiology

In space, biologists focus their search for life on small life forms like microbes. On Earth we see microbes survive and even thrive in all kinds of extreme environments. These microbes, called extremophiles, live for instance in the deep seas, where ambient pressure is high and sunlight is absent. The environment on Mars seems to resemble some extremes we see on Earth. So, if there is life on Mars, we expect to find it most likely in the form of microbes.

During the mission two astrobiology experiments were conducted: LIFE (Laser-Induced Fluorescence Emission) and

Glacier-MASE (Glacier as Mars Analog site for microbial Space Exploration). The LIFE experiment consists of a portable laser system which detects and quantifies biomarker molecules in extreme environments without touching or destroying the sample.

The Glacier-MASE experiment detects special biomolecules. Their presence is generally evaluated as proof of life. By applying the most modern molecular methods, scientists can obtain more information about these microbial survival experts. The conditions at the Kaunertal glacier allow scientists to take samples in a Mars-like environment and to conduct life-detection experiments. This will in turn help scientists determine whether biosignatures from microbial life can be obtained from a Mars-analog, terrestrial biotope under Mars simulation conditions.

Geology

The Ground Penetrating Radar on Glaciers (GPRoG) experiment was proposed for inclusion in AMADEE-15 by geologists. The aim of this experiment is to map the internal structure of Martian glaciers without damaging their surface. The experiment features a radar, which emits electromagnetic waves into the ground using a transmitter antenna. These waves are reflected by interfaces that separate ground layers with different electrical properties. The waves are received by an antenna and then displayed in a control unit as 2-D profiles of the glacier subsurface structure. In order to deploy such equipment during future manned Mars missions, the GPRoG experiment at AMADEE-15 was geared towards assessment of whether ground penetrating radar can be operated smoothly using a spacesuit.

The Weathering of Rocks at the Ice Surface (WoRIS) experiment measures how different types of rocks influence the melting of the ice layer underneath. This study will help scientists to better understand factors influencing the rate of melting of terrestrial glaciers, and the process of weathering on the current Mars north polar residual cap.

Big balloon is watching

During the EVAs a balloon was tethered to the analog astronauts. The camera that was carried by the balloon documented the analog astronauts' tracks. This provides context images of the sampling sites and information on non-accessible areas for the scientists back home.

Virtual exploration

The Italian Mars Society manages a programme called "European MaRs Analogue Station for Advanced Technologies Integration" and contributed a Virtual Reality (VR) experiment called V-ERAS to scout traverses before analog astronauts are sent out. The analog astronauts used Oculus Rift goggles that projected a highly realistic image of the site they had to explore the next day. V-ERAS provided the analog astronauts with the means to prepare and train for their EVAs. Physically walking around while wearing VR glasses also holds challenges of its own. The experiment gives an insight in how the brain reacts to VR and physical movement.

3D print a new tooth

A dental technician conducted an experiment in the field to determine if it is possible to replace a tooth on Mars with a 3D printed one that was digitally manufactured on Earth. He made a 3D-scan

The analog astronauts with the Hungarian Google Lunar X PRIZE (GLXP) rover. [Claudia Stix]



The author (right) at work as MediaCom at the press conference on Landing Day. [Claudia Stix]



of a tooth and sent it to a dental lab 'on Earth'. The lab technicians made a digital 3D model of the tooth. This model was used to print a usable replacement of the tooth with a 3D printer on the glacier.

Rovers

The analog astronauts were assisted by the Hungarian Google Lunar X PRIZE (GLXP) rover, developed by Puli Space Technologies, to find interesting rock samples by scouting/mapping the exploration area. They also tested the Cliff Reconnaissance Vehicle (CRV) of the French Planète Mars Association. This rover can explore steep terrains that would be too treacherous to be explored by a human operator in a spacesuit.

Shower in the fog

After a sweaty day in the field, the analog astronauts cooled off using a special shower. As conventional showers consume a lot of water that will not be available during a mission on Mars, the analog astronauts tested the effectiveness of washing a human body in an experimental, low water consumption, mobile shower cabin under the conditions of limited water resources.

We are GO for landing

Everything was ready for the big day. I scheduled a couple of tweets counting down to the "Landing" at 10 AM on the 3rd of August. The weather forecast tweet and the tweet about the wakeup song we selected for the analog astronauts would also be published automatically. We needed to schedule the tweets as the complete MediaCom team had to take the bus to Mars. MediaCom ensured that Landing Day, the official start of the mission, received plenty of attention from do-

AMADEE

The name of the mission AMADEE is a subtle wink to the famous Austrian: Amadeus Mozart. He used to sign his masterpieces with Amadee. That way the name of the mission refers to Austria as the home of the OeWF.

mestic and foreign press. During the mission itself, photographers and journalists would have disrupted analog astronauts while they were conducting scientific experiments, so the media event on the 3rd of August provided them with ample time for photos, video footage and interviews. My main task was to record the day in film, photos and tweets, and thus I was in the habitat tent witnessing the well-oiled field crew while they prepared the analog astronauts for their public unveiling. I also tailed the analog astronauts while they hiked onto the glacier accompanied by a large crowd of spectators and press. The whole event was a surreal experience. I was walking towards a glacier at an altitude of 3000 metres, surrounded by beautiful, snow-capped mountains. It was supposed to be cold, but the burning sun made it very comfortable and made me forget that I was on a glacier. So when we arrived at the spot selected for the press to take photos and record video of the analog astronauts in action, I almost slipped on the ice. At first, I couldn't understand why I was slipping on ice in the middle of summer. Then I looked up and realised I was standing right in front of the majestic glacier. After taking in the view, I needed to get back to work, which meant that I needed to find a way to the

analog astronauts without slipping and stepping in icy melt water streams. While I was working my way down to the site, I met a Dutch family. They observed the analog astronauts with great interest and wanted to know more. I happily explained what they were witnessing and arranged a photo moment with the analog astronauts and their kids. It was so great to see the sparkling eyes of the children as they posed next to the analog astronauts.

At the end of the day, the analog astronauts returned to the habitat tent to put off their spacesuit simulators. This marked the moment for us to get back to the bus and drive back to Innsbruck: away from the ice, back to tropical temperatures.

NASA wants to learn from us

The Landing Day was also graced by a group of professional observers from NASA, ESA, DLR and large companies in the international space industry. They travelled back with us to Innsbruck so they could visit the MSC the next day. The professional observers were given a tour of the MSC. They learned that the mission simulated activities on two planets: Earth and Mars. The field team, consisting of the analog astronauts and the field support crew, "lived" on Mars. This support crew consisted of a medical doctor (Doc), the operations team and suit technicians. The technicians ensured that all the equipment was well maintained and functioning properly, providing the best possible work circumstances for the analog astronauts before, during and after their EVAs. The operations team maintained contact with the Flight Control Team on Earth during EVAs. The analog astronauts conducted most of the science field activities, and

Dutch tourists meet an analog astronaut. [Susanne Pieterse]



A large crowd of press and the public outside the habitat tent on Landing Day. [Claudia Stix]



they also functioned as the public face of the mission, serving as Science, Technology, Engineering and Mathematics ambassadors for media and education activities. Analog astronauts are trained to conduct spaceflight simulations in Mars-like regions on Earth, testing and evaluating equipment procedures as well as human factors and workflows relevant to human exploration. They contribute to the development of spacesuit simulators and other relevant instrumentation and equipment.

The MSC is located on Earth, physically based in Innsbruck, Austria. The MSC fulfils an essential role in the OeWF's analog Mars missions by providing support to the field crew and liaising with scientists. The MSC includes all the familiar positions known from Mission Control Centres in ESA or NASA. The Flight Control Team (FCT) is run by the Flight Director (FD) and the Assistant. They are joined by the Biomedical Engineer (BME), who keeps track of the medical information of the analog astronauts. The Flight Control Room is also occupied by the Contacts officer, the Records officer and the Procedures officer. The Contacts officer keeps the scientists in charge of the experiments (Principal Investigators) apprised of their status during operations on Mars. The Records officer makes sure that all activities and occurrences within the mission are logged thoroughly. The Procedures officer knows all experiment procedures and workflows by heart and informs the Flight Director about it if needed. The last position in the FCT is EarthCom. EarthCom is responsible for communication

with the crew on Mars.

The Flight Planning (FP) team is located in another room in the MSC. They generate the flight plan and monitor the progress of experiments in the field. The activities are planned with a close eye on the weather forecast. To ensure that the analog astronauts are not caught off-guard by hazardous weather conditions, the FP team is joined by a group of professional meteorologists.

During the mission a wealth of experiment data is generated that needs to be delivered to the Principal Investigators (PIs). One of the goals of AMADEE-15 is to also make this data available via the OeWF website for general use. To make sure that this goal can be met, the Science Data Officer (SDO) needs to securely store all the data that gets uploaded from Mars.

The last team that is located at the MSC is MediaCom. My team was responsible for communicating the mission to the public. During the visit by the professional observers, I gave a presentation about the massive outreach we generated with our social media channels.

Results

During AMADEE-15, the analog astronauts set the record for the highest altitude of a simulated planetary EVA, at 2887 m above sea level.

Preliminary feedback from participating science institutions confirmed the success of the mission: they found that the data gathered was both valuable and significant in their effort to understand how surface operations need to be handled dur-

ing future human missions to Mars. The results obtained through data analysis in the coming months will be presented at a special AMADEE-15 Science Workshop in spring 2016. The conclusions will be used by the OeWF to further the development of its Aouda spacesuit simulators and to prepare its next Mars analog mission.

AMADEE-15 was covered by every German-speaking newspaper and by Austrian and German primetime television news programmes, e.g. on RTL. MediaCom also used various social media channels to spread the word about AMADEE-15. During four Google Hangout sessions, the analog astronauts, the Flight Directors and Principal Investigators engaged with the viewers and answered their questions. Tweets broadcasted the activities of the analog astronauts on Mars. Messages about AMADEE-15 reached more than 1 million people on Twitter and 66,966 people on Facebook. During the mission 4 to 5 million people were reached via print and 3.8+ million via television.

Those nine days in the AMADEE-15 space bubble were an incredible adventure. I went to Mars! ☺

The analog astronauts set out to hike onto the glacier. Safety officers walk behind them, along with a large crowd of photographers, press and public spectators. Tourists gaze at this impressive sight. Some ask, "is that a real astronaut?" "Yes, that is a real analog astronaut." After some explanation, children bravely pose next to an analog astronaut and their parents proudly take a picture. One can only wonder what this unsuspected encounter does for the dreams of these little children.

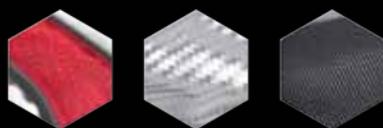
The AMADEE-15 team. [Paul Santek]





S P A C E ← L I F E

Designed for the frontiers of
the future





Space Expo

Europe's First Permanent Space Exposition

Rob van den Berg, Director of Space Expo, Noordwijk, The Netherlands

This year Space Expo, the official visitors centre for ESA-ESTEC and Europe's first permanent space exposition, celebrates its 25th anniversary. This is a good occasion for an overview of the activities and operations of the museum. This article is based on a paper presented at the 66th International Astronautical Congress (IAC) in the session *Space Societies, Professional Associations and Museums*. This year's IAC took place between 12th and 16th of October in Jerusalem.

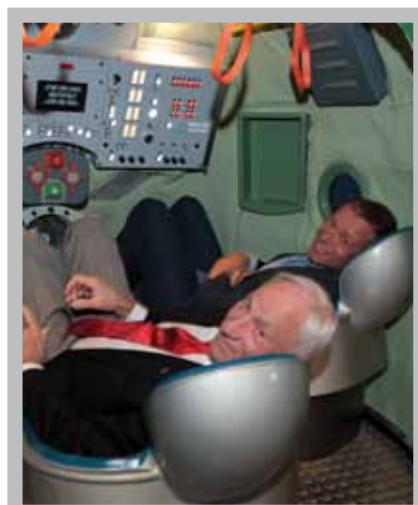
The establishment of the Space Expo in the year 1990 was an initiative of ESA and several local partners, with a strong support from ESA both financially and with in-kind contributions such as a significant collection of space hardware. The museum was built on a piece of land that was sub-leased by ESA to the Space Expo Foundation. On June 29, 1990, Space Expo was officially opened by the Dutch Queen Beatrix. Since its establishment as an autonomous foundation (not an organisational part of ESA-ESTEC), Space Expo functions as the Visitors Centre of ESA's Technical Centre (ESTEC). A significant portion of the collection is composed of hardware on loan from ESA, illustrating European space missions and achievements. ESA is a member of the Board of the Space Expo Foundation and as such participates in the strategic decisions and in the management of the museum. Space Expo offers educational activities as well as guided tours of ESTEC to the general public throughout the year.

Visitors Centre

Space Expo is located in Noordwijk, The Netherlands, and is fully dedicated to space communication by means of exhibitions, education and activities. The museum is almost permanently open to the

general public and welcomes on average 60.000 visitors per annum.

Space Expo is also the official visitors centre of ESA-ESTEC, the technical heart and largest facility of ESA. Space Expo offers guided tours of ESTEC to the general public throughout the year. To bring visitors to ESA-ESTEC a special electric train is used, the so-called Space Train. The Space Train is powered by solar energy. It is a very popular attraction and a substantial source of income. Almost 25% of the Space Expo visitors book a guided tour to ESA-ESTEC.



Apollo 15 astronaut Al Worden and ESA astronaut Christer Fuglesang in the Space Expo Soyuz simulator.

Exhibition

The main feature of the visitors centre is a permanent exhibition area of 1,300 m². The total floor area is 2,000 m², leaving 700 m² reserved for storage, technical rooms, entrance area, shop and coffee corner.

The exhibition area is dedicated to the permanent exhibition. The original exhibition of 1990 has been replaced by another permanent exhibition in 2005. Plans are made to renew large parts of this within the next years.

Because of the large area needed for the permanent exhibitions no space could be made available for temporary exhibitions. To keep enough variation for the public to visit the exhibition more than once (34 - 52% of the visitors of Dutch museums have visited the same museum before), Space Expo has a policy to regularly update parts of the exhibition. The exhibition must also stay representative and up-to-date concerning current and future ESA space missions. Just recently, with the help of ESA-ESTEC, a real fairing (nose cone) of an Ariane-4 launcher could be placed in front of Space Expo's entrance. A donation from the private fund 'Fonds 1818' made it possible to acquire an educational and interactive outdoor exhibit that works on solar energy.



Aerial view of ESA-ESTEC and Space Expo (bottom middle). [ESA]

Exhibits in the permanent exhibition must answer to at least two out of three main prerequisites, which are authenticity (real objects), interactivity and topicality (major historical, recent or future space missions). An example of a major historical mission, although not an ESA mission, is the first landing on the moon, for which a mock-up of the Apollo 11 Lunar Module with dummies of astronauts Neil Armstrong and Buzz Aldrin are exhibited. Exhibits come in three categories: real objects (some of them flown in space), mock-ups and miniature models, and interactive explanatory devices (for example a scale that shows the weight of a visitor on other heavenly bodies). Besides the exhibition at Space Expo a permanent outside exhibition has been established in 2013 at the boulevard of Noordwijk. A "walk of fame" with metal tiles with hand or foot prints of astronauts, called the Walk of Space, together with an information panel attracts the attention of beach tourists and makes them aware of the fact that Noordwijk is related to European space exploration, thus attracting more visitors to Space Expo. Each year the Walk of Space is extended with two new tiles with imprints of hands and feet of ESA, NASA, Russian and other astronauts.

Collection

Today the collection of exhibition objects on loan from ESA is composed of some 30 objects. The collection is regularly upgraded and renewed, with major new items having been added in 2013 (the Ariane-4 fairing and two Ariane-4 launch consoles) and in 2015 (an ISS docking mock-up and an Ariane-5 Vulcain-I engine). On an occasional basis, when ESA needs to temporarily lend objects for edu-

tional or exhibition purposes during a trade fair, a symposium or similar event, ESA makes its best efforts to replace them with equivalent items.

A smaller part of the collection exists of objects owned by Space Expo (for example a large iron meteorite). Some objects, like a moon rock and astronaut tools, are on loan from NASA.

Education

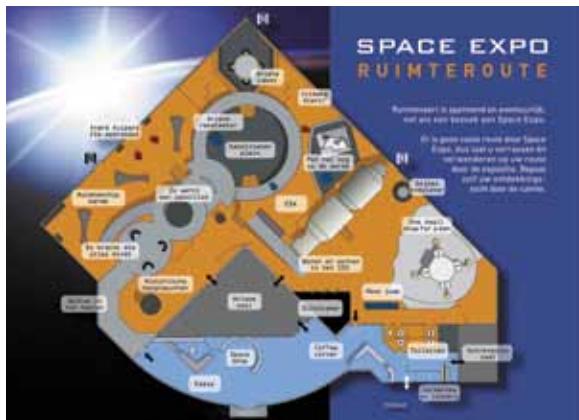
Space Expo offers different kinds of educational activities, like museum lessons, guided and unguided tours, workshops and presentations. For this purpose it maintains an extensive network of primary and secondary schools distributed all over The Netherlands. Space Expo cooperates with ESA, the national government, companies and schools to develop and renew a set of educational products for schoolchildren in the range of 4 to 18 years old. The educational activities are performed preferably at the museum, but if schools are not able to finance a trip to Space Expo (transportation is the most expensive part of a museum visit), an educational professional can come to the school. Space Expo receives on average 10.000 schoolchildren per annum for educational activities.

Activities

Next to educational activities Space Expo develops and performs also space related activities for the general public. These include guided tours in the exhibition, guided tours at ESA-ESTEC, workshop-like activities inside (such as using a moveable planetarium) and participative activities outside during the Summer holidays (like launching water rockets or riding the Multi-axis Simulator Trainer, in which astronauts used to perform disorientation exercises). Each first



The Space Train in front of Space Expo. The Ariane-4 fairing (partial) with a satellite mock-up inside has now been replaced by a complete Ariane-4 fairing.



Map of Space Expo with the exhibition area in orange and gray and the free public area in blue.



Although not part of an ESA mission, the life size mock-up of the Apollo 11 Lunar Module is one of the most spectacular exhibits at Space Expo.

Famous visitors

During Space Expo's 25 years of existence many famous visitors came to the museum. Besides many astronauts we had the pleasure to welcome Crown Prince Willem Alexander (before he became the King), Patrick Stewart (Star Trek actor, Captain Picard), Jan Peter Balkenende (former Prime Minister), Claudia de Breij (performer), Jeroen Pauw and Rob Kamphues (both known from Dutch television), several Dutch Ministers and foreign Ambassadors, ET (with the Hollywood Oscars) and Jeff Wayne (War of the Worlds musical album).

Astronauts at Space Expo

Often ESA-ESTEC is visited by astronauts from different agencies. They are always asked to include a visit to Space Expo too, in which case we ask them to sign our "Astronaut Table". Already more than 90 astronauts have left their signature on our two astronaut tables and in a short while we will need a third table, making this a unique contribution to our space collection. On the tables our visitors can find the autographs of Neil Armstrong, Buzz Aldrin, Alexei Leonov and John Glenn. Also the Dutch astronauts André Kuipers, Wubbo Ockels and the Dutch-American astronaut Lodewijk van den Berg signed the table.

week of October, in the International Space Week, different kinds of space related activities are organised in Noordwijk under the banner "Noordwijk, the space to be".

Related to Space Expo's 25th anniversary, extra activities and discount actions are executed during 2015. Activities are of utmost importance for attracting new and repetitive visitors when a museum lacks the possibility of replacing temporary exhibitions or renewing the permanent exhibition on a regular base.

Business Events

Space Expo's infrastructure and the permanent exhibition are designed to make it possible to host business events. These events generate a welcome addition to the exploitation budget. Business events are hosted by Space Expo but organised by external parties or by the customers themselves.

Business events vary in a wide range, from presentations (sometimes by astronauts) in one of the two fully equipped presentation rooms (150 pax

and 40 pax), to drinks and snacks in (a part of) the exhibition area, uniquely under and between satellites and rockets, to walking or sit-down dinners, with a capacity of respectively 400 and 200 pax, to entertainment shows with singers or magicians. Space Expo yearly hosts 150 business events, of which a dozen large ones.

Communication

To answer Space Expo needs for PR and communication a larger budget than available should normally be required. To meet these needs the limited communication budget is mainly used for larger actions for visibility outdoors (like panels at train stations or bus stops), while for other types of visibility cooperation is sought with supermarkets (offering discount actions on products), magazines, radio and TV (for free publicity) and other potential partners where mutual advantages play a role.

Space is a popular topic for society, so free publicity in many varieties is relatively easy to acquire.

Organisation

Space Expo is an autonomous foundation and no organisational part of ESA-ESTEC. On average 13 FTE of staff is employed, covering the director, office staff, technical staff and staff involved in the entrance, shop and coffee corner. Part of the staff is hired on an hourly base for weekend shifts, guided tours and other activities. A total of 30 people are (part time) employed at Space Expo.

Final responsibility for the foundation lies at the Board of Space Expo, which involves a chairman, a secretary, a treasurer and four (or more) members, one of them from ESA-ESTEC. Amongst the Board members is Dutch ESA astronaut André Kuipers. He is the successor of Dutch ESA astronaut Wubbo Ockels, who passed away in 2014.

Sponsoring

Space Expo, being an independent foundation, depends largely on its visitors for its income. It is one of the few museums of its size and nature in The Netherlands that is almost completely self-supporting.

Installation of an Ariane-5 Vulcain-I rocket engine at Space Expo's permanent exhibition.

A genuine moon rock at Space Expo.



The average annual budget is largely funded by visitor fees related to the exhibition, and income from the souvenir shop, the coffee corner and business events. Sponsor fees and other funding vary from year to year and are dedicated to exhibition renewal, separate from the annual exploitation budget.

Thanks to occasional grants and sponsor gifts Space Expo can with some regularity finance projects, but to be able to continue to communicate about structural developments and relevance of spaceflight, the museum is looking for individuals and companies who are willing to support.

Not only exhibitions are funded or donated. Recently the province of South Holland funded a large photovoltaic installation, allowing Space Expo to operate entirely on solar energy during the day.

Since 2015 a Friends of Space Expo foundation has been established with a regular growing number of friends (now exceeding 50), who pay a relative small fee each year for which the exhibition can be visited as often as one wants.

Companies can become a Business Friend and can give content to their social involvement, or to increase public support for space exploration. Companies can become a part of a network that already includes some 50 companies helping Space Expo in the purchase and exposition of its collection. Three categories of Business Friendships are offered, aptly named for three major aerospace metals: Aluminium (€ 1000 per year), Molybdenum (€ 1500) and Titanium (€ 2500). Depending on the package a Business Friend gets advantages through discounts on services, invitations for events and public visibility.

Multi-axis Simulator Trainer (MST), one of the activities that Space Expo can deploy during holidays and events.



The smell of the Moon

Sometimes astronauts give presentations at Space Expo where they answer questions from the audience. When Neil Armstrong visited The Hague in 2010 to give a presentation, two questions addressed to him from the audience struck the authors mind. The first question was about his famous quote: when did he prepare his first words for the historic occasion? Weeks or months before the launch? His answer: I realized when descending the ladder of the LEM that I had to say something and that was when this quote came into my mind.

The other question was about the smell of the Moon. When the Apollo 11 astronauts pressurized their spacecraft and took out their spacesuits they could smell the Moon, it had the fragrance of burned charcoal.

Future

ESA plans to continue the same level of collaboration with the Space Expo Foundation for the foreseeable future, and even to reinforce it whenever possible. Space Expo is currently associated to the feasibility study on a possible new Conference and Space Exhibition Centre to be built on ESTEC's premises.

The Netherlands Space Office (NSO) and Space Expo have expressed their interest in acquiring the Russian Soyuz TMA-03M return capsule used by Dutch ESA astronaut André Kuipers to return from the International Space Station on July 1, 2012. If acquisition succeeds, the capsule will be exhibited from early 2016 at Space Expo. If the Soyuz return capsule could be acquired, parts of the permanent exhibition will be renewed in order to better host and serve the increasing number of visitors triggered by the capsule of André Kuipers.

Conclusions

Since its establishment in 1990 Space Expo has been very successful in attracting a constant number of visitors (around

60.000 per annum) with little means, to renew its exhibits on a regular base with external and own funding, to host unique business events among satellites and rockets and organising attractive events. It became a player of great importance for the educational and the touristic sector, and for communication about space. It is offering a platform for bringing national and international players together within the fascinating and important field of space technology and research.

Acknowledgements

Director of Technical and Quality Management and Head of ESA-ESTEC Franco Ongaro as well as Head of ESTEC Communication Office Juan de Dalmau are acknowledged for providing Space Expo with the means necessary to fulfil its responsibilities as ESA-ESTEC's visitors centre. All other statements and financial data are based on internal Space Expo financial reports and documents as well as on inspirational discussions with very involved Space Expo employees, who are evenly acknowledged for their never-ending efforts.

The Soyuz TMA-03M descent module in which Dutch ESA astronaut André Kuipers flew.





3,2,1 Lift off! T-minus Engineering

Peter Batenburg & T-minus Engineering

TU Delft has one of highest numbers of start-up companies as a university worldwide. The increasing number is clearly visible from the continuously expanding YES!Delft building. What started in an old empty university building is now a new 3-story building with flexible new style work environment and an additional building under construction. One of the companies: T-minus Engineering. Four former Aerospace Engineering students with a passion for rockets decided that if they could not work for a company in the Netherlands on building and operating rockets, they just create their own company that does exactly that.

3,2,1, Launch!

Passion for space and rockets is the common denominator for Mark, Hein, Eric and Roel. Mark Uitendaal for instance has been building rockets for more than 15 years and, not surprisingly, chose to study Aerospace Engineering at the TU Delft. Here he found a group to continue his rocket building; students at the faculty back then just started a new student society called Delft Aerospace Rocket Engineering, DARE: a society that grew to have over 180 members and recently launched the STRATOS II+ rocket to 21 km altitude. As predecessor, the STRATOS I was successfully launched in 2009 and only just lost the altitude record for amateur rockets in Europe to the STRATOS II+. Project lead for the STRATOS I was Mark Uitendaal.

Hein Olthof and Eric Smit were also team members of the STRATOS project and it was exactly there and then when they decided to continue with the motivated and strong team. While Hein, Eric and Roel finished their studies after STRATOS I, Mark went to Kiruna in Sweden to work for the Swedish Space Cooperation (SSC) on sounding rocket and balloon campaigns.

Then, on 31-10-2011, T-Minus Engineering was formally launched. Gradually the four members started working full time at T-Minus and were recently joined by the first part-time employee, in addition the team is strengthened with on average 3 interns. Now the company offers their skilled expertise in rocket engineering, (miniaturized) space electronics, launch operations and aerospace engineering to various projects.

Cansat challenges

The team continued with the work they started for DARE: building and operating Cansat launchers. A highly empirical and hands-on development process has resulted in a well-functioning Cansat launcher. The Cansat launcher in use by T-Minus Engineering is a fully reusable launcher that can deploy Cansats at an altitude of one to two kilometres, depending on the allowed altitude by the local authority. The launcher has a solid fuel engine with a max thrust of 1.5 kN and a specific impulse Isp of approximately 120s. The rocket is launched from a mobile platform with a guiding rail and pointing mechanism. After

a boost of 5 seconds the rocket coasts to the release altitude where the hatches open and up to six Cansats are released. What happens to the Cansats at that point depends on their design and how well it works as designed. The Cansat launcher itself returns to Earth on a parachute, to be used for a next flight. T-minus Engineering has a fleet of seven Cansat launchers, making it possible to launch 42 Cansats in just one day.

Typical Cansat campaigns are being organised by ESA or national agencies to stimulate interest in space(flight) in particular and Science Technology Engineering and Math (STEM) in general among secondary school students. The students are challenged to build a satellite that fits within the size of a soda can and those with the best technical design and mission concepts win the opportunity to build and fly their design. T-minus Engineering offers full end-to-end services for those who would like to fly Cansats. Starting with standard Cansat kits that the students can use to develop their Cansat, supported with workshops on how to construct a Cansat. While the students are building their Can-

Sats, T-Minus Engineering arranges the launch site and required permits and documentation. Then the launch campaign itself is also run by T-minus Engineering, from CanSat integration through launch and telemetry provision to recovery. The full service as a launch provider like ArianeSpace is available including the rocket production itself.

Off to Mars!

Besides the CanSat launches and services, T-Minus Engineering is involved in other projects as well. They provided their electronics and integration expertise to the TU Delft for the construction and integration of the Delfi-N3xt nanosatellite. Recently they have been cooperating with DLR Bremen as assembly, integration and testing (AIT) support for the HP3 payload of the NASA InSight Project; a drill that will fly on the next NASA Mars mission that will drill five metres deep into the surface to measure the heat flow coming from the core. The InSight project is part of NASA's Discovery program, and is scheduled for launch towards the Red Planet by March 2016.

Continuing with CanSat launching services, as well as projects like Insight, does not only provide business for T-Minus Engineering. More importantly it allows the team to maintain their operational expertise and extend their AIT experience. Knowledge of how to operate a launcher is one thing, but practice makes perfect and efficient. And experience and efficiency is what they want to offer with their envisaged product.

From 0 to Mach 5.5 in 5 seconds

Although the team enjoys the work on the Mars Drill and the CanSats, the company was founded to build a specific product: the T-Minus DART. The idea for the product came from the experiences from working on the STRATOS project and working for SSC. During these projects, the team members stumbled upon project Viper. This sounding rocket was designed to provide relatively cheap and simple access to the upper atmosphere for research purposes. Although hundreds of successful launches per year were carried out over a decade, production has ceased around the year 2000, and the stockpiles that were there are now almost depleted.

Technology development has progressed since then, and the team at T-minus Engineering has come up with a concept to tar-

Meet the team

Mark Uitendaal

Mark is an Aerospace Engineer with an MSc degree from the TU Delft and has been building and launching rockets all his life. He was the project manager of the STRATOS I project of DARE with which he graduated from the university. He continued working with rockets as Project Manager & System Engineer for SSC Esrange in north Sweden for the REXUS and BEXUS projects. He then co-founded T-Minus Engineering with the vision to make the sounding rocket and space business cheaper and more efficient by miniaturisation and commercialisation.

Eric Smit

Eric is an Electrical Engineer from the TU Delft who got involved in building rockets during his bachelor programme at the TU Delft. The 'space virus' stayed, and during his master programme he got actively involved in DARE and CanSat programme as chief electrical engineer. After his study he co-founded T-minus Engineering with Mark and directly started working on CanSat programmes and the flight hardware of electrical systems for the Delfi-n3xt satellite. Eric is certified for space system electronics manufacturing and assembly.

Roel Eerkens

Roel joined T-Minus Engineering after completion of his study as Aerospace Engineer at the TU Delft. Being actively involved in DARE he has the hands-on experience with building rockets but also with team work and maintaining contacts with (business) partners. After he finished his study he joined T-Minus Engineering where he works both on the propulsion and mechatronics technology development as well as on developing business opportunities and creating and maintaining customer relations.

Hein Olthof

Like the others, Hein joined DARE during his study in Aerospace Engineering at the TU Delft. There he worked in a project group called 'solid six' that developed the new rocket propellant ALAN-7 which resulted in four scientific papers. In addition, Hein was safety officer at DARE and in that role grew his knowledge of rocket operations. This experience was extended during an internship at SSC Esrange and is now applied in preparation of the DART project and in the preparation and execution of CanSat campaigns.



The T-Minus Engineering team.



CanSat launcher with the crew from T-minus Engineering ready for lift off.



A CanSat kit including the basic components for a CanSat; a small board computer and transponder to send telemetry.

get this atmospheric research market with a cheaper and more flexible rocket called DART. Consisting of a dart-shaped probe and lightweight solid rocket booster that accelerates the probe to 1700 m/s (Mach 5.5) within only 5 seconds, the probe reaches an altitude of 100-120 kilometres where the scientific instruments can be deployed. This provides researchers the opportunity to take measurements in-situ through nearly the whole atmosphere. Something that up to now can only be done up to an altitude of 45 kilometres with balloons or via remote sensing from ground or space.

While the use of sounding rockets for this type of research is relatively unknown in the Netherlands and is more associated with the military, it is a well-known method in other countries, among which Sweden, Germany and Spain. Researchers and companies from these countries are following the progress that T-Minus Engineering is making and are happy to see that the concept of DART does not remain an idea but is actually being developed. And the market interest is increasing. With global

warming becoming a topic on everybody's agenda, so does the demand for better understanding of the atmosphere. Climate change is also on the Dutch agenda and T-minus Engineering is confident that their products can also help the research that is ongoing in the Netherlands.

Cutting edge

But what can the DART offer that the Viper cannot? One of the key developments that makes the DART possible is the miniaturization of electronics. This did not only lead to a revolution in day-to-day equipment like mobile phones, tablets, computers, TVs and other electronics, it also made its way into space with the introduction of cubesats. Even though the small electronics are more susceptible to the harsh environment, it turns out that the miniaturized electronics can hold out longer than expected. For T-Minus Engineering, the miniaturization of electronics allows them to make the electronics of the dart and its payload small. This is relevant because it allows to reduce the weight of the payload but more

importantly the surface area of the DART. With a front surface area of only 7.2 cm², the air resistance of the DART is so low that it can coast to an altitude of 120 km. Larger payloads would require a second boost after the dense atmosphere in order to reach the altitude because most of the velocity is lost due to friction. The DART however can reach 120 km with a single stage boost, hugely simplifying the rocket and its electronics. The T-Minus DART will limit the acceleration to 60 g's, which is still survivable for normal electronic.

The possibilities for payloads with the miniaturized electronics are constantly expanding. Miniaturized sensor suites can be deployed with inflatable balloons, featured descent systems and parachutes. With the team's experience in rocket and cubesat electronics, they are already building electronic equipment that can be used for these payloads. An example is a 9-DOF Inertial Measurement Unit (IMU) with GPS receiver that can accurately measure and record location and attitude. This can be extended with dedicated sensors, to measure other parameters, such as electron



CanSat deployment! Six CanSats are ejected from the cargo bay of the CanSat launcher.

Viper rockets

The Viper MKIII rocket was produced by Space Data Corporation, and later by Orbital Sciences. Literally 100's of these vehicles were launched per year in its glory days, the 80's. Production has ceased, however scientific demand is still present. The rocket was derived from the Super Loki system and specially designed to deploy an inflatable sphere at 90 km altitude, which could be tracked via radar from the ground.



Model of the DART rocket with the Booster and the Dart.



Artistic impression of the deployment of the DART payloads. Payload pods could be equipped with a parachute or feather fan to slow the descent to Earth.

density and trace gas concentrations. The last ‘trick up the sleeve’ of T-minus engineering is flexibility of the system. The DART is made compatible with the Viper IIA launch infrastructure, a spiral tube that is currently deployed on multiple locations. Anyone with access to that facility can launch a DART. For those who haven’t: T-minus Engineering has rebuilt a mobile working platform used in construction into a mobile launch platform that can be used on any location, provided that there is permission to launch from the local government. The platform is designed for both the CanSat launcher and the DART and, once completed, fully equipped with antennas for telemetry and remote control, by wire, to adapt to wind conditions. It is planned that pre-launch operations can be

as short as one hour, which makes it possible to perform many launches in a short period of time.

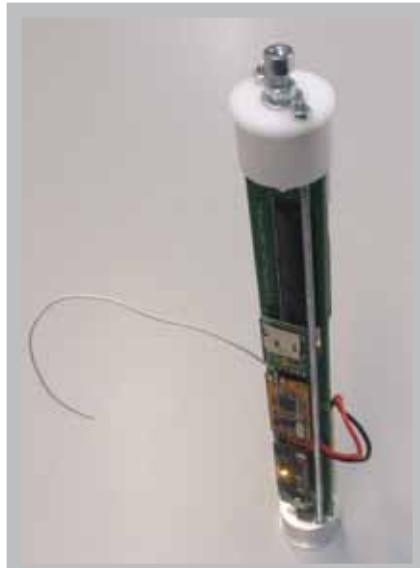
Step by step

T-minus Engineering is proceeding with the development of the DART. Up to now and till the beginning of next year they will have several component tests including a hypersonic test campaign in the wind tunnel facilities at the Delft University of Technology. Then the integrated test will follow, closing with a second subscale demonstration flight foreseen for the end of 2015 or early 2016. Once the DART is operational, T-minus Engineering can offer it to interested parties for a tenth of the cost of conventional sounding rockets. The end goal is not launching DARTs to the

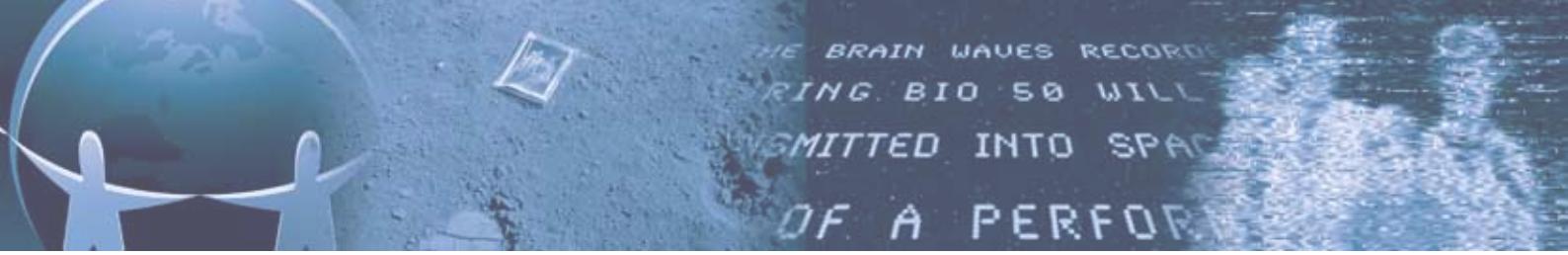
upper atmosphere alone. While the DART will be tested in a hypersonic wind tunnel, the DART booster, once operational, can be used for tests of inert hypersonic vehicles for aerodynamic research, but also propulsion research such as RAM and SCRAM jets. One thing is for sure, the visions and ambitions of T-minus Engineering do not stop with a flying DART. What will come after it, will depend on the experience the team gains with the project and what new possibilities and opportunities will rise from it.



A payload module developed by T-Minus Engineering. Equipped with a parachute it could for instance investigate noctilucent clouds.



The Mobile launch platform with the guiding rail for the cansat launcher and the spiral tube for the DART.



Visual Art and Space

Daniela de Paulis explores humanity, philosophy and the cosmos by means of radio waves

Michel van Pelt

I have an appointment for an interview at Rotterdam Central Station with Daniela de Paulis, artist, lecturer, founder and director of 'AstroArts for Astronomers Without Borders'. The location seems a fitting venue for the occasion, as this grand new train station is considered an architectural piece of art itself. Daniela is originally from Italy, currently lives in Rotterdam and is pursuing a PhD in artistic research at the Rietveld Academy in Amsterdam.

She exhibits internationally, often in collaboration with other artists as well as scientists and radio amateurs. In October 2009 she became the first artist in residence at the Dwingeloo radio telescope, where she works together with the amateur radio astronomy association CAMRAS (C.A. Muller Radio Astronomie Station, see also Ruimtevaart 2015-1) that uses and takes care of this recently restored astronomical instrument and historical monument. As "an artist who is fascinated by global perspectives and by the hidden networks across seas, lands and skies", Daniela has a natural fascination for space and space exploration.

What is your educational background?

Originally I studied architecture, then I moved into art. However, the fascination for space has always followed me and all my art is related

to space in one way or another. I have also been a professional dancer for several years, until 2003 when I completely moved into the visual arts.

How did you get inspired by space?

My space connection in terms of outer space and astronomy started with the Dwingeloo radio telescope. I had heard about a technology called Moonbounce and listened to recordings of radio amateur signals being reflected back by the Moon. I was really triggered by this technology. At the time I was working on a project related to international harbours, and when filming in Rotterdam I found out, via Wikipedia, about the Dwingeloo radio telescope. I contacted ASTRON [Netherlands Institute for Radio Astronomy], and they referred me to CAMRAS. We met for a chat, and I told them about an idea I had for a visual version, live performance of Moonbounce. They were immediately interested.

And out of this grew your Opticks concept.

Yes. Originally it was meant to involve just a couple of performances, one at the Amster-



Daniela de Paulis [Harry Keizer, CAMRAS]

OPTICKS

In October 2009 Daniela de Paulis and radio amateur Jan van Muijlwijk started pioneering an application they call Visual Moonbounce, in which images, encoded as radio signals by use of amateur radio technologies, are sent to the Moon and bounced back, employing it as a natural reflector. The concept is based on a technology called Earth-Moon-Earth or Moonbounce, developed shortly after WWII by the US military for very long-distance radio communication as well as espionage. OPTICKS is a live radio transmission performance employing Visual Moonbounce in collaboration with the CAMRAS radio amateurs association based at the Dwingeloo radio telescope in The Netherlands. The title OPTICKS is inspired by Newton's discoveries of the light spectrum, reflection and refraction. Similarly, the colours composing

an image – converted into radio signals – are reflected and refracted by the Moon's surface. The performance is introduced by live sounds of amateurs' radio signals captured by the Dwingeloo antenna tracking the moon. Each live performance is made possible thanks to the collaboration of radio enthusiasts Nando Pellegrini (IT) Howard Ling (UK), Bruce Halász (Brazil) and Daniel Gautschi (CH).

A special picture that was "moon-bounced" is that of the family of Apollo 16 Lunar Module pilot Charlie Duke, which he left on the lunar surface in 1972. The reflected image appears slightly distorted because the radio waves become weaker with distance and because the lunar surface scatters the radio signals, so that only a small percentage is received back on Earth.



Left: the picture of Charlie Duke's family on the lunar surface; note the footprint and Lunar Rover tracks nearby [NASA]. Middle: the original picture. Right: the same picture as received back, reflected by the Moon.

'The Blue Marble', a famous photograph of the Earth taken on the 7th of December 1972 by Apollo 17, was bounced off the Moon multiple times. The reflected image was again transmitted to the Moon and so on, until the picture

completely faded away in the background noise and effectively disappeared. An evocative series of ever fainter images resulted, symbolising the fragility of our planet even more than the original picture on its own.



A series of ever fainter "multi-moonbounced" pictures of the famous Apollo 17 image of Earth.

dam Planetarium and one in Nijmegen. But then we got multiple invitations for more. However, often the venues are far away and there is no budget for travelling, so we now mostly do live internet streaming from the Dwingeloo radio telescope. People from all over the world can join in and send us pictures, which we then transmit, reflect off the Moon and receive back.

I then print the returned image and send them as postcards to the originators of the picture. This is really the nicest part of the performance for me. It is a form of mail art, and gives people a memento of the event.

I understand you also sometimes resend the reflected image back to the Moon multiple times.

Yes, this was only done once, for a piece I presented during the re-opening of the Dwingeloo telescope. I used the famous "blue marble" picture of the Earth for that. As the photo travelled back and forth between the radio telescope and the Moon, it got ever more distorted and eventually faded away, resulting in an evocative series of images. The dis-

Astronomers Without Borders

Astronomers Without Borders is a global astronomy community that brings astronomy enthusiasts, educators, and others from all over the world together in programs based on a common interest in astronomy. AstroArts is its international, online cultural platform that aims at bridging gaps between the arts, science, astronomy and culture in general, and does this through the presentation of inspiring and thought-provoking works on the arts and science, probing and questioning their interaction and limits. AstroArts was founded by visual artist Daniela de Paulis (IT/NL) and astronomer Thilina Heenatigala (Sri Lanka).



Astronomers Without Borders logo.

pearance of this picture is quite symbolic. I am planning to use this concept for another project, while looking for other suitable pictures.

What in general do you want to convey with your art, what do you aspire to?

Well, in the visual art market there is the tendency to put the artist in a box, where the artist is expected to more or less repeat a particular type of art, making it a kind of signature of the artist. I have never been comfortable with this idea. I think more like a filmmaker, like for instance Werner Herzog, who each time makes a new type of documentary, always something different. In general I am really interested in anything contemporary, feeling the pulse of what is happening. At the moment I feel that space exploration is gaining new momentum, and is really impacting society. This is really what I am now interested in exploring, from a cultural as well as artistic perspective.

With projects like Opticks, you also get into collaborations with scientists and engineers

Yes. Before, I was mostly working with video and other digital media, on my own. But I always wanted to work with different kinds of technologies and science. For that you need to collaborate, and for me it started with the people of CAMRAS. From there I started working with other organisations, such as Astronomers Without Borders and NASA. This opened a completely new way of working for me, but I think much more in tune with how society is working now.

It has also changed the way I think about my art. Before, I was focussing on working towards an exhibition. Now I am much more interested in the process, getting in contact with people who may not know much about art, understanding the technology, the facilities needed, knowledge sharing, making me see things from another perspective. I regard all of this very

much part of the art itself. It has lead me to participate in scientific congresses, get in touch with other organisations such as the SETI [*Search for Extraterrestrial Intelligence*] Institute, providing me with new ideas.

How is your art perceived by scientists and engineers? I mean, we are more used to space art in the form of paintings, often meant to be realistic, or in the form of science fiction books and movies. But your art is quite different, less conventional.

Of course my work can be seen from different perspectives, it has different layers. I noticed how my art is differently perceived by the arts field and by the science field. When I show my work at a gallery or a museum, people there see a dimension of my work that may be less obvious to the scientists. I think scientists tend to think they automatically understand the field of the humanities. That may also be because in the humanities we use verbal language rather than formulas. But art and philosophy require training to be fully understood.

The science field regards art mostly from an outreach point of view. Which I don't mind, I can understand that and work with it. But I am more interested in the cultural aspect of my work, the appeal of the distorted pictures reflected by the Moon in contrast to the high definition images we are used to now. It is fascinating to see how people love these "moon corroded" images. I think it is because these images carry a symbolic message. And I like how the outreach aspect allows me to reach different fields in society, not just the arts, but all kinds of people from all over the world.

And to the Dwingeloo telescope and radio amateur community, is your work public outreach, or mostly an interesting technical challenge, or do they also see the artistic point of your work?

I think that from an initial scepticism, many are now embracing artistic collaboration and got inspired to do creative things themselves. The technology we use for Opticks is freely available, open source. Initially I was a bit protective about it, but now I see that it is great that more people can use it. But they still need a radio telescope of course.

What inspires you, provides ideas for your art?

Science fiction can be a source of inspiration. One of the first science fiction novels that inspired me is "The Space Merchants" [a 1953 novel by Frederik Pohl and Cyril Kornbluth], about a future where everything is for sale and people live in a world of advertisement. That lead me to a work of art I made in 2009. Also Philip K. Dick is one of my favourites [famous for the novel "Do Androids Dream of Electric Sheep?", and its cinematic adaptation "Blade Runner"], and a source of inspiration for my Cogito project. Science fiction raises philosophical questions about the future.

A few years ago I met the founders of the Overview Institute, Frank White and David Beaver, and that was really interesting. It was the first time I heard about the "Overview Effect".

I read the original "The Overview Effect" book some 20 years ago, and still need to read the recent updated version. I remember it was really an eye opener for me, that seeing the Earth from space really does change your view on life and society, your awareness of our place in the universe, and that it has greatly affected many astronauts. Do you have any plans to work with the Overview Institute?

Yes, I am now working on a related art project that involves immersing visitors to the Dwingeloo radio telescope in a virtual reality view of the Earth from space, recording their brain waves and transmitting those into space. In relation to this, I must say I am a little bit sceptic about current plans to stream live views of Earth as seen by cameras on the ISS [a project of the UrtheCast company]; to me that seems to run the risk of becoming a commercial gimmick.

Anything else you are planning, new areas to go into?

Well, radio astronomy is such an interesting area, and I don't feel I have yet exhausted all its possibilities. Especially with all the new radio telescopes currently being built all over the world, there is so much more to explore, also artistically.

More on Daniela's projects at:

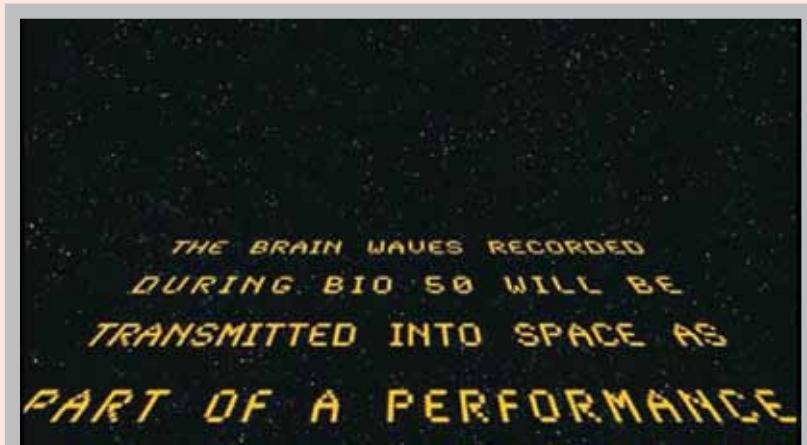
<http://www.danieladepaulis.com>, and
<http://www.opticks.info/blog>



An installation of Daniela inspired by the novel "The Space Merchants", which deals with the dangers of consumerism and invasive advertisement.

Cogito

Over the past few years, Daniela has been developing her Cogito project together with radio astronomers, radio amateurs, neuroscientists and philosophers. It is a research project that speculates on the creative and philosophical possibilities of exploring the cosmos by means of radio waves. As part of the 50th Design Biennale in Ljubljana, Daniela presented a "Thought Experiment" leading to the further development of Cogito. She invited visitors at the exhibition to become participants by putting on a light Brain-Computer Interface. As they walked across the exhibition space, this NeuroSky mobile headset recorded their brainwaves, transmitting them as live EEG data to a computer via Bluetooth, which then saved the data as a video recording. This recording, effectively a representation of the visitors' collective performative thinking, was later converted into radio waves and transmitted into space. As such the project is related to "reverse SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence)", sent out into the cosmos as proof of our existence and consciousness. Extraterrestrials may one day receive the signals and, should they be able to decode EEG signals, learn about us and our thinking.



Star Wars-style announcement of Cogito at the 2014 BIO 50 exhibition in Ljubljana, Slovenia.



Schieten met satellieten, van laserstraal tot stuwstraal

Onderzoek naar onconventionele lanceersystemen in Nederland

Berry Sanders

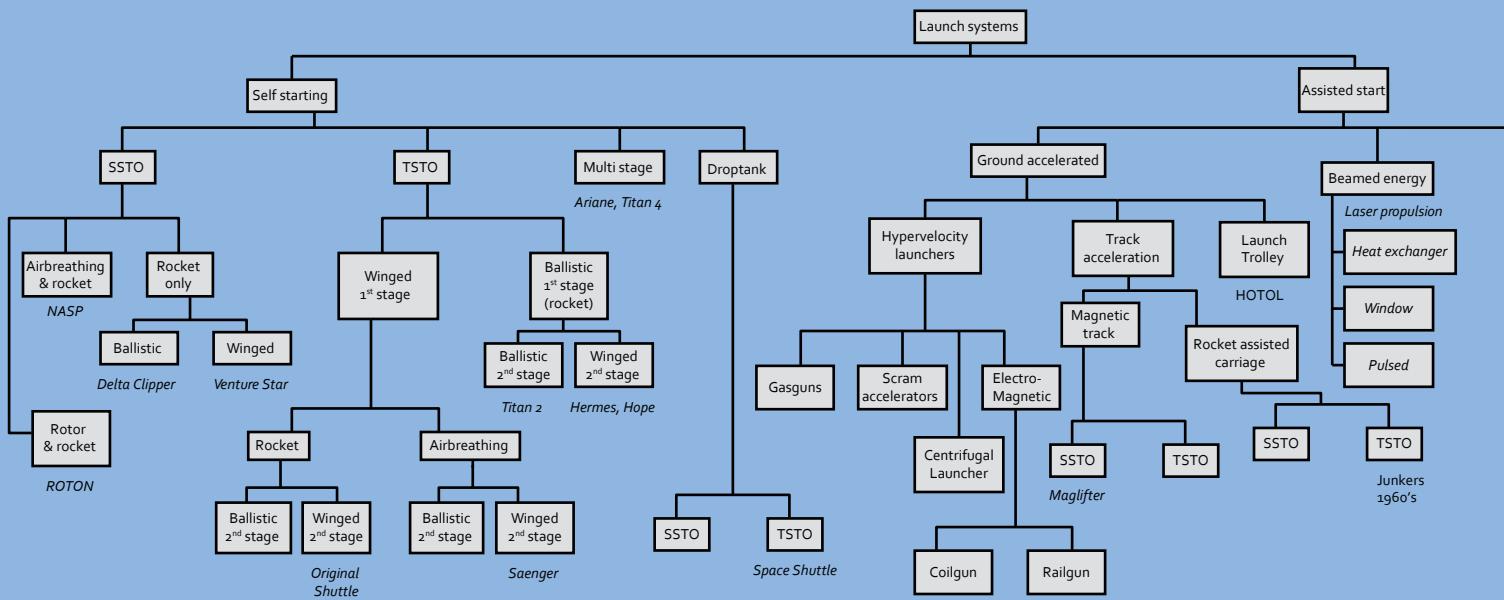
In het begin van de jaren negentig van de vorige eeuw waren er twee ontwikkelingen die een grote belofte voor de ruimtevaart met zich meebrachten. De eerste was de microsysteemtechnologie waarin in die tijd de eerste stappen gemaakt werden en die een verregaande miniaturisering van satellieten mogelijk zou maken. De tweede was het SDI (Strategic Defence Initiative, oftewel Star Wars), het grote Amerikaanse programma voor de verdediging tegen ballistische lange afstands raketten waarin veel nieuwe technologie op het gebied van hoge-energiwapens, sensoren, maar ook lanceersystemen werd ontwikkeld. In beide ontwikkelingen gold

in die tijd "geen idee is te gek, er is geld voor ieder onderzoek".

Beide ontwikkelingen kwamen uit de Verenigde Staten, maar ook in Europa gingen mensen zich ermee bezighouden. Soms lukte het zelfs een graantje mee te pikken uit de grote Amerikaanse budgetten. Zo werkte een afdeling van het toenmalig Prins Maurits Laboratorium in Rijswijk aan Railguns, een elektromagnetische manier om projectielen tot zeer grote snelheden te versnellen. In ESTEC zat een piekkleine sectie van drie mensen, de System Analysis Section, die de futuristische ontwikkelingen voor ESA bestudeerde. Vanuit deze System Analysis Section werd de auteur gevraagd of hij eens naar

de nieuwe ontwikkelingen wilde kijken. Hij werkte toen bij ESOC aan baanberekeningen van raketten en was op zoek naar nieuw werk. Bij het schrijven van een voorstel werd via het toenmalige NIVR al snel contact gelegd met de mensen van TNO en ook werd de allereerste workshop over micro- en nano-technologie bij ESTEC bezocht. Toen we alle mogelijkheden in kaart brachten kwam een geweldig toekomstbeeld naar voren: kanonnen die geavanceerde microsatellieten van enkele kubieke centimeter de ruimte in schoten. We droomden zelfs over een klein, in plastic gegoten zendertje, dat via de railgun van TNO in een ballistische baan over de Noordzee zou worden

Systematisch overzicht van niet-conventionele lanceersystemen zoals verzameld in de eerste studie van Bradford Engineering. [Moog-BRADFORD]



SSTO Single Stage To Orbit
TSTO Two Stage To Orbit
MSTO Multi Stage To Orbit
DT Drop Tank

H.M. Sanders, International Space Transportation Information & Consultancy, 1995
Bradford Engineering 1997
Latest update: July 8th, 1997

geschoten. Helaas werd ons onderzoeksvoorstel afgewezen (of moeten we zeggen: afgeschoten) en ging iedereen weer verder met zijn gewone werk.

Toch slaagde de System Analysis Section er iets later in om geld vrij te maken voor een kleine studie naar "Unconventional Launch Systems" en ik werd gevraagd dit te doen. Ik werkte inmiddels bij Bradford en Ed Voeten, die daar toen directeur was, had zelf een grote interesse in technische nieuwtjes, en zo werd het een Bradford project.

De eerste Nederlandse studie naar "onconventionele lanceersystemen"

Op deze ietwat informele manier begon een Nederlandse studie naar onconventionele lanceersystemen. Eerst moest een overzicht worden gemaakt van wat er allemaal al bedacht was. De regels waren eenvoudig: het moesten geen conventionele lanceersystemen zijn en zolang er papers over waren gepubliceerd werd een concept meegenomen. Het schema, te zien in de figuur, omvatte veel uiterst creatieve ideeën voor het lanceren van ruimtevoertuigen, van min of meer conventionele (zoals *air launch*, dat al bestond in de vorm van de Pegasus raket) tot uiterst theoretische als teleportatie en warp drives.

Enkele van de meer exotische lanceervormen die we tegenkwamen en die het vermelden waard zijn:

- De Hypersonic Skyhook: een roterende kabel in een baan om de aarde



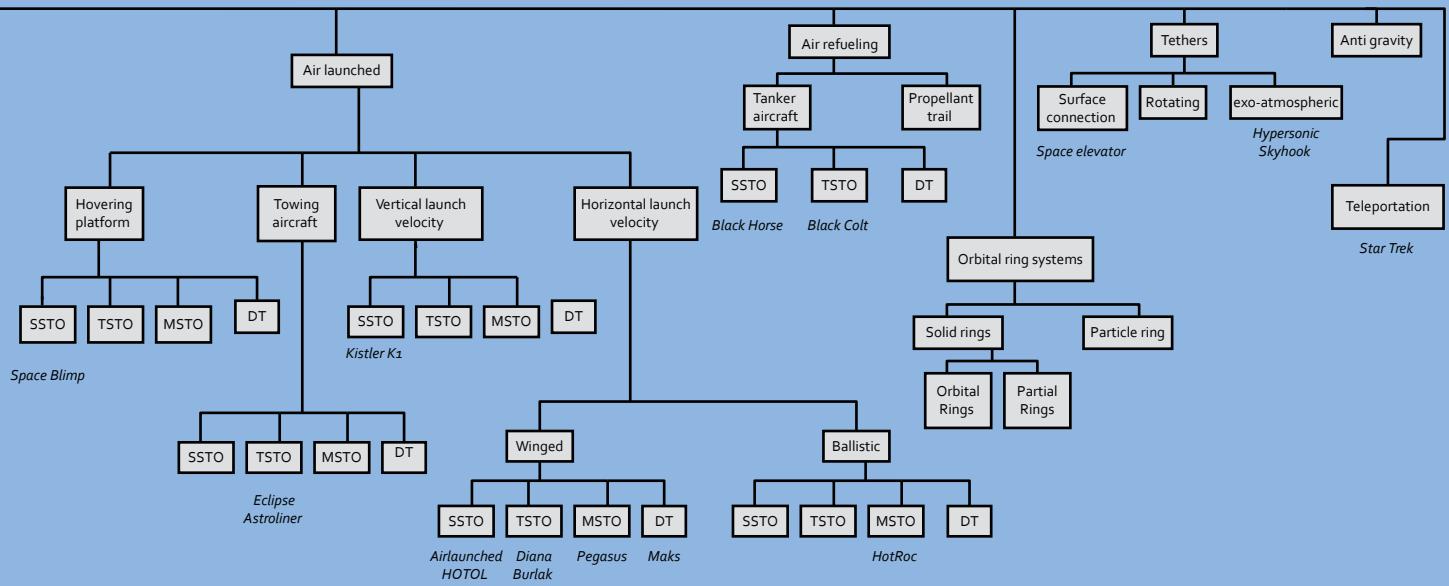
Kunstzinnige weergave van een ring boven de evenaar van waaruit lading kan worden opgehesen [Adrian Mann/www.bisbos.com]

die op lage hoogte (bijvoorbeeld 100 km) ladingen oppikte vanuit een suborbitaal lanceervoertuig en na 180 graden te zijn gedraaid de lading op veel grotere hoogte in een ellipsbaan afleverde.

- Orbital Ring system: een supergeleidende ring op enkele honderden kilometers boven de evenaar waarover "karretjes" reden. Door de snelheid hiervan aan te passen konden deze boven de evenaar ten opzichte van de aarde stilstaan en kon lading via een kabel worden opgetakeld. Daarna versnelde het "karretje" weer tot omloopbaansnelheid en werd de lading in de ruimte losgelaten.
- Fuel Trail Ramjet: in dit concept werd via een tankvliegtuig een spoor van

brandstof in de atmosfeer geloosd zodat er een optimale mengverhouding ontstond tussen brandstof en lucht. Een Ramjet projectiel werd dan door dit spoor heen geschoten en verbrande het brandstofluchtmengsel, waarmee hij zelf versnelde zonder brandstof mee te hoeven nemen.

Uit deze studie kwamen laservoortstuwing en kanonlanceringen naar voren als de meest realistische "onconventionele" systemen. Het onderzoek naar deze systemen was destijds al behoorlijk gevorderd en de concepten leken daarom redelijk dichtbij. Omdat de studie heel interessante resultaten had opgeleverd werd er besloten geld te zoeken voor een vervolgstudie. Die zou zich dan meer met kanonlanceringen bezig houden.





Promotiefoto's van het Project HARP van Gerald Bull in de zestiger jaren.



De buis van de Ram Accelerator van de University of Washington in de Verenigde Staten. [University of Washington]

De "Schieten met satellieten" studie

Er werd voor de volgende studie samengewerkt met het Prins Maurits Laboratorium van TNO. Daar was een grote kennis op het gebied van conventionele maar ook elektrisch aangedreven kanonnen beschikbaar die nodig was voor het vervolg.

Het idee achter een kanonlancering is eenvoudig. Men schiet met een kanon een projectiel af met een zo hoog mogelijke snelheid. Door het kanon omhoog te richten komt het projectiel buiten de atmosfeer en op het juiste moment vuurt men een raketsmotor af die het projectiel in een baan om de aarde brengt. In de TNO/Bradford studie werden alle mogelijkheden bekeken. Zowel de verschillende uitvoeringsvormen, maar ook de kogel zelf en mogelijkheden tot manoeuvreren na de lancering werden onderzocht.

In het literatuuronderzoek werd er ingegaan op het boek "de Reis naar de Maan" van Jules Verne, waarin drie maanreizigers worden afgeschoten met een gigantisch kanon. Ook werd gekeken naar het werk van de Canadees Gerald Bull, die in de jaren zestig met zijn High Altitude Research Project (HARP) een grote ontwikkeling realiseerde op basis van conventionele kanonnen. Hij lanceerde projectielen tot 180 km hoogte en werkte aan verschillende technologieën om satellieten te lanceren. Later werkte hij onder de naam Project Babylon aan een "supergun" voor de Irakese dictator Saddam Hussein, en werd mogelijk daarom in 1990 in Brussel vermoord.

De verschillende uitvoeringsvormen van het kanon werden uitgebreid geëvalueerd. Hieronder een kort overzicht.

Conventionele kanonnen

Dit zijn variaties op de standaard militaire kanonnen zoals Gerald Bull ze ook gebruikte. De werking is bewezen, maar hun eindsnelheid is beperkt door het gebruik van standaard kruit.

Light Gas Guns

Dit zijn eigenlijk tweetraps conventionele kanonnen. Een kruitlading drijft een zuiger aan waarachter waterstofgas wordt samengeperst tot zeer hoge druk. Aan de andere kant van de zuiger is een breekmembraan aangebracht dat scheurt bij een vooraf bepaalde druk. Achter het membraan zit het projectiel. Als het membraan breekt zal het zeer lichte waterstofgas expanderen en daarmee zeer hoge snelheden bereiken. Het projectiel achter het membraan zal tot heel hoge snelheden kunnen worden versneld. Een Light Gas Gun kan door het gebruik van waterstof veel hogere snelheden behalen dan gewone kruitladingen, waarvan de gassen veel zwaarder zijn en dus minder snel expanderen.

Multi Injectie kanon

Dit principe is bekend van de V3 oftewel "Vlijtig Liesje" die de Duitsers in de Tweede Wereldoorlog ontwikkelden om Londen mee te beschieten. Het bestaat uit een loop waar aan de zijkant op verschillende plaatsen kruitkamers zijn aangebracht. Door nu deze ladingen goed getimed achter elkaar te ontsteken kan een constante aandrijfkracht worden gerealiseerd waarbij het projectiel hoge snelheden kan bereiken.

Scram Accelerator

De laatste "chemische" variant die werd

onderzocht was de Scram Accelerator. Dit principe lijkt veel op de eerder genoemde Fuel Trail Ramjet, maar het hele proces vindt nu in een loop plaats. In de loop bevindt zich een optimaal lucht/brandstofmengsel. Door nu een als verbrandingskamer gevormd projectiel met een lage snelheid in de loop te brengen en het gas op de juiste plaats te ontsteken zal het projectiel als een ramjet (subsone interne verbranding) of zelfs scramjet (supersonice interne verbranding) gaan werken en zichzelf versnellen. Door in de loop verschillende secties aan te brengen met verschillende gasverhoudingen kan voor elke sectie een optimale versnelling worden gerealiseerd. Dit omdat de verbranding zich voor elk snelheidsdomein verschillend gedraagt.

Ook werden een aantal elektromagnetische versnellingsconcepten bekeken, zoals de Railgun en de Coilgun.

Railgun

In een Railgun wordt het projectiel versneld door het te laten bewegen tussen twee geleiders. Het projectiel, of een deel ervan, vormt zelf een deel van de stroomkring. Door de Lorentzkracht wordt het projectiel versneld tot snelheden van vele kilometers per seconde.

Coilgun

De Coilgun werkt op het principe van aandrijving door een elektrische spoel. Het elektrisch geleidende projectiel wordt door een serie spoelen steeds verder versneld. In principe kan dit proces oneindig lang doorgaan, zolang er spoelen zijn, waarmee er extreem hoge snelheden behaald kunnen worden.



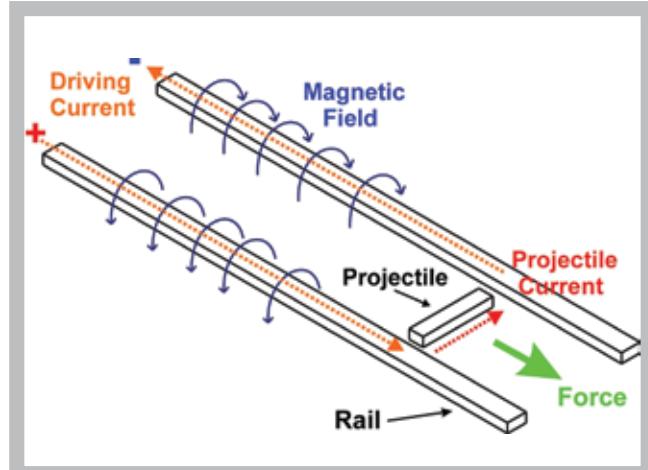
Een Light Gas Gun die gebruikt wordt op Arnold Air Force Base en waarmee snelheden tot 7 km/s bereikt worden. [USAF]

In de studie werd er ook naar de benodigde infrastructuur gekeken, die in alle gevallen erg omvangrijk bleek. Lopen van de kanons worden snel tientallen tot honderden meters lang en moeten daarom vast worden opgesteld. Voor de elektrische versnellers zijn de vermogens gigantisch en is lokale opslag van elektrische energie noodzakelijk. Men moet urenlang stroom opslaan om die daarna in tienden van een seconde weer vrij te maken. De schakelaars voor zulke hoge vermogens zijn dan ook een uitdaging.

Om het probleem van de vaste, dus niet te richten, infrastructuur op te vangen is er in de studie ook gekeken naar de mogelijkheid om na het verlaten van de loop de baan aan te passen door in de atmosfeer te manoeuvreren. Dit moet dan met snelheden van kilometers per seconde gebeuren en tevens binnen korte tijd omdat door de hoge snelheid het projectiel de atmosfeer binnen enkele seconden verlaat. Het bleek binnen beperkte grenzen wel mogelijk te zijn, maar de luchtkrachten zijn na het verlaten van de loop enorm en nemen daarna heel snel af.

De studie concludeerde dat het lanceren van satellieten met een kanon mogelijk was en dat de basistechnologie voor verschillende systemen beschikbaar was, maar diende te worden opgeschaald. De Light Gas Gun werd als het meest ontwikkelde concept gezien.

Hoewel er werd voorgesteld het werk te vervolgen zat vanwege de zeer hoge investeringen in de benodigde infrastructuur een vervolgstudie er om begrijpelijke redenen niet meer in.



Het principe van een railgun.

De Portugese connectie: van laserstraal naar stuwwaal

Toch bleek er nog een vervolg te zijn voor onconventionele lanceersystemen. In 2004 kreeg de auteur een telefoontje van ESTEC: Portugal was net lid geworden van ESA en er moesten opdrachten naar dat land. Nu was er een voorstel gekomen van de Technische Universiteit van Lissabon om aan laservoortstuwing te gaan werken. Het betrof een groep plasmafysici die weinig verstand hadden van voortstuwingssystemen en de auteur werd gevraagd of hij vanuit zijn achtergrond wat systeemkennis kon toevoegen. Het werd een interessant en leuk project en de samenwerking met Lissabon verliep prima. Laservoortstuwing – een betere naam is “Beamed Energy Propulsion” want het kan ook met microgolven – is een methode van lanceren waarbij de energie voor het verhitten van de stuwwal van de grond naar het voertuig wordt gestuurd. Er zijn drie vormen te onderscheiden:

Continue directe laservoortstuwing

Hierbij wordt een laserstraal van de grond via een spiegel en een doorzichtig raam in de raketaandrijving gericht om daar de stuwwal te verhitten. De hete gassen expanderen dan op een conventionele wijze via een raketaandrijvingspijp.

Indirecte laser- en microgolf-voortstuwing

In deze vorm wordt een laser- of microgolfstraal op een ontvanger op de zijkant van het voertuig gericht. De energie wordt dan door een warmtewisselaar gebruikt om de stuwwal op te warmen. In de microgolfversie kan de stuwwal

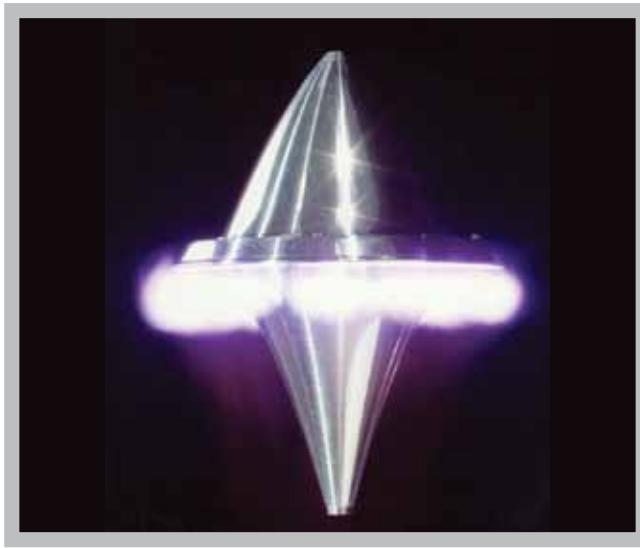
direct worden verhit door de straling of kan de ontvanger de microgolven eerst in warmte omzetten.

Gepulste laservoortstuwing

In deze vorm wordt een hoog geconcentreerde laserpuls van onderen naar het voertuig gestuurd waar het de stuwwal direct omzet in een zeer heet plasma dat expandeert en voor voortstuwing zorgt. Door een nieuwe puls af te vuren als het gas geëxpandeerd is, kan een gepulste voortstuwing worden verkregen. Een bekende variant is de Lightcraft van de Amerikaanse professor Leik Myrabo waar de vorm van het voertuig de laserstraal op een focus in het voertuig richt om daar een nog hogere intensiteit te krijgen.

Laservoortstuwing kan zowel in luchtgebruikende modus als in pure raketmodus werken. In het eerste geval wordt slechts de omringende lucht verhit en gebruikt als stuwwal, in het tweede geval de meegevoerde brandstof. Het meest efficiënte is natuurlijk om eerst gebruik te maken van de omringende lucht en pas op grote hoogte eigen brandstof te benutten.

Omdat de Portugese projectleider eerder in Amerika aan de Lightcraft had gewerkt en dit uit de onconventionele lanceersystemen-studie van ESA als een van de meest levensvatbare opties was gekomen, werd hier verder aan gewerkt. Het doel van de studie was te kijken of we de Amerikaanse resultaten in Europa konden reproduceren, zowel op het fysische plasmagebied alsook op het gebied van prestaties. Het bleef echter een puur theoretische studie, voor experimenten was geen budget.



De Lightcraft in actie. [Lightcraft Technologies]



De studie slaagde goed, we waren in staat om zowel het fysische proces te modelleren alsook te correleren met de gegevens die bekend waren van het Lightcraft. Stuwkracht en specifieke impuls bleken goed overeen te komen. In het tweede deel van de studie waren we ook in staat om met een baanberekeningsprogramma de testvluchten van de Lightcraft na te rekenen. Wederom een bevestiging van het principe.

Ook is nagedacht over de praktische uitvoering van een laserlancering en de problemen die daarbij naar voren komen. Een probleem is de doorlaatbaarheid van de atmosfeer voor laserlicht; alleen bepaalde frequenties kunnen er zonder veel verliezen doorheen. Liefst zal de lanceerbasis zich op een hoge plek in een droge, doorzichtige atmosfeer bevinden. Het Portugese eiland Madeira werd geïdentificeerd als een mogelijke locatie. Een tweede probleem was de geleiding: hoe hou je een laserstraal op grote afstand op een klein (doorsnede van tientallen centimeters) voertuig gericht? De oplossing was eenvoudig; passieve stabilisatie oftewel een "beamrider". Door de Lightcraft op een goede manier vorm te geven werd er passief een stoorkracht opgewekt wanneer het voertuig deels uit de laserstraal kwam. Het voertuig werd dan als het ware in de straal teruggeduwd. Door nu ook nog het voertuig passief te stabiliseren, door het aangrijpingspunt van de stuwkracht voor het zwaartepunt te plaatsen, werd een geheel passief voertuig gecreëerd dat te allen tijde stabiel in de straal bleef vliegen. De gehele sturing gebeurde van

de grond door de straal te richten. Stuwkrachtsregeling was mogelijk door de frequentie van de laserpulsen te variëren. Omdat een laserstraal via een spiegel gericht kon worden, kon het voertuig in de laserstraal gemakkelijk alle kanten op worden gestuurd. De problemen met de vaste loop van kanonlanceringen werden hiermee voorkomen.

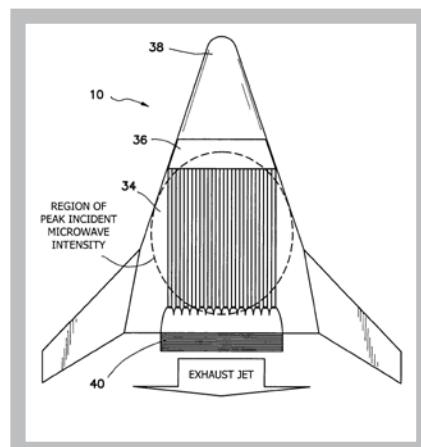
Hiermee werd het concept aantrekkelijk: een goedkoop, volstrekt passief en flexibel voertuig dat een kleine satelliet naar een baan om de aarde kon voeren en waarmee lancering na lancering kon worden afgewerkt. De enige substantiële telkens terugkerende kosten waren die van de elektriciteit. Het enige probleem was de laser zelf: er zijn laserstralen van tientallen megawatts nodig en die waren en zijn er nog steeds niet. Ook hebben de beste lasers een efficiëntie van 10%, dus

het vermogen dat erin moet zit in de orde van honderden megawatts. Bij een lancering moet dus ook nog eens 90% van de energie als warmte worden afgevoerd. Men was toen, en is nog steeds, voor militaire toepassingen dit soort lasers aan het ontwikkelen. Het is dus wachten tot ze beschikbaar komen. Het militaire gebruik van multi-megawatt lasers geeft ook nog een maatschappelijk probleem: wie garandeert dat ze alleen worden gebruikt om eigen satellieten de ruimte in te lanceren en niet om andermans satellieten uit de ruimte te schieten?

Aan het einde van de studie is nog getracht budget te krijgen om in Portugal kleine experimenten te doen, maar het oordeel van ESA was duidelijk: dit is twintig jaar in de toekomst en daar gaan we nu geen geld in steken, alle budget is nodig voor (in die tijd) Vega, Ariane 5 en de toenmalige herbruikbare lanceervoertuigontwikkelingen.

Het einde?

Met het afronden van de laservoerstuwingstudie kwam na ongeveer tien jaar een einde aan het onderzoek naar "onconventionele lanceersystemen" in Nederland. De resultaten zijn vastgelegd in rapporten, presentaties en zelfs een enkel paper. Deze resultaten blijven beschikbaar voor toekomstig onderzoek en ook de mensen die eraan gewerkt hebben zijn er nog steeds om hun ervaringen te delen. Het zou mooi zijn als we in de toekomst dit onderzoek in Nederland weer op kunnen oppakken, omdat het een mooie onderzoeksniche is waar Nederlandse onderzoekers zich kunnen onderscheiden.



Tekening uit het patent voor een micro-golf-voerstuwingssysteem. De stuwtstof wordt in de antenne met microgolven opgewarmd en dan uitgestoten.



ISU Space Studies Program 2015

Wendy Mensink, Maarten Sleeegers en Lars Hoving

De nieuwste editie van het Space Studies Program van de International Space University, ook wel bekend als SSP15, werd afgelopen zomer georganiseerd in Athens, Ohio in de Verenigde Staten. Met honderd deelnemers uit dertig verschillende landen resulteerde dit in een zeer gevarieerde mix van culturen met elk hun bijbehorende werk-ethiek en normen en waarden. Hierdoor werd samenwerken in het negen weken durende programma een gezonde en leuke uitdaging voor iedereen, wat een belangrijk onderdeel vormt van het SSP.

In samenwerking met NASA Glenn Research Center, was het Russ College of Engineering van Ohio University een geweldige gastheer gedurende de negen weken dat de SSP neerdaalde in het 25.000 inwoners tellende stadje Athens. De universiteit verzorgde de accommodatie, eten, vrijetijdsvoorzieningen en onze reizen buiten de campus. De voorzieningen waar de lessen en teamprojecten plaatsvonden waren van zeer goede kwaliteit en groot genoeg voor alle studenten. De twee grootste reizen waren bezoeken aan het NASA Glenn Research Center en het NASA Plum Brook Station, in de omgeving van Cleveland. Hier werd uitgebreide informatie gegeven over de faciliteiten en de tests die hier uitgevoerd worden. Tijdens dit tweedaagse bezoek werd onder meer de Reverberant Acoustic Test Facility (RATF), de Mechanical Vibration Facility (MVF), de Icing Research Tunnel (IRT), de Spacecraft Propulsion Research Faci-

lity (SPRF), en de Space Power Facility (SPF) bezocht. Bij deze simulatierruimte ('s werelds grootste met ruim 37 meter hoogte en 30 meter in diameter) werden verhalen verteld waarna iedereen met open mond stond te kijken naar de immens grote ruimte waar een vacuüm gecreëerd kan worden. Bij elk onderdeel stond een NASA expert klaar om verhaal te doen over wat er exact gedaan werd. Naast het bekijken van deze gigantische, bijna onwerkelijk grote faciliteiten, wer-

den er presentaties gegeven over o.a. de apparaten die gebruikt worden voor lichaamsbeweging van astronauten in de ruimte, de wielen van maanrovers waarbij de 'hands-on experience' gegeven werd door de verschillende soorten wielen vast te houden en te voelen. Voor veel studenten van SSP15 waren deze twee dagen de absolute highlights van de zomer.

De Nederlandse deelnemers

De drie Nederlandse deelnemers aan SSP15 waren Wendy Mensink, Maarten Sleeegers en Lars Hoving. Wendy Mensink is een grafisch ontwerpster die in 2013 afgestudeerd is aan de kunstacademie ArtEZ in Arnhem. Hier heeft ze een bachelor in Graphic Design behaald, met een minor en specialisatie in Conceptual Type Design. Na haar studie werd voor haar al gauw duidelijk dat haar passie voor ruimtevaart, die ze sinds kindersleeftijd had, niet weg zou gaan. Ze begon dan ook al jong te interesseren voor ruimtevaart en de mogelijkheden die dit voor ons planeet aangeeft. Na haar studie begon ze te werken voor een aantal grote internationale bedrijven, waaronder Google en Microsoft. Inmiddels heeft ze een eigen studio opgericht en werkt ze aan een aantal verschillende projecten. Maarten Sleeegers is een student aan de Universiteit van Amsterdam en studeert daar deelname aan de ruimtevaart. Hij heeft een achtergrond in de wetenschap en technologie en is momenteel actief aan het onderzoeken van de mogelijkheden van de ruimtevaart voor de toekomst. Lars Hoving is een student aan de Universiteit van Amsterdam en studeert daar deelname aan de ruimtevaart. Hij heeft een achtergrond in de wetenschap en technologie en is momenteel actief aan het onderzoeken van de mogelijkheden van de ruimtevaart voor de toekomst.



Het Team Project waar Maarten en Wendy aan deelnamen: Vision 2040, gericht op de toekomst van ISU.

Vers van de pers

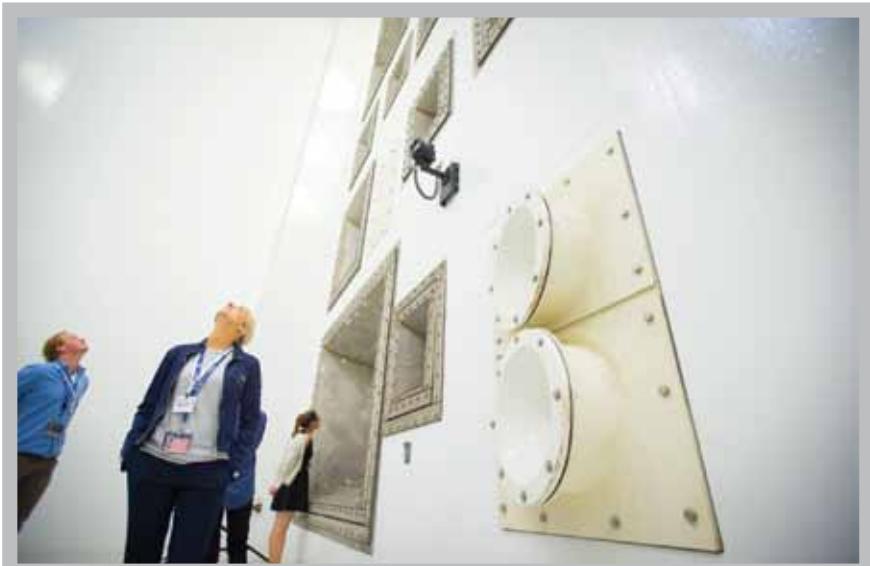
Onlangs werd door ISU bekend gemaakt dat de 31^e editie van het ISU Space Studies Program 2018 zal worden georganiseerd in Nederland. Aan deze toekenning is het afgelopen jaar hard gewerkt door een speciale werkgroep. Deze werkgroep wordt geleid door het Netherlands Space Office (NSO) en bestaat uit vertegenwoordigers van TU Delft, Universiteit Leiden, ESA-ESTEC en de gemeenten Delft, Leiden, Noordwijk en Den Haag. Het zwaartepunt van het programma zal liggen bij de faculteit Lucht- en Ruimtevaarttechniek op de TU Delft, met verschillende programmaonderdelen en speciale evenementen ook in Leiden en Noordwijk. Meer dan 100 deelnemers en 200 speciale gasten van over de hele wereld worden gehuisvest op de campus van de TU Delft.

Gedurende het programma, dat ruim twee maanden duurt, in de zomer van 2018, worden veel speciale evenementen georganiseerd, waarbij ook het publiek van harte welkom is. Een jaarlijks terugkerend 'klassiek' evenement is het ISU Astronautenpanel, waarbij verschillende astronauten over hun ervaringen tijdens hun ruimtemissies vertellen. Andere bekende evenementen zijn de robotwedstrijd, de rakettlancering en het ruimtevaart ondernemerspanel.

Het ISU Space Studies Program richt zich op jonge professionals in de ruimtevaart en pas afgestudeerden die geïnteresseerd zijn in een carrière in de ruimtevaart, of zich willen voorbereiden op een volgende stap in hun ruimtevaartcarrière. Het programma is toegankelijk voor iedereen met een HBO of Universitair diploma, ongeacht leeftijd en studierichting, met een flinke dosis interesse in de wereldwijde ruimtevaart. In juli en augustus 2016 wordt het programma gehost door Technion in Haifa, Israël. In de zomer van 2017 wordt het georganiseerd door het Cork Institute of Technology (CIT) in Cork, Ierland. Bijna elk jaar zijn er tenminste twee of drie Nederlandse deelnemers bij. Meer informatie is te vinden op de website van de International Space University: www.isunet.edu.

teamproject koos ze er uiteindelijk voor om samen met nog twee personen de rol als ontwerper op haar te nemen. SSP15 heeft Wendy de bevestiging gegeven dat de ruimtevaart de plek is waar ze werkzaam wil blijven. Daarnaast hebben alle lessen en projecten van ISU haar inspiratie tot onbekende hoogten doen stijgen. Na een Bachelor in Culture Antropologie te hebben gedaan in Italië en Spanje volgt Maarten Sleegers nu een Master in Global Studies; een discipline die zich bezighoudt met internationale betrekkingen, wereldgeschiedenis en alle aspecten van mondialisering. Deze tweearige opleiding is onderdeel van het Erasmus Master Programma, een Europees initiatief om het hoger onderwijs meer te internationaliseren, en bestaat zodoende uit een consortium van vijf Europese universiteiten. De eerste twee semesters heeft Maarten doorgebracht in Wrocław (Polen), het derde in Halifax (Canada), gevolgd door een laatste semester in Wenen. Momenteel werkt hij aan zijn afstudeerproject, dat gaat over het internationaal management van grondstoffen in de ruimte. Tijdens SSP15 heeft Maarten het Space Humanities departement gekozen waarbij hij een video heeft gemaakt met als doel om mensen te enthousiasmeren voor de ruimtevaart. SSP15 is er sowieso in geslaagd om Maarten te overtuigen dat zijn toekomst in de ruimtevaart ligt. Zodra hij zijn afstudeerscriptie heeft afgerekend, wil hij aan de slag in deze sector om zijn vergaarde kennis ook daadwerkelijk toe te passen.

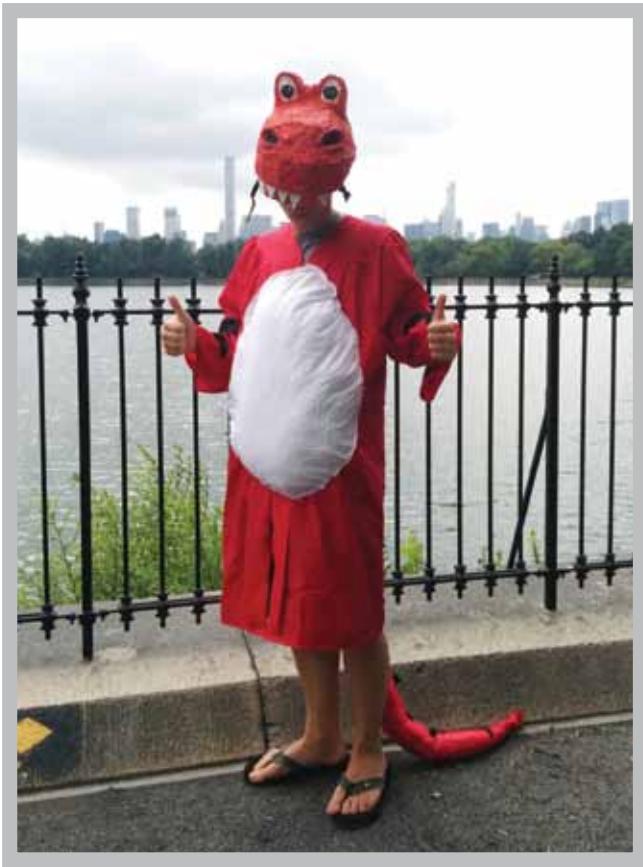
Lars Hoving is vanaf jongens af aan al gefascineerd met technologie en de ruimtevaart. In zijn eerste studie Technische Informatica aan de Hogeschool Drenthe kwam al gauw naar boven dat de ruimtevaart de boventoon begon te voeren. Dit werd nogmaals versterkt toen hij zijn afstudeerscriptie afrondde bij ASTRON gefocust op de nieuwste generatie radiotelescoop, de Square Kilometre Array (SKA), die geplaatst gaan worden in Zuid-Afrika en Australië in de komende jaren. Hierna is hij de studie Bachelor Aerospace Engineering gaan volgen aan de Technische Universiteit in Delft en op moment is Lars bezig met zijn Master op de afdeling Astrodynamics and Space Mission Analysis waar hij zijn afstudeerscriptie binnenkort gaat afronden. De scriptie gaat over baanberekeningen in



In de Reverberant Acoustic Test Facility (RATF) staan Lars (links) en Wendy (rechts) met medestudenten de ruimte aandachtig te bestuderen.

doen besluiten om haar vakgebied te specialiseren op de ruimtevaartsector. Het meest interessante hieraan vindt ze het op een conceptuele manier vertalen van ruimtevaartmissies naar het publiek. Daarnaast heeft ze een andere uitdaging gecreëerd, namelijk het ontwikkelen van

de applicatie Viridian Raven voor risicoanalyse voor bosbeheer op basis van data van de Sentinel-satellieten. Vanwege deze applicatie heeft Wendy tijdens SSP15 gekozen voor het departement Space Applications, om zo op dit onderwerp meer kennis te vergaren. Voor het



Na SSP15 zijn veel deelnemers nog door de VS gaan reizen: hier staat Lars in het outfit van de mascotte van zijn Team Project 'Planetary Defense' in New York.

het Galileïsche manensysteem van Jupiter voor ruimtevaartuigen met een lage voortstuwingsskracht. Het doel is om de vier grote manen van Jupiter in kaart te brengen met zogenaamde *swingby's* om efficiënt van maan naar maan te kunnen gaan zonder dat veel voorstuwingsskracht nodig is. Vanwege het feit dat zijn studies met name op engineering gefocust zijn, heeft hij als departement bij de SSP gekozen voor Human Performance in Space om meer te weten te komen over de invloeden van ruimtereizen op het menselijke lichaam. De SSP15 heeft Lars aangetoond dat de ruimtevaart veel meer is dan alleen engineering en is door vele mensen deze zomer nu nog meer geïnspireerd en gedreven om in de ruimtevaartsector te gaan werken.

Projecten

Zowel Wendy als Maarten kozen voor het teamproject Vision 2040. Dit project werd, in tegenstelling tot de andere twee projecten, gekenmerkt door de afwezigheid van een duidelijk omschreven doelstelling. We hadden namelijk als taak een visie op de wereld en de

ruimtevaartsector in 2040 te schetsen. Vervolgens moest een plan worden uitgeschreven dat ISU in staat zou stellen een relevante rol te blijven spelen in die toekomstige wereld. Kortom een bijzonder uitdagend maar leerzaam project waarbij de befaamde 3'l's (internationaal, interdisciplinair en intercultureel) alom vertegenwoordigd waren. Lars heeft als teamproject gekozen voor Planetary Defense. Het project was gericht op het verdedigen van de Aarde voor kosmische bedreigingen zoals kometen. Dit probleem is niet goed bekend bij de beleidsmakers en het grote publiek, en om dit te veranderen heeft het projectteam een set van aanbevelingen gemaakt om een Planetary Defense programma op te zetten. De SSP15 aanbevelingen – ook wel Roadmap for Earth Defense Initiatives (READI) genoemd – waren gericht op een vijftal onderwerpen, namelijk *detection and tracking, deflection techniques, global collaboration, outreach and education* en *evacuation and recovery*. Een belangrijk onderdeel was outreach voor het project, en om dit kracht bij te zetten kwam het team met



De trotse Nederlandse deelnemers van SSP15: (v.l.n.r.) Lars, Wendy en Maarten.



Lars in de mascotte van zijn Team Project 'Planetary Defense' tijdens de eindpresentatie.

het idee om een mascotte te gebruiken. De mascotte was een rode dinosaurus genaamd Ash die de meteoriet inslag van 65 miljoen jaar geleden overleefd heeft en werd gebruikt om het probleem bekend te maken bij het grote publiek, waaronder de jonge generatie. Een mooi voorbeeld dat de SSP ervaring niet stopt na het programma is het experiment dat bedacht werd voor het project van het departement Human Performance in Space. Het team verantwoordelijk voor het experiment bestond uit Lars en twee andere SSP'ers, Nicholas Strzalkowski (Canada) en Michaela Musilova (Slowakije). Nicholas kwam met het idee om onderzoek te doen naar de invloed van de ruimte op het evenwichtsorgaan en de onderbenen van astronauten. Samen hebben ze het experiment uitgewerkt en gepresenteerd tijdens de SSP. Na de SSP is een onderzoeksvoorstel ingediend bij ESA's Fly Your Thesis! campagne om het ontworpen experiment in 2016 daadwerkelijk in de praktijk te laten brengen tijdens een parabolische vlucht waarbij gewichtloosheid wordt ervaren.

Uitslag Essaycompetitie “Honey, I shrunk the satellite!”

Sybren de Jong, Chris Verhoeven

Na de succesvolle essaycompetitie in 2012 ter gelegenheid van de

60^{ste} verjaardag van de Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart is er begin dit jaar besloten opnieuw een essaycompetitie uit te schrijven. Zoals aangekondigd in het eerste nummer van Ruimtevaart van dit jaar, was deze keer het onderwerp “Honey, I shrunk the satellite!”. Naast een geschreven essay was er de mogelijkheid om een interactieve versie in te zenden. Helaas viel het resultaat tegen: we ontvingen slechts twee geschreven essays.

De jury, bestaande uit de Ereleden, heeft de twee essays beoordeeld. De jury heeft geconstateerd dat de twee auteurs veel

tijd, enthousiasme, creativiteit en energie in hun bijdrage gestoken hebben om tot zeer originele inzendingen te komen, maar is van mening dat beide inzendingen onvoldoende technische inhoud en kwaliteit hebben om tot een volwaardige prijsuitreiking te kunnen overgaan. De inzet is wel beloond met een tegoedbon van 50 euro voor beide auteurs.

Het NVR bestuur heeft besloten om geen vervolg meer te geven aan de essaycompetitie. Er wordt nagedacht over andere vormen voor een competitie onder de leden waarbij creativiteit een rol speelt. Ideeën en suggesties hiervoor zijn welkom!

advertentie

IPStar

De Europese Ruimtevaart Organisatie (ESA) werkt sinds 1989 aan de voorbereidingen van langdurige ruimtereizen zoals een bemande missie naar Mars. Eén van de uitdagingen is de hoeveelheid voedsel, zuurstof en water die nodig is om de crew in leven te houden. Een retourje Mars duurt circa drie jaar. Dat betekent dat voor een zesmannige bemanning zo'n 36 ton aan voedsel en water moet meereizen. Met de huidige rakettechnologie is dat onmogelijk. De uitdagingen in de ruimte bij de productie van voedsel, water, zuurstof en dergelijke zijn in de basis identiek aan de uitdagingen die wij op aarde hebben. Een internationaal consortium van een 14-tal kennisinstituten werkt al ruim 25 jaar aan een geavanceerd autonoom ecosysteem waarin voedsel, zuurstof

en water in een gesloten kringloop worden geproduceerd. Dit heet het MELiSSA programma en is een schoolvoorbeeld van een op biologische technieken gebaseerde kringloop. IPStar BV is verantwoordelijk voor de valorisatie van de ontwikkelde technologieën. De transitie naar een circulaire en *biobased* economie vormt de basis van onze activiteiten. Zo

werken wij onder meer aan autonome gewasteelsystemen (*‘vertical farming’*), geavanceerde waterbehandelingstechnologieën en ultra-efficiënte algenkweeksystemen. Onze kracht bestaat uit de integrale aanpak van circulaire systemen waar anderen vaak slechts een onderdeel bestrijken. Uiteraard doen wij dit alles met een groot aantal partners uit binnen- en buitenland. Ook leveren wij steeds vaker technologische consultancy diensten, waarbij wij kunnen putten uit 25 jaar fundamenteel onderzoek door ca. 100 wetenschappers. Voor meer informatie: www.ipstar.nl.





Peenemünde and Mittelbau-Dora

The remains of the German A4/V2 development and production centres

Michel van Pelt

Kummersdorf, Peenemünde and Mittelbau-Dora, famous in spaceflight history as the places where the A4/V2, the world's first operational large rocket, was born and produced. Ultimately nearly all fundamental technologies used in space launchers today trace their origins to these sites. However, for tens of thousands of victims of the Nazi regime Peenemünde and especially Mittelbau-Dora meant suffering and often death. What remains of these places of, for better or worse, incredible historic significance? To find out I joined the recent British Interplanetary Society Germany rocket history tour, organised by accomplished Battlefield Guide Andrew Thomson.

The Peenemünde power plant / museum [Historisch-Technisches Museum Peenemünde GmbH]



Kummersdorf

We start in Berlin and drive south, first to visit the remains of the World War II German Army Headquarters, of some significance to spaceflight history as here the head of the German Army's rocket development, Walter Dornberger, went to meet his superiors to gather money and support. Next we head for the Kummersdorf artillery and rocket testing ground, about an hour from Berlin. In June 1932 spaceflight advocate Rudolf Nebel and a handful of other members of the *Verein für Raumschiffahrt* (VfR – "Spaceflight Society"), among which Wernher von Braun, drove to this place to demonstrate one of their liquid-propellant rockets to the Army. We imagine these pioneers on the same roads our bus is taking, driving carefully not to damage the primitive rocket. The Army saw use for advanced liquid propellant rockets to complement the simpler solid propellant artillery rockets they were already developing. Rocketry was not mentioned in the Treaty of Versailles that Germany had been forced to sign after the First World War and therefore there were no constraints to its development as a weapon. Rockets also promised higher ranges than even the infamous "Paris guns" of World War I and the ability to be fired from more transportable equipment than cumbersome large artillery. The German military was also hoping that this innovative weapon would surprise and demoralise their enemies.

The demonstration rocket, with a take-off mass of 20kg, reached an altitude of only 70 meters before veering horizontally into the forest. It left the Army unimpressed with the rather shifty Nebel, but very interested in young von Braun, who seemed extraordinary competent and trustworthy. Bypassing Nebel, they soon offered von Braun a job at Kummersdorf whilst enabling him to pursue his PhD at Berlin University. In October that year, three months before Hitler came to power, the 22-year old initiated the Army's first serious work on liquid propellant rocket propulsion and became the technical head of the development of the A-series of rockets ultimately leading to the A4. The A stood for *Aggregat* – "Assembly", a name specifically meant to be non-descriptive in an effort to keep Germany's military rocket development a secret. When the A4 eventually made its



A replica of the A2 rockets that were successfully launched in 1934. [author]



A nozzle that has been tested at Kummersdorf. [author]

military debut, Nazi propaganda minister Goebbels named it the V2, with V for *Vergebung* – "Vengeance".

At Kummersdorf some fairly intact rocket test stands can be found, but recently enforced health & safety regulations preclude a visit of their remains in the

woodlands. Fortunately the small museum (*Historisch-Technisches Museum Versuchsstelle Kummersdorf*), run by a local group of volunteers, displays some historical artefacts and models for us to inspect. None of the A-rockets were ever launched from Kummersdorf, as the site was not considered large enough for that, but static firing tests were performed at this location. Two complete A2 rockets built here were launched from the island of Borkum in the Wadden Sea; a full-size reproduction of one of these is on display.

Peenemünde

By 1935 it became clear that for launching the A3 as well as developing and launching the future A4 rockets a new large, isolated, sparsely populated site was required. It would need to be able to house thousands of technical and support personnel, advanced wind tunnels, large test stands, laboratories, production facilities, assembly halls and a substantial power station to make it all run. It had to be at the coast, so that rockets could be flown over the sea for safety as well as secrecy reasons. Launched parallel to a sufficiently long coast, it would be possible to track the rockets during their entire flight. The northern tip of Usedom, at the Baltic coast, was found to be ideal. The secret centre founded here became known as Peenemünde, after a local village. It comprised a Luftwaffe (German air force) area called Peenemünde West, where the V1 flying bomb and a variety of experimental (also rocket-propelled) aircraft were tested, and a Wehrmacht (Army) area dubbed Peenemünde East, where the A4 and some other smaller missiles were developed.

To reach the place we cross the Peene river at Wolgast, then move up north to the once secretive and highly guarded area. The geography reminds one of the Space Coast of Florida, which you also enter by crossing a river. Both sites house important natural reserves. In both places the beach is lined with hotels and restaurants, albeit of much more elegant design here in Germany than at Cocoa Beach. This is all at least partly the result of similar requirements. Like near Cape Canaveral's "Missile Row", you can imagine how some 70 years ago people gathered here at the beach to watch the rockets take off from the launch pads only a few kilometres further up the coast. It is an idyllic



Memorial for the Peenemünde forced labourers at Karlshagen who perished during the British air raid of August 1943. [author]

site where the war must have seemed far away, at least until the bombers arrived in 1943, shortly after the Allies found out about Peenemünde. From the beach we can also see the island of Greifswalder Oie in the distance, the location for A3 and A5 rocket launches while Peenemünde was still being developed.

We first come to a DDR-era memorial inaugurated in 1970 that remembers the approximately 600 forced labourers who were killed when the first British "Operation Hydra" air raid of August 1943 dropped bombs too far south, hitting their Trassenheide camp. Of this labour camp nothing remains except its overgrown railway platform, at which the workers embarked the train that took them to Peenemünde.

The cemetery adjacent to the monument contains the graves of the "free" Germans who died in the attack, amongst which Walter Thiel, responsible for the design of the A4's revolutionary rocket motor. His wife and children died with him, a sad reminder of the unavoidable collateral of a bombing campaign targeted to destroy both the development centre as well as kill the key personnel. In a lake nearby the wreck of a Lancaster bomber that was shot down during the air raid can still be seen; the attack cost several bomber crews their lives.

We then visit the town of Karlshagen, where most of the key professionals lived, including Thiel and his family. Two streets of houses built for the German engineers still exist and remain inhabited today. Also the now disused platforms and associated stairways for the professionals can still be found near Karlshagen. Here most of those working at the complex (an



A cross section of an A4 turbopump. [Rogier Schonenborg]

astonishing peak of 15,000 in 1943) would arrive by train from the dormitory towns down the coast, then change trains to the different Peenemünde areas. Further north we pass thick woods where once two huge A4 production facilities stood. Like much of the rest of Peenemünde, they were blown up by the Soviets to deny post-war Germany any significant military installations. The main guardhouse we encounter at the entrance to the research and development area met a similar fate, with only the foundations and a lot of rubble remaining.

Much more impressive is the large facility that produced the liquid oxygen needed for the rockets. Most of its concrete and brick walls survived Soviet demolition attempts. This plant gives some idea of the enormous scale of the Peenemünde works and how serious German rocket development had become only some five years after the VfR's very modest launch demonstration at Kummersdorf.

So does the surviving power station. After the war it was kept running by the Russians and later East Germans for their naval base as well as the air force base located at the previous Luftwaffe part of Peenemünde. Today it houses an excellent museum that traces the history of the site and its weapon developments, the early German rocket pioneers and finally the successors of the A4; virtually all modern satellite launch vehicles and intercontinental ballistic missiles ultimately have their origins in the work done here at the Baltic coast of Germany, in the astonishingly brief period of 1937 till 1945. Especially striking is the finely machined and, for its time, highly advanced turbopump assembly that fed propellant to the

rocket engine. The museum also features a full-scale A4 replica incorporating actual rocket parts; even today it is impressively large, with a height of 14 meters. The rocket had a take-off mass of 12,500 kg and was able to carry a one-tonne warhead over a distance of over 300 km, reaching a maximum altitude of some 90 km and a speed of 5800 km/h while doing so. It represented a quantum leap in technology. Astonishing that this entire effort was based on the promise of a couple of small rockets and a few theoretical studies, and was headed, for what concerned the technical part, by someone who was only 33 when the war ended.

Prüfstand VII

The highlight of the Peenemünde visit is a look at the famous *Prüfstand VII* – Test Stand 7. Herr Saathoff, a former East German army officer stationed at Peenemünde during the Cold War, is allowed to bring small groups of visitors to this historic site. We board his vintage military minibus and hobble our way over the bumpy roads in what today is a protected natural reserve. One hand on the wheel, he holds up pictures and an iPad with movie clips of the various test stand sites we encounter on the way. It becomes apparent that the Russians did a very good job destroying the research and development complex, as of all the impressive equipment nothing remains except some rubble and a few rusty bars and pipes.

The same turns out to be true for Test Stand 7. With the local information boards, a map, historic pictures and a fair amount of imagination we start to understand the layout of this site, which was



A model of Test Stand 7 at the Peenemünde museum. [Rogier Schonenborg]



All that remains of the huge assembly hall of Test Stand 7. [author]



Model of the Mittelbau factory inside the actual tunnels. [author]

used for the static testing of complete rockets, and from which most of the actual test launches took place. It featured a large integration hall tall enough to house already foreseen multi-stage successors of the A4. Of this building today only a pile of concrete debris and some overgrown rail tracks are visible. Still very evident is the deep and wide flame trench over which the static firing test towers were placed. Next to it was the launch platform, of which only a large fire hydrant can still be seen. A small memorial stone with the depiction of an A4 further marks the spot. It is from here that the third A4 prototype made the first successful flight, reaching an altitude of 85km and falling into the Baltic some 190km from the launch pad. After this flight Walter Dornberger, the military head of Peenemünde East and together with von Braun the motor behind the whole development effort, organised a little celebration in the luxurious Schwabe hotel in the nearby resort of Zinnowitz,

a favourite hang-out of the key figures in the A4 development. On the occasion he toasted the team and declared: "...we have proven rocket propulsion practicable for space travel. This third day of October, 1942, is the first of a new era of transportation: that of space travel." That evening we have our own little toast in the very same hotel, celebrating our visit to the "birthplace of spaceflight". Of additional interest is that at the end of the war the later chief designer of the Russian space effort, Sergei Korolev, must have been in this building as well for his inspection visit to Peenemünde, as at that time the Schwabe hotel had been turned into the regional headquarters of the Soviet army.

Mittelbau-Dora

Onwards, back south again. On the way to Mittelbau-Dora we make a brief visit to the Cecilienhof Palace, site of the July 1945 Potsdam Conference between the victorious Soviet, US and UK armies. The link to our tour is that here, among many other things, it was decided to demolish all major military installations in Germany as to not leave the country the capability to start another war. This decision is the reason that there is little left in terms of installations at many of the historic sites we visit.

Close to our destination we come through Bleicherode, where we drive past the villa where von Braun stayed at the end of the war, when Peenemünde was about to be overrun by the Soviets and had to be evacuated. Shortly after, Russian rocket experts settled in the very same mansion and set up a rocket development centre in Bleicherode for the few German rocket ex-

perts they managed to get their hands on. We reach Mittelbau-Dora, a hidden factory site in the Harz mountains to which most of the V2 production was moved after the first bombing raid on Peenemünde. The factory consists of two very wide main tunnels, each nearly two kilometres long and immune to bombing, linked by smaller tunnels arranged like the rungs of a ladder. Each of these represented a specific work station along the production line, while one of the main tunnels was used for entering materials and equipment. From the other, trains with complete V2 rockets, V1 missiles and aircraft jet engines emerged. All the tunnels together have a total length of 15 km; it is a vast complex. The Americans and subsequently the Soviets emptied this place, moving anything of value to their own countries. Which was a lot, as the first US soldiers who entered the complex found it deserted but with the lights still on. One of them said it was like a magician's cave, full of machines, parts and rockets, flying bombs and engines in various stages of assembly.

A local guide takes us into part of the tunnels, made accessible through a newly dug tunnel that circumvents the original entrances that were blown up. A rusty but complete V2 engine is on display, but otherwise the tunnel area we visit mostly contains heaps of V1 parts, among which an impressive pile of flight control gyroscopes.

The small museum at Mittelbau-Dora makes clear that although to spaceflight and military history enthusiasts this place is best known as the world's first large scale production line for seriously sized rockets, it was primarily a concentration



An A4 lifting off from the launch pad at Test Stand 7.



A V2 engine found in one of the water filled areas of the Mittelbau tunnel complex. [author]

camp where a staggering total of 60,000 slave labourers produced weapons of war in the cold, dark tunnels and under appalling conditions. They came from nearly all the countries of Europe, most from the Soviet Union, Poland and France, but also some from The Netherlands, and were extremely ill-treated, undernourished and mostly worked to death; about one in three did not survive. The worst period was arguably when these people were forced to further excavate the already existing tunnels (originally meant for fuel storage) and live in them as well until the outside camp was ready. All these deaths meant that the V2 (and V1) killed more people through its production than due to military use. Nevertheless, the V2 is also responsible for killing around 9,000 people in Antwerp, London and a few other places, mostly civilians.

The V2s produced in Mittelbau-Dora and mostly launched from The Hague in The Netherlands were meant to terrorise Londoners, as revenge for the Allied bombings on German cities as well as with the goal of forcing the UK into a peace settlement. Those fired at Antwerp, where actually more V2s came down than in London, were somewhat successful in hampering the Allies' use of its large harbour. These were mostly launched from the vicinity of Hellendoorn, also in The Netherlands. History often claims that the V2 signified a vast waste of resources for the Nazis, giving them little in return. However, had the rocket been ready in time to be fired at the large concentrations of troops and ships assembling at the south coast of the UK in preparation of the D-Day invasion, who knows what might have happened.

Furthermore, the threat of the "terror weapons" forced the Allies to attack the V1 and V2 launch sites in France and The Netherlands, diverting a large number of bombers that could have otherwise been put to, possibly better, use elsewhere.

The end, but a new beginning

Von Braun, Dornberger and many of the experts surrendered to the Americans in 1945 and were then sent to the US, together with a large supply of V2s and related documentation and laboratory equipment (among which an advanced Mach 4 wind tunnel). There they created the Juno I that launched the first US satellite and the Redstone that shot the first US astronaut into space, laying the foundation for all subsequent large US launchers and missiles. Von Braun then went on to head the development of the Saturn V that launched the Apollo missions to the moon. A few other "Peenemünders" went to work for the Russians, the British or the French, where they also became instrumental in rocket, missile and supersonic aircraft development.

For me the trip ends fittingly at Berlin Tegel airport, as before the war this was the *Raketenflugplatz* launch site of the VfR for their modest experimental rockets, until the military took over and all German rocket technology development moved into secrecy. The terminal building displays bronze plaques of von Braun, Nebel and Hermann Oberth, the pioneering inspirator of the VfR. In about a decade German rocketry had developed from the 20 kg Mirak I to the 12,500 kg A4 with the ability to reach space. But in spite of the lofty spaceflight goals of Wernher



A plaque in the Tegel airport terminal commemorating von Braun. [author]

von Braun and his associates, their rocket was ultimately meant to be a weapon of terror. The A4/V2 is an incredible achievement that initiated the space age, but as this trip made clearer to me than ever before, at the cost of many lives.

A special thanks to the people of Dr Thomson's Tours Ltd. for the well organised tour and especially Andrew Thomson for doing a great job tying together all the layers of German history and explaining us the connections between all the things we saw. Thanks to Rogier Schonenborg for filling the gaps in my notes and memory, as well as the pictures.

References:

- 1 Neufeld, Michael, *The Rocket and the Reich: Peenemünde and the Coming of the Ballistic Missile Era*, Harvard University Press, 1996
- 2 Dungan, T.D., *V-2: A Combat History of the First Ballistic Missile*, Westholme Publishing, 2005
- 3 <http://www.v2rocket.com/start/chapters/peene/peenemuende.html>.
- 4 <http://www.v2rocket.com/start/chapters/mittel.html>.

James Webb Space Telescope

Op zoek naar de grenzen

Niek de Kort

Als alles (verder) goed gaat wordt in oktober 2018 de meest complexe ruimtetelescoop ooit gelanceerd. Nog ver voor het eerste licht (*first light*) in de telescoop een feit is, is de geschiedenis van deze gedroomde opvolger van de Hubble ruimtetelescoop echter al heel bijzonder. Een aaneenschakeling van technische tegenslagen en budgetoverschrijdingen leidden bijna tot het schrappen van het project. Is het straks allemaal de moeite waard? Vraag het astronomen en hun antwoord is volmondig 'ja'. De James Webb Space Telescope (JWST) gaat op zoek naar de grenzen van onze kennis. En zal die verleggen... mede dankzij opmerkelijke Nederlandse inbreng.

Voorgangers

De JWST geldt als opvolger van de zeer succesvolle Hubble ruimtetelescoop (NASA/ESA missie, operationeel sinds 1990) en de Spitzer Space Telescope (NASA missie operationeel, van 2003 tot 2009). Maar feitelijk gaat het om een soort hybride van beiden omdat het werkingsgebied ligt in het golflengtebereik van 0,6 tot 28,5 μm ($1\mu\text{m}=1/1000$ millimeter). Anders gezegd, de instrumenten doen metingen in het oranje en rode zichtbare licht, en in het nabije en midden infrarood. De Hubble (HST) is gevoelig voor het nabije ultraviolet, het zichtbare licht en het nabije infrarood. Spitzer werkte in het bereik van 3 tot 180 μm . Maar het foton-verzamelend oppervlak van de hoofdspiegel is, vergeleken met de beide voorgangers, gigantisch. Spitzer was een kleine telescoop met een opening van 85 cm. Ook de HST is een vrij 'klein' instrument met een spiegeldiameter van 2,4 meter. De JWST heeft een spiegel van 6,5 meter doorsnede en een spiegeloppervlak van 25 m^2 . Gevoegd bij de supergevoelige detectoren betekent

dit dat bij bepaalde metingen de JWST zijn voorgangers zal verslaan met een factor 100 tot 1000.

Vroege heelal

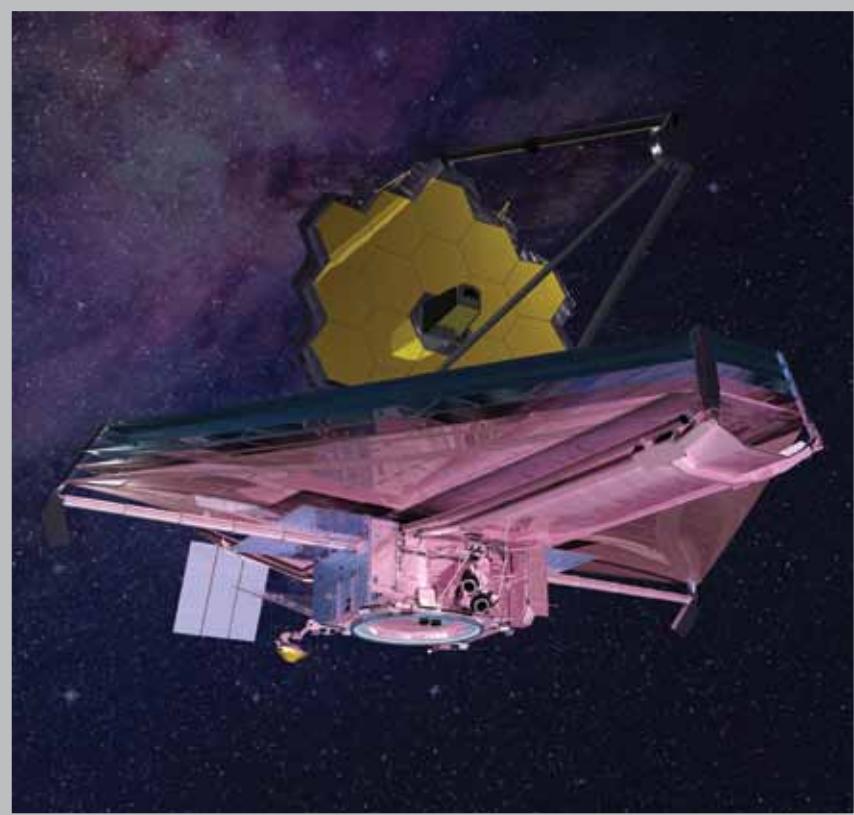
Vanwaar de wens om juist in dit golflengtebereik zulke enorme prestaties te willen hebben? Het gevoelighedsgebied is voor een aantal sterrenkundige onderzoekssterreinen van grote waarde. Allereerst gaat de JWST op jacht naar de vroegste geschiedenis van het heelal, zoals de eerste generaties sterren en de eerste sterrenstelsels. Deze objecten staan vlak bij de rand van het waarneembare heelal en dus op grote afstanden (in de orde van 12 tot 13 miljard lichtjaar). De signalen van deze objecten zijn daarom uiterst zwak. Om ze toch te meten heb je een grote spiegel nodig. Bovendien bewegen deze objecten als gevolg van de uitdijing van het heelal met grote snelheid van ons af. De elektromagnetische straling (zoals ultraviolet en zichtbaar licht van jonge, hete sterren) is daarom sterk naar de lange golflengten verschoven en manifesteert zich, bij ons aangekomen, in

het infrarood. Daarom is de JWST juist ontworpen op dat golflengtegebied. Enkele honderdduizenden jaren na de Big Bang was het heelal zover geëxpandeerd en afgekoeld dat elektronen konden combineren met atoomkernen. Er kwam een einde aan de voortdurende lichtversstrooing en het heelal klaarde toen op als na een mistbank. Helaas was er toen niets te zien omdat er nog geen sterren bestonden. Door de inwerking van de zwaartekracht van materie en vooral donkere materie, ontstonden gasconcentraties waarin de eerste sterren ontstonden. Dat proces is nog lang niet in alle details duidelijk; wel is aannemelijk dat het om grote, zware en dus kortelevende sterren moet gaan. Zij zorgden ervoor dat het interstellaire gas verrijkt werd met andere elementen dan waterstof, helium en een beetje lithium. In dit 'vervuilde' gas kon daarna het stervormingsproces gemakkelijker plaatsvinden omdat er stof beschikbaar kwam dat de gaswolken effectief kon laten afkoelen, zodat ze 'snel' konden krimpen. Precies zoals we nu in het Melkwegstelsel zien. De eerste

generaties sterren effenden de weg, (her) ioniseerden het interstellaire gas op grote schaal, en klonterden al snel samen in kleine sterrenstelsels. Nu zal de JWST niet de eerste sterren in het heelal in beeld brengen, maar hopelijk wel de eerste generaties sterrenstelsels, en de effecten van de her-ionisatie van het heelal. Wat 'dichterbij' is dan te zien hoe daarna de stervormingssnelheid explodeert, er grotere stelsels ontstaan en welke interactie die onderling vertoonden. Razend interessant om te weten, omdat het een belangrijk kennishaaat zal opvullen.

Stereovolutie

De JWST krijgt meer te doen dan alleen te kijken naar het vroege heelal. Dichterbij is de combinatie van hoog ruimtelijk scheidend vermogen (grote spiegel), gevoeligheid en golflengtegebied ideaal om moleculaire wolken te bestuderen. Dit zijn donkere, koude en dichte wolken van gas en stof waarin sterren ontstaan. Astronomen hebben een redelijk idee van hoe die processen verlopen, maar wederom zijn veel details onbekend. Zoals de precieze relatie tussen de stervorming en de vorming van planeetsystemen. Veel voorgestelde waarneemprogramma's gaan daarom over vroege stadia in de evolutie van lichte en zware sterren, en van exoplaneten. Verschillende instrumenten beschikken over een zogeheten coronagraaf waarmee het sterlicht kan worden geblokkeerd, in de hoop het uiterst zwakke signaal van een exoplanteet direct in beeld te kunnen brengen. Ook richt de JWST zich op het onderzoek van de spectra van deze sterren en planeten. Als een exoplanteet juist voor de ster langstrekt (een *transit*) dan biedt dat een mooie kans om te kijken naar veranderingen in het spectrum, die kunnen worden toegeschreven aan eigenschappen van de exoplanteet en zijn (eventuele) atmosfeer. Overigens zal met de studie van moleculaire wolken ook het jonge vak astrochemie een geweldige impuls krijgen. We weten nu al dat tal van – soms zeer complexe – (organische) moleculen ontstaan op gas en ijsdeeltjes binnen de moleculaire wolken. Toch is de indruk dat we nu slechts het topje van de ijsberg zien. De JWST moet duidelijk maken wat er verder aan de hand is. Astronomen hopen zo ook iets meer te weten te komen over manieren waarop leven in het heelal zou kunnen zijn ontstaan. Buiten dit al-



Artist's impression van de James Webb Space Telescope in zijn operationele configuratie. Het uit meerdere lagen bestaande zonnescherm zorgt ervoor dat de hoofdspiegel in de schaduw blijft en dus koud is (50 K). Het scherm is zo groot als een tennisbaan. Onder het scherm bevinden zich de zonnepanelen voor de stroomvoorziening, en de eigenlijke satelliet. Vanwege de min of meer 'vaste' positie van de satelliet ten opzichte van de aarde kan worden volstaan met een gefixeerde hoofdschotel voor de K-band communicatie. [Northrop Grumman]

James E. Webb (1906–1992)

James Webb was de tweede *Administrator* van de destijds nog prille NASA en werd op 14 februari 1961 aangesteld door president John F. Kennedy. Hij bleef aan tot aan het einde van het presidentschap van Lyndon B. Johnson, op 7 oktober 1968. Beide presidenten waren zijn politieke partijgenoten (Democraten); opvolger Richard Nixon behoorde tot de Republikeinen en Webb vond dat het toen gepast was om plaats te maken voor iemand anders. Webb geldt als degene die een verzameling losse onderzoeksinstellingen omsmeedde tot het huidige Johnson Space Center in Houston en daarmee feitelijk de grondlegger werd voor de moderne NASA. Hij was degene die primair verantwoordelijk werd voor het uitvoeren van de belofte van Kennedy om voor 1970 een Amerikaan op de maan te brengen en veilig te laten terugkeren. Onder leiding van Webb kregen het Mercury en Gemini programma gestalte. Hij stelde zich als eerste verantwoordelijk voor het tragische ongeval met de Apollo-1 test waarbij de drie astronauten het leven lieten. "*We've always known that something like this was going to happen sooner or later. Who would have thought that the first tragedy would be on the ground?*" Webb zorgde er op kundige wijze voor dat deze ramp niet ten koste ging van NASA's imago en steun onder het publiek. Dat deed hij door leiding te geven aan een effectief onderzoek naar de oorzaken, corrigerende maatregelen te nemen, en het Apollo-project weer op de rails te zetten. Van meet af aan doorzag Webb dat er meer is dan bemannede ruimtevaart. Met programma's als Mariner en Pioneer legde hij de basis voor NASA's succesvolle onbemande onderzoek binnen het zonnestelsel. In 2002 besloot NASA om, als eerbetoon aan deze betekenisvolle NASA-leider, de in ontwikkeling zijnde *Next Generation Space Telescope* om te dopen in James Webb Space Telescope.



Test met het uit vijf lagen bestaande zonnescherm. Om het geheel te laten passen in de neuskegel van de Ariane 5 raket moet het scherm in 12 slagen worden opgevouwen, om in de ruimte op inge- nieuze wijze uit te klappen tot de gewenste vorm en positie. De la- gen bestaan uit een kunststof film, aan de ene zijde bedekt met een aluminium coating en aan de andere kant voorzien van een silicium laagje. Met deze combinatie kan het scherm de warmte van de zon effectief tegenhouden zonder dat het zelf opwarmt en als storende infraroodbron gaat fungeren. [NASA/Chris Gunn]

Iets zal JWST ook worden ingezet bij het onderzoek van bijvoorbeeld kometen en ijsdwergen in de Kuipergordel.

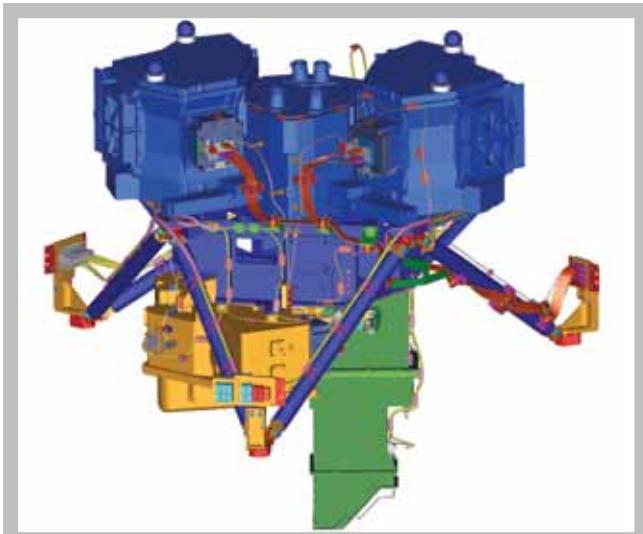
Kansen en bedreigingen

Astronomen hopen met de JWST op niets minder dan een geweldige doorbraak in kennis op verschillende terreinen. Juist ook als de JWST resultaten worden gecombineerd met die van de HST en Spitzer, maar ook van aardse telescopen zoals de Atacama Large (sub) Millimeter Array (ALMA) op een hoogvlakte in de Chileense Andes, en de in ontwikkeling zijnde 39 meter E-ELT van de European Southern Observatory organisatie (ESO). Maar het gehoopte succes van de JWST komt niet zomaar uit de lucht vallen.

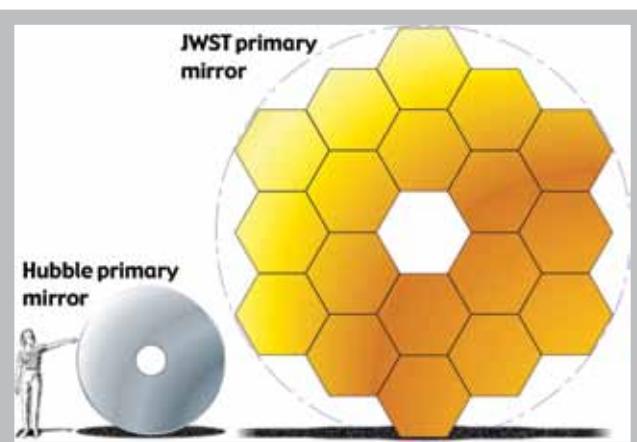
Zoals veel ruimteprojecten gaat er een enorme tijd vooraf aan de eigenlijke wetenschappelijke oogst. Wat dat betreft slaat de JWST alle records.

De geschiedenis van de JWST gaat terug tot de periode 1989–1994 toen bij NASA de zogeheten Hi-Z telescoop werd bedacht (hi-z betekent: grote rood-verschuiving). Het zou moeten gaan om een infrarood telescoop die in een baan buiten de hoofdmacht van de planetoi- dengordel om de zon zou moeten draaien. In die baan heb je geen last van het zogeheten zodiakale licht, strooilicht van de zon aan stof in de planetoiden gordel. In 1993 ging NASA werken volgens het principe van *faster, better and cheaper*. Hi-Z veranderde in de Next Generation

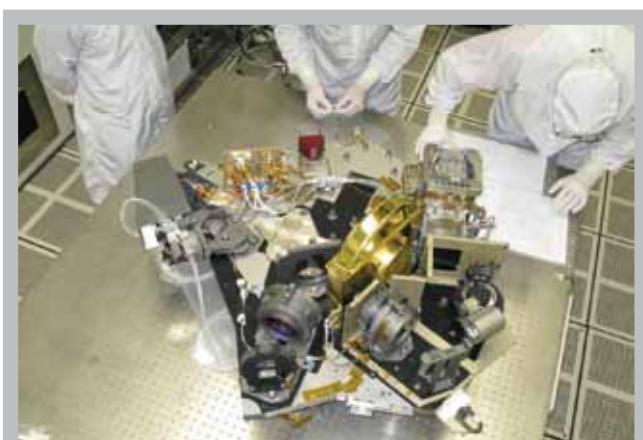
Space Telescope (NGST) en zou een spiegel van 8 meter in doorsnede krijgen. De satelliet zou worden geplaatst nabij het zogeheten L₂-Langange punt van de aarde en de zon. Dat punt ligt op 1,5 miljoen km van de aarde, precies tegenover de richting van de zon. Een mooie locatie, zonder storende invloeden van de aarde (en de maan!). NASA schatte de kosten toen op \$ 500 miljoen en een realisatietaid van enkele jaren. Maar ... de hoge ambities bleken hun tol te eisen. Er moesten enorme technische problemen worden overwonnen. Evenzo moesten nieuwe technieken worden bedacht. Het project werd al maar duurder en raakte steeds verder vertraagd. Het goede nieuws is dat inmiddels vrijwel



CAD-tekening van het MIRI instrument. Het infrarood komt van onderaf het instrument binnen (groen) en kan naar de camera (bruin) worden gestuurd, of naar de spectrometers (blauw). De laatsten maken gebruik van twee sets van 1024×1024 silicium-arsenide detectoren die worden gekoeld tot 7K. De Nederlandse bijdragen bevinden zich in de blauwe gedeelten. [Space Telescope Science Institute]



Vergelijking tussen de hoofdspiegels van de Hubble ruimtetelescoop en van de JWST.[NASA]



Het NIR Cam instrument, klaar voor de integratie in het ISIM. [Lockheed Martin]

alle problemen zijn overwonnen en dat de satelliet in grote delen al is samengevoegd met de instrumenten. Maar het minder goede nieuws is dat de rekening is opgelopen tot meer dan \$ 9 miljard (voor zover de cijfers openbaar zijn) en de lanceerdatum nu is vastgesteld voor oktober 2018. Dat is 29 (!) jaar na het eerste idee. Enkele jaren geleden gingen er (politieke) stemmen op in de VS om er maar mee te stoppen en het project verder over te laten aan NASA's belangrijkste partners: ESA en de Canadese ruimtevaartorganisatie CSA. Gelukkig kon dit in het Amerikaanse Congres op het nippertje worden voorkomen. Als alles verder goed gaat brengt een Ariane 5 ECA het gevaarte in 2018 veilig naar de ruimte en werkt het geheel daarna zoals bedoeld. Het moet in één keer goed gaan, want reparatiebezoekjes van astronauten, zoals wel uitgevoerd voor de HST, zijn gezien de afstand en het ontbreken van een geschikt bemand ruimtevaartuig, uitgesloten.

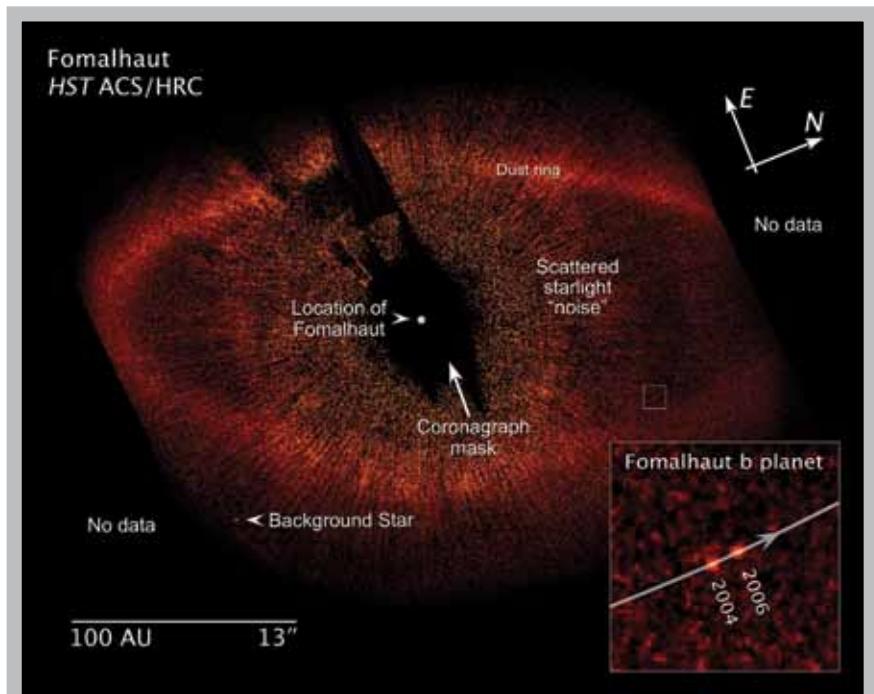
Eigenschappen en instrumentarium

Sinds de aanbesteding werken het huidige Northrop Grumman en Ball Aerospace als hoofdaannemers van de 6.500 kg zware JWST. In totaal zijn 17 landen bij de ontwikkeling betrokken. De meest opvallende onderdelen van de satelliet zijn de 6,5 meter grote spiegel, die uit 18 hexagonale deelspiegels bestaat en die in de ruimte op ingenieuze wijze in de juiste vorm moet openvouwen. De spiegel heeft een brandpuntsafstand van 131,4 meter en de telescoop kent een opgevouwen stralengang volgens het Korsch-principe. De communicatie met de satelliet verloopt via de S-band met een uplink-snelheid van 16 Kb/s en een downlink-snelheid van 40 Kb/s. De wetenschappelijke data worden verstuurd via de K-band met een snelheid van 28 Mb/s. Een uitvouwbaar zonnescherm van 20 bij 7 meter moet de satelliet op een temperatuur houden van 50 K. Op die manier wordt de door de satelliet zelf uitgezonden (en storende) infraroodstraling fors beperkt. De *payload* bestaat voornamelijk uit de Integrated Science Instrument Module (ISIM) dat plaats biedt aan vier instrumenten:

- NIR Cam – de nabije infraroodcamera in het golflengtebereik van 0,6–5 μm . De camera werkt ook als golffront sen-

Nederlandse bijdragen

Nederland leverde een belangrijke bijdrage aan het Mid Infrared Instrument (MIRI). In samenspraak met het Astronomy Technology Centre (Edinburgh) en het Max Planck Institut (Heidelberg) ontwikkelde de Nederlandse Onderzoeksschool voor Astronomie (NOVA) de Main Optics Module van de MIRI Spectrometer. ASTRON (Dwingeloo) leidde de realisatie en uitvoering van het ontwerp en de bouw, samen met andere Nederlandse instituten, waaronder TNO die tekende voor de volledige ijking (kalibratie) van het instrument. Het MIRI instrument is voorzien van een apart koelsysteem om de arseen-silicium detectoren te laten werken bij een omgevingstemperatuur van 7 K. Behalve deze technisch-instrumentele bijdrage is er ook een flinke Nederlandse inbreng in de ontwikkeling en realisatie van het wetenschappelijk programma dat met de JWST zal worden afgewerkt. Prof. dr. Marijn Franx (Sterrewacht Leiden) behoort tot de Science Working Group (SWG) en geldt als *Science Representative* voor het NIR Spec instrument. Prof. dr. Ewine van Dishoeck is co-PI (*Principal Investigator*) op het MIRI-instrument. Verder is de van oorsprong Nederlandse Rogier Windhorst – met wie de auteur destijds op de sterrewacht een kamer deelde en die thans verbonden is aan de University of Arizona – aan de SWG verbonden als *Interdisciplinary Scientist*.

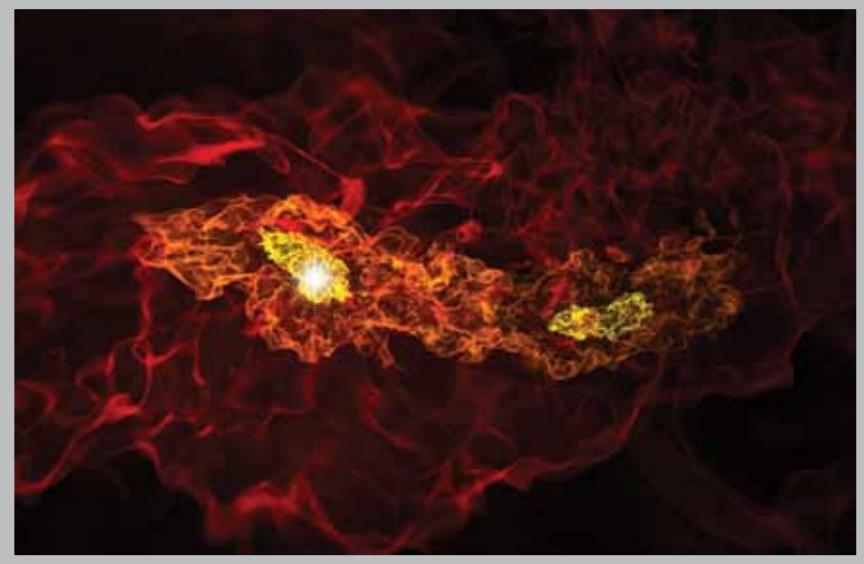


Zichtbaar licht opname van de exoplaneet Formalhaut B, gemaakt met de Hubble ruimtetelescoop. De planeet beweegt in zijn baan rond de ster Formalhaut, vanaf aarde met het blote oog zichtbaar in het sterrenbeeld Zuidelijke Vis. Voor de opname is het sterlicht zoveel mogelijk weg gefilterd. Naar verwachting zal de JWST op vergelijkbare wijze veel meer dergelijke exoplaneten kunnen vastleggen. [NASA]

sor en levert informatie op waarmee de onderlinge afstelling van de 18 hexagonale spiegelementen elke paar dagen wordt gecorrigeerd met behulp van micromotoren. De University of Arizona is eindverantwoordelijke voor dit instrument, dat grotendeels wordt gebouwd door Lockheed Martin.

- NIR Spec – de nabij infraroodspectrometer in hetzelfde golflengtebereik

als NIR Cam. ESA tekent voor de levering van dit instrument en de hoofdaannemer is Airbus Defense & Space. Met een *Filter Wheel Assembly* en een *Grating Wheel Assembly* kan het instrument een kleiner deel van het golflengtebereik selecteren, in combinatie met drie keuzen voor het spectrale oplossend vermogen. De lage resolutie-modus werkt met een prisma



Artist's impression van een van de eerste sterren die ontstonden in het heelal, enkele honderden miljoenen jaren na de Big Bang. De sterren zouden een massa hebben gehad van meer dan 300 maal die van de zon. Hun leven was kort en krachtig. Na enkele miljoenen jaren verdwenen ze. Hun sterke ultraviolette straling zorgde voor de her-ionisatie van het interstellaire gas. De JWST zal deze eerste sterren niet kunnen zien, maar mogelijk wel een paar generaties daarna, toen de sterbevolking zich concentreerde in de eerste sterrenstelsels. [Stanford University]



De Adelaarsnevel maakt deel uit van een groot complex van moleculaire wolken. Dergelijke gebieden vormen als het ware enorme chemische laboratoria; er ontstaan tal van (ingewikkelde) moleculen. In de donkere, dichte gebieden storten delen van de gaswolk in tot de voorlopers van nieuwe sterren. De JWST zal veel informatie verzamelen over deze astrochemie en het ontstaan van sterren en planeten. [T. A. Rector & B. A. Wolpa, NOAO, AURA]

en is bedoeld voor overzichtsopnamen en objectselecties. In de multi-object mode kan het instrument met behulp van een complex micro-sluitersysteem van honderden objecten tegelijk een middenhoog-resolutie spectrum opnemen. Tenslotte is er de hoge-resolutiemodus voor individuele objecten. ESA maakt gebruik van ervaring en

technieken die destijds zijn opgedaan bij de bouw van ISOPHOT voor de ISO-infrarood telescoop.

- MIRI – het Mid Infrared Instrument oftewel de mid-infraroodcamera, gecombineerd met een spectrometer. Het instrument werkt in het golflengtegebied van 5–28,5 μm. Het instrument wordt deels gebouwd in de VS en deels

in Europa. De camera zal beelden maken die de resultaten van de HST naar de kroon zal steken. De spectra zullen 50 maal gevoeliger en tot 7 maal scherper kunnen zijn dan die eerder met de Spitzer Space Telescope werden verkregen.

- FGS / NIR ISS – de combinatie van de Fine Guidance Sensor met de Near Infrared Imager and Slitless Spectrograph. De FGS is strikt genomen geen wetenschappelijk instrument maar een hulpmiddel om de *pointing* van de telescoop stabiel te houden tijdens de opnamen. NIR ISS werkt in het golflengtebereik van 0,8–5 μm. De spectrograaf werkt bij 1–2,5 μm in de lage resolutiemodus en is heel geschikt voor verkenningen. Verder zijn er hoge resolutie spectra mogelijk van individuele objecten (0,6 – 3 μm). Tenslotte is er een vorm van *speckle interferometry* mogelijk waarmee beelden met een super hoog contrast kunnen worden gemaakt met een ruimtelijk oplossen vermogen dat het theoretisch scheidend vermogen dicht benadert. Geschikt voor onder andere het zoeken naar exoplaneten. NIR ISS wordt geleid door het Canadese ruimtevaartagentschap CSA.

Tot slot

Ruimteprojecten, en zeker ruimtetelescopen, hebben de neiging om steeds ambitieuzer te worden. Dat heeft zijn weerslag op de technische complexiteit, de doorlooptijd (ontwerpen, prototyping, testen, flight hardware, integratie, testen), de lancering en ... de staande organisatie om de datastream effectief te ontvangen, te verdelen, te archiveren en te analyseren. Zijn met de JWST onze menselijke grenzen (kennis, vernuft, financieel) bereikt? Sommigen menen van wel. Anderen zeggen dat er nog veel meer mogelijk is. *To boldly go, where no one has gone before* is niet voorbehouden aan Hollywoodproducties. Hoe dan ook, wij zijn bevoorrecht om mee te maken wat de JWST ons gaat bieden. En om te dromen over wat daarna verder mogelijk is.

Niek de Kort studeerde sterrenkunde in Leiden en publiceert regelmatig over ruimteonderzoek. Hij is voorzitter van de Koninklijke Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde (KNVWS), de zusterorganisatie van de NVR.



Our mission one hundred percent

www.airbusDS.nl



advertentie

Miniaturised hyperspectral imager for space

Increasing the spatial, spectral, and temporal resolution of Earth observation data is important for improved monitoring of our planet. This is being made possible in a cost-effective manner by the miniaturization of instruments and platforms, for instance cubesats.

In this context, cosine has developed HyperCube, in cooperation with ESA and a European consortium. Hypercube is a very compact hyperspectral instrument operating in the VNIR spectral range. Thanks to its in-orbit data processing capabilities, the final products can be directly downloaded, overcoming the current CubeSat downlink limitations.

The signal-to-noise ratio, the spectral resolution, the ground sampling distance and the spectral bandwidth are suitable for early warning of many events, e.g. flooding, forest fires, landslides, or stress on vegetation.

Additionally, any other variation of the soil spectral signature can be detected, as for example illegal waste dumps or oil spills. The Hypercube payload is very versatile: given its small engineering budgets it can be used either as a cubesat pay-



load and be operated in a constellation, or on a larger satellite platform as a view finder to aid a higher resolution payloads to identify areas of interest.

www.cosine.nl

cosine | measurement systems

Ruimtevaartkroniek

Marco van der List

Deze kroniek beschrijft de belangrijkste gebeurtenissen in de ruimtevaart die hebben plaatsgevonden tussen 15 juli 2015 en 30 september 2015. Tevens zijn alle lanceringen vermeld waarbij een of meerdere satellieten in een baan om de aarde of op weg naar verder in de ruimte gelegen bestemmingen zijn gebracht.

Alle in deze kroniek vermelde tijden zijn in UTC (Coordinated Universal Time).

15 juli 2015 | 17:36 uur

Draagraket: Atlas-5 • Lanceerplaats: Canaveral

- **USA-262** • COSPAR: 2015-033A

Amerikaanse militaire navigatiesatelliet, ook bekend onder de naam GPS 2F-10. De door Boeing gebouwde kunstmaan heeft een massa van 1630 kg en wordt in een 20.200 km x 20.200 km x 55° geplaatst.

15 juli 2015 | 23:42 uur

Draagraket: Ariane-5 • Lanceerplaats: Kourou

- **Star One-C4** • COSPAR: 2015-034A

Braziliaanse commerciële geostationaire communicatiesatelliet, gebouwd door SS/Loral met een massa van 5565 kg.

- **MSG-4** • COSPAR: 2015-034B

Vierde en laatste exemplaar van de serie meteorologische Meteosat Second Generation satellieten. De kunstmaan wordt in

een geostationaire baan geplaatst alvorens de controle wordt overgedragen aan Eumetsat.

 Het stuwstofniveau in de tanks van deze spin-gestabiliseerde satelliet wordt gemeten door een sensor ontwikkeld en gebouwd door Moog Bradford in Heerle.

22 juli 2015 | 20:12 uur

Draagraket: Soyuz-FG • Lanceerplaats: Baykonur

- **Soyuz TMA-17M** • COSPAR: 2015-035A

Russisch bemand ruimtevaartuig met drie astronauten aan boord: de Rus Oleg Kononenko, de Japaner Kimiya Yui en de Amerikaan Kjell Lindgren. Zes uur na de lancering koppelt de Soyuz aan de Rassvet module van het ISS.

24 juli 2015 | 00:07 uur

Draagraket: Delta-4 • Lanceerplaats: Canaveral

- **USA-263** • COSPAR: 2015-036A

Amerikaanse militaire geostationaire communicatiesatelliet, ook bekend onder de naam Wideband Global Satcom (WGS-7).

25 juli 2015 | 12:29 uur

Draagraket: Chang Zheng-3B • Lanceerplaats: Xichang

- **Beidou DW-17** • COSPAR: 2015-037A

- **Beidou DW-18** • COSPAR: 2015-037B

Twee Chinese navigatiesatellieten. De twee kunstmannen worden



Voor de 80^{ste} maal wordt een Ariane-5 gelanceerd, deze keer met de satellieten Star One-C4 en MSG-4 aan boord. [ESA/CNES/ArianeSpace]

in een $21.523 \text{ km} \times 22.193 \text{ km} \times 55^\circ$ baan geplaatst.

10 augustus 2015

ISS bewoners Padalka en Kornienko maken een bijna zes uur durende ruimtewandeling vanuit de Pirs luchtsluis. Ze installeren o.a. een nieuwe antenne en voeren enkele onderhoudstaken uit.

13 augustus 2015

Komeet 67P/Churyumov-Gerasimenko, en daarmee ook de Europese Rosetta, bereikt haar perihelium op een afstand van 186 miljoen kilometer van de Zon.

Omdat de komeet nu actiever is en grotere hoeveelheden gas en stof uitstoot heeft Rosetta haar afstand tot de komeetkern vergroot tot ongeveer 200 km. Dit bemoeilijkt het contact met de lander Philae waarvan sinds 9 juli niets meer gehoord is.

14 augustus 2015

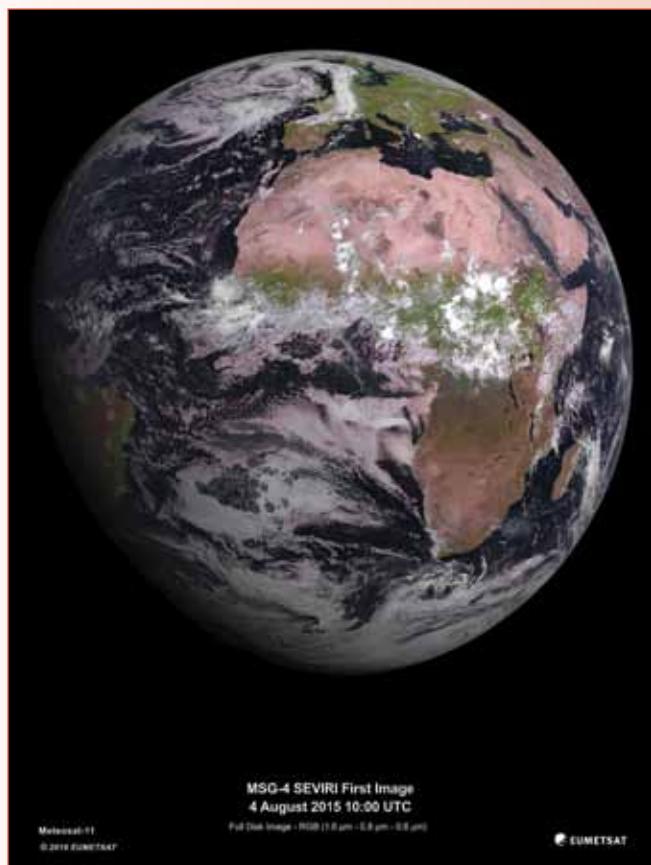
Het onbemande vrachtschip Progress M-26M wordt losgekoppeld van achterzijde van de Zvezda module en keert enkele uren later terug in de atmosfeer om boven de Grote Oceaan te verbranden.

19 augustus 2015 | 11:50 uur

Draagraket: H-2B • Lanceerplaats: Tanegashima

- **HTV-5** • COSPAR: 2015-038A

Japans onbemand vrachtschip met voorraden voor het ISS. Vijf



Op 4 augustus maakte het hoofdinstrument van MSG-4, de Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (SEVIRI), haar eerste foto van de Aarde. [Eumetsat]

dagen na de lancering voert het toestel een rendez-vous uit met het ISS, en wordt door de robotarm van het station uit haar baan geplukt en aan de nadir-poort van de Harmony module gekoppeld. Naast meer dan 6 ton aan voorraden brengt de HTV ook 18 CubeSats naar het ruimtestation welke op een later tijdstip uitgezet worden.

20 augustus 2015 | 20:34 uur

Draagraket: Ariane-5ECA • Lanceerplaats: Kourou

- **Eutelsat-8 West-B** • COSPAR: 2015-039A

Commerciële geostationaire communicatiesatelliet voor het in Parijs gevestigde Eutelsat. De kunstmaan is gebouwd door Thales Alenia Space gebaseerd op hun Spacebus 4000C4 platform en heeft een massa van 5782 kg.

- **Intelsat IS-34** • COSPAR: 2015-039B

Commerciële geostationaire communicatiesatelliet voor het in Luxemburg gevestigde Intelsat. De kunstmaan is gebouwd door SS/Loral gebaseerd op het 1300 platform en heeft een massa van 3300 kg.

27 augustus 2015 | 02:31 uur

Draagraket: Chang Zheng-4C • Lanceerplaats: Taiyuan

- **Yaogan-27** • COSPAR: 2015-040A

Chinese militaire aardobservatiesatelliet. In een zonsynchrone baan ($1194 \text{ km} \times 1206 \text{ km} \times 100,5^\circ$).



ISS bewoners Lindgren (links) en Kelly consumeren op 10 augustus voor het eerst groente gekweekt in het microzaaikrachtmilieu van de ruimte, in dit geval rucola-sla. De mogelijkheid om voedsel te verbouwen in de ruimte en zodoende minder afhankelijk te zijn van voorraden aangevoerd vanaf de Aarde, is belangrijk met het oog op toekomstige bemande missies verder het zonnestelsel in. [NASA]



De gas- en stofstromen uitgestoten door de kern van komeet 67P/Churyumov-Gerasimenko zoals vastgelegd door Rosetta op een relatieve veilige afstand van 200 km. [ESA]



Op Baykonur wordt een dag voor de lancering de draagraket met het ruimteschip Soyuz TMA-18M naar het lanceerplatform gebracht. [Roscosmos]

27 augustus 2015 | 11:22 uur

Draagraket: GLSV Mk. II • Lanceerplaats: Sriharikota

- GSAT-6 • COSPAR: 2015-041A

Indiase militaire geostationaire communicatiesatelliet.

28 augustus 2015 | 11:44 uur

Draagraket: Proton-M • Lanceerplaats: Baykonur

Dit is de eerste Proton lancering sinds de mislukte lancering van Mexsat-1 op 16 mei 2015.

- Inmarsat-5F3 • COSPAR: 2015-042A

Commerciële geostationaire communicatiesatelliet Inmarsat, waarvan het hoofdkantoor in London gevestigd is.



Het operationele centrum van Inmarsat bevindt zich in Burum, Friesland.

28 augustus 2015

Padalka, Kelly en Kornienko ontkoppelen de Soyuz TMA-16M van de Poisk module en vliegen het toestel rond het ISS waarna ze aan de Zvezda module koppelen. Hiermee komt de Poisk poort beschikbaar voor de begin september te lanceren Soyuz TMA-18M.

31 augustus 2015

De Amerikaanse ruimtevaartorganisatie maakt bekend dat uit de lijst van potentiële Kuiper Belt Objects, 2014 MU69 is geselecteerd als het volgende doel voor de New Horizons sonde. De passage zal op 1 januari 2019 plaatsvinden.

2 september 2015 | 04:37 uur

Draagraket: Soyuz-FG • Lanceerplaats: Baykonur

- Soyuz TMA-18M • COSPAR: 2015-043A

Russisch bemand ruimtevaartuig met drie astronauten aan boord

de Rus Sergei Volkov, de eerste Deen in de ruimte Andreas Mogensen en de Kazach Aidyn Aimbetov. In tegenstelling tot wat de laatste jaren gebruikelijk is vliegt de Soyuz niet het standaard 6-uur durende rendez-vousprofiel naar het ISS. Omdat de baan geometrie dat deze keer niet toelaat, vliegt de Soyuz het oudere 2-daagse profiel.

2 september 2015 | 11:22 uur

Draagraket: Atlas-5 • Lanceerplaats: Canaveral

- USA-264 • COSPAR: 2015-044A

Amerikaanse militaire geostationaire communicatiesatelliet bedoeld voor de marine. Ook bekend onder de naam MUOS-4 (Multiple User Objective System).

4 september 2015

Het bemande ruimteschip Soyuz TMA-18M koppelt aan de Poisk module van het ISS. Er zijn nu tijdelijk negen astronauten aan boord van het ruimtestation.

11 september 2015 | 02:08 uur

Draagraket: Soyuz ST-B • Lanceerplaats: Kourou

- Galileo FOC FM05 • COSPAR: 2015-045A
- Galileo FOC FM06 • COSPAR: 2015-045B

Europese civiele navigatiesatellieten. De cirkelvormige operationele baan bevindt zich op 23.616 km hoogte met een inclinatie van 56°. Hiermee zijn 10 Galileo satellieten in de ruimte gebracht en uiteindelijk zal de constellatie uit 30 satellieten bestaan.

11 september 2015

Na een week van gezamenlijke activiteiten aan boord van het ISS gaan bezoekers Mogensen en Aimbetov weer terug naar de Aarde,



De Amerikaanse Marswagen Curiosity is inmiddels al weer een jaar bezig met de beklimming van Mount Sharp, de centrale berg in de krater Gale. Sinds haar landing in augustus 2012 heeft Curiosity al meer dan 11 kilometer afgelegd. [NASA/JPL-Caltech/MSSS]

nu met de oudere Soyuz TMA-16M. De Soyuz TMA-18M waarmee ze gelanceerd zijn zal over een half jaar Kornienko en Kelly na hun één jaar durende vlucht terug brengen.

De Deen Mogensen en de Kazach Aimbetov worden tijdens hun terugreis vergezeld door ISS bewoner Padalka, die een missie van een half jaar afrondt. Enkele uren nadat de Soyuz TMA-16M is losgekoppeld (het is dan inmiddels 12 september) landt de capsule behouden op de steppen van Kazachstan.

Aan boord van het ISS begint Expeditie-45, bestaande uit de Russen Kornienko, Kononenko en Volkov, de Amerikanen Kelly en Lindgren, en de Japanner Yui.

12 september 2015 | 15:04 uur

Draagraket: Chang Zheng-3B • Lanceerplaats: Xichang

- **Tongxin Jishu SW1** • COSPAR: 2015-046A

Chinese geostationaire technologische satelliet, bedoeld om nieuwe Ka-band communicatietechnieken te testen.

14 september 2015 | 04:42 uur

Draagraket: Chang Zheng-2D • Lanceerplaats: Jiuquan

- **Gaofen-9** • COSPAR: 2015-047A

Chinese civiele aardobservatiesatelliet, in een zonsynchrone baan (617 km x 664 km x 98,01°).

14 september 2015 | 19:00 uur

Draagraket: Proton-M • Lanceerplaats: Baykonur

- **Ekspress AM-8** • COSPAR: 2015-048A

Russische civiele geostationaire communicatiesatelliet, gebouwd door ISS Reshetnev in Rusland met de communicatieapparatuur afkomstig van Thales Alenia Space.

17 september 2015

Vanuit de wetenschappelijke luchtsluis van de Japanse Kibo module van het ISS worden twee CubeSats uitgezet: **S-CUBE** en **SERPENS**.

19 september 2015 | 23:01 uur

Draagraket: Chang Zheng-6 • Lanceerplaats: Taiyuan

Eerste vlucht van de nieuwe Chang Zheng-6 drietrapsraket die rond de 1,5 ton aan lading in een lage baan om de Aarde kan plaatsen.



www.news.cn

Televisiebeeld van de eerste lancering van de nieuwe Chinese draagraket Chang Zheng-6. [News.cn]

In tegenstelling tot de huidige Chinese raketten maakt de Chang Zheng-6 gebruik van milieuvriendelijker stuwstoffen zoals kerosine, vloeibare zuurstof en waterstofperoxide.

- **Xinyang-2** • COSPAR: 2015-049A

Chinese technologische satelliet met een massa van 130 kg, bedoeld voor het testen van een elektrisch voortstuwingssysteem. In een zonsynchrone baan (515 km x 536 km x 97,5°).

- **Luliang-1, Zhineng Hao Shouji Weixing, Xingchen-1 t/m 4** •



Sinds 4 september is de New Horizons sonde begonnen aan het verzenden van de opnamen verzameld tijdens de passage door het Pluto-systeem op 14 juli. Hieruit is deze hoge-resolutie afbeelding van Pluto samengesteld. [NASA/APL/SwRI]

COSPAR: 2015-049

Chinese militaire technologische microsatellieten voor het testen van communicatietechnieken.

• **Xiwang-2A t/m 2F • COSPAR: 2015-049**

Chinese microsatellieten van CAMSAT, de Chinese afdeling van de wereldwijde organisatie voor radioamateurs AMSAT.

• **Zheda Pixing-2A & 2B, Naxing-2, Zijing-1 & 2, Zidongxiang-2 •**

COSPAR: 2015-049

Chinese technologische microsatellieten voor het testen van MEMS micro-elektronica.

ase Mars atlas. Twee dagen later voltooit ook NASA's MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN) zijn eerste jaar in een Marsbaan.

23 september 2015 | 22:00 uur

Draagraket: Rokot • Lanceerplaats: Plesetsk

• **Cosmos-2507 • COSPAR: 2015-050A**

• **Cosmos-2508 • COSPAR: 2015-050B**

• **Cosmos-2509 • COSPAR: 2015-050C**

Russische militaire communicatiesatellieten. De satellieten worden in een $1400 \text{ km} \times 1414 \text{ km} \times 82,6^\circ$ baan geplaatst.

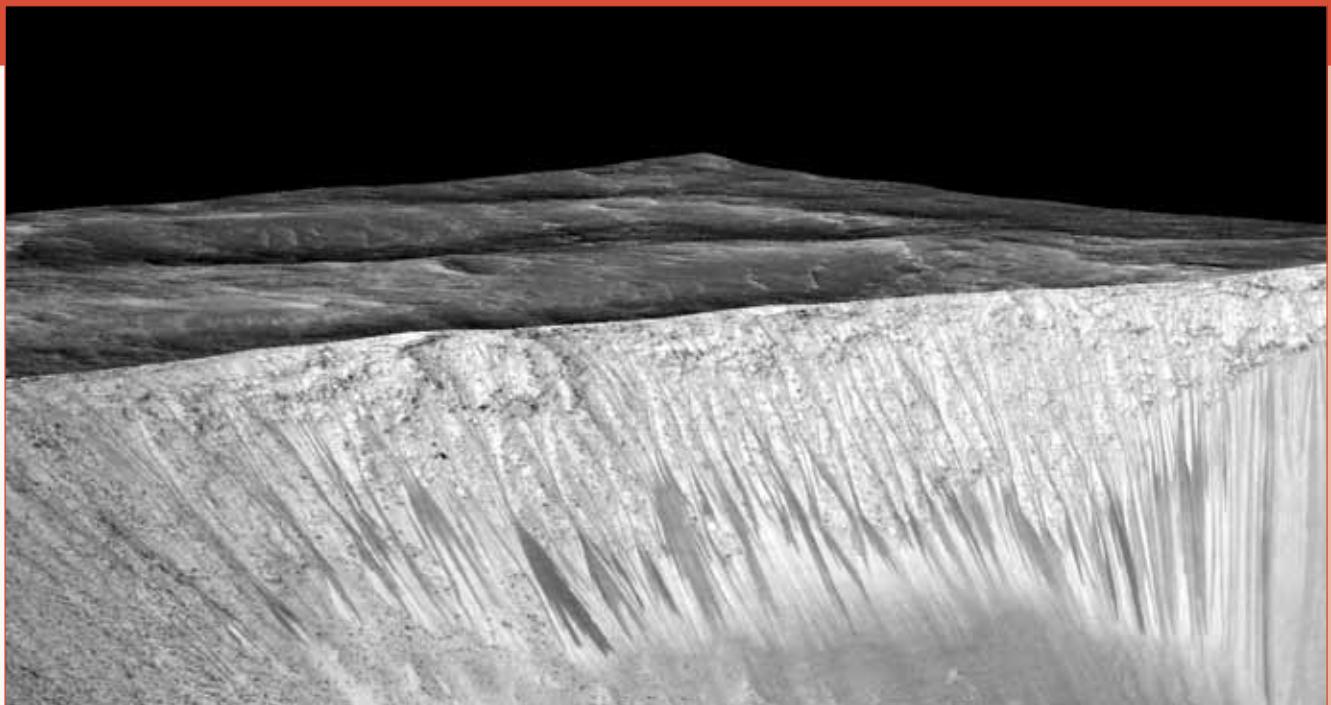
23 september 2015

De Mars Orbiter Mission (MOM) ruimtevoertuig van India, ook Mangalyaan genoemd, bevindt zich na een missie-extensie een Aardjaar in een baan om Mars. Dit wordt gevierd met de uitgave van een Indi-

25 september 2015 | 01:41 uur

Draagraket: Chang Zheng-11 • Lanceerplaats: Jiuquan

Wederom een eerste vlucht van een nieuwe Chinese draagraket. De Chang Zheng-11 is een lichte viertrapsraket op vaste stuwtstof en



NASA kondigt op 28 september aan dat het bewijs heeft dat vloeibaar water ook tegenwoordig op Mars voorkomt. De dunne donkere strepen op o.a. de hellingen van de krater Gusev gezien op MRO beelden, zijn gevormd door zeer zout pekelwater dat enkele honderden meters naar beneden is gestroomd. [NASA/JPL/University of Arizona]

wordt vanaf een mobiele lanceerinrichting afgevuurd. De raket zou rond de 1000 kg in een lage Aardbaan kunnen plaatsen.

- **Pujiang-1** • COSPAR: 2015-051A

Chinese technologische satelliet met o.a. miniatuur-warmtepijpen voor de thermische controle en een WIFI systeem om de verschillende systemen met elkaar te laten communiceren. In een zonsynchrone baan op 475 km hoogte en met een inclinatie van 97,3 graden.

- **Shangkeda-2, NJUST-2, NJFA-1** • COSPAR: 2015-051

Chinese CubeSats van de Shanghai Tech en Nanjing University of Science and Technology (NJUST).

28 september 2015 | 04:30 uur

Draagraket: PSLV • Lanceerplaats: Sriharikota

- **Astrosat** • COSPAR: 2015-052A

India's eerste astronomische satelliet. De kunstmaan heeft twee ultraviolet-telescopen, een röntgendetector, een gammastralingstelescoop en een detector voor het opsporen van gamma-bursts. De kunstmaan komt in een $650\text{ km} \times 650\text{ km} \times 6^\circ$ baan en heeft een massa van 1513 kg.

- **LAPAN-A2** • COSPAR: 2015-052B

Indonesische microsatelliet met een ontvanger voor scheepsignalen (AIS) en een videocamera voor aardobservatie aan boord.

- **ExactView** • COSPAR: 2015-052C

Canadese nano-satelliet (5,5 kg) met een AIS ontvanger.

- **Lemur 2-1 t/m 2-4** • COSPAR: 2015-052

Diverse CubeSats van Spire Global in San Francisco.

28 september 2015

Het Japanse onbemande vrachtschip HTV-5 wordt losgemaakt van de Harmony module van het ISS en in haar eigen baan uitgezet. Een dag later keert de HTV-5 in de atmosfeer terug om te verbranden, waarna de brokstukken in de zuidelijke Stille Oceaan vallen.



India's eerste sterrenkundige satelliet, Astrosat, tijdens de laatste voorbereidingen in de cleanroom. De cilindrische objecten in het midden van de satelliet zijn de diverse astronomische telescopen. [ISRO]

29 september 2015 | 23:13 uur

Draagraket: Chang Zheng-3B • Lanceerplaats: Xichang

- **Beidou-3 I2-S** • COSPAR: 2015-053A

Chinese geosynchrone navigatiesatelliet. De kunstmaan wordt in een baan met een hoek van 55° met de evenaar geplaatst.

30 september 2015 | 16:30 uur

Draagraket: Ariane-5ECA • Lanceerplaats: Kourou

- **Sky Muster** • COSPAR: 2015-054A

Australische commerciële geostationaire communicatiesatelliet, gebouwd door SS/Loral met een massa van 6440 kg.

- **ARSAT-2** • COSPAR: 2015-054B

Argentijnse commerciële geostationaire communicatiesatelliet, gebouwd door het Argentijnse INVAP met de communicatieapparatuur afkomstig van Thales Alenia Space. De massa bedraagt 2975 kg.

De Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart (NVR) werd in 1951 opgericht met als doel belangstellenden te informeren over ruimteonderzoek en ruimtetechniek en hen met elkaar in contact te brengen. Nog altijd geldt:

De NVR stelt zich tot doel de kennis van en de belangstelling voor de ruimtevaart te bevorderen in de ruimste zin.

De NVR richt zich zowel op professioneel bij de ruimtevaart betrokkenen, studenten bij ruimtevaart-gereleteerde studierichtingen als ook op andere belangstellenden, en biedt haar leden en stakeholders een platform voor informatie, communicatie en activiteiten. De NVR representeert haar leden en streeft na een gerespecteerde partij te zijn in discussies over ruimtevaart met betrekking tot beleid, onderzoek, onderwijs en industrie, zowel in Nederlands kader als in internationaal verband. De NVR is daarom aangesloten bij de International Astronautical Federation. Ook gaat de NVR strategische allianties aan met zusterverenigingen en andere belanghebbenden. Leden van de NVR ontvangen regelmatig een Nieuwsbrief en mailings waarin georganiseerde activiteiten worden aangekondigd zoals lezingen en symposia. Alle leden ontvangen ook het blad "Ruimtevaart". Hierin wordt hoofdzakelijk achtergrondinformatie gegeven over lopende en toekomstige ruimtevaartprojecten en over ontwikkelingen in ruimteonderzoek en ruimtetechnologie. Zo veel mogelijk wordt aandacht geschonken aan de Nederlandse inbreng daarbij. Het merendeel van de auteurs in "Ruimtevaart" is betrokken bij Nederlandse ruimtevaartactiviteiten als wetenschapper, technicus of gebruiker. Het lidmaatschap kost voor individuele leden € 35,00 per jaar. Voor individueel lidmaatschap en bedrijfslidmaatschap: zie website.

