€ 7,00

Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart

2017|1

RUIMTEVAART

Resultaten ESA MC 2016

Space Startups

Kunst uit ruimtepuin

Bij de voorplaat

Voor het eerst staat er een SpaceX Falcon 9 op het historische Launch Complex 39A van NASA's Kennedy Space Center. Eerder vertrokken er vanaf dit platform Apollo maanmissies en Space Shuttles. Deze Falcon 9 lanceerde in februari dit jaar een Dragon bevoorradingscapsule naar het ISS, en de eerste trap van de raket maakte een succesvolle landing voor hergebruik.

Foto van het kwartaal

Op 15 februari lanceerde India met een enkele PSLV raket maar liefst 104 satellieten tegelijk, een nieuw wereldrecord. Het Nederlandse bedrijf ISIS was verantwoordelijk voor de lanceercampagne van 101 CubeSats. Op de foto, gemaakt door een camera aan boord van de raket, zijn een aantal net uitgezette CubeSats te zien. [ISRO]

Van de hoofdredacteur:

Traditiegetrouw hebben we in dit nummer weer een nabeschouwing van de ESA Ministersconferentie, na een voorbeschouwing in het laatste nummer van 2016. Een van de opvallende uitkomsten was deze keer dat veel landen fors meer zijn gaan investeren in de optionele programma's van ESA. Voor een land als het Verenigd Koninkrijk kan dit wellicht verklaard worden vanuit een ambitieus ruimtevaartbeleid in combinatie met de voorbereidingen voor BREXIT, maar ook veel kleinere landen zijn meer gaan investeren in ruimtevaart. Van Luxemburg (in het bijzonder actief op het gebied van satellietcommunicatie) en België is de ambitie op ruimtevaartgebied wellicht wel bekend, Oostenrijk, Zwitserland en Noorwegen hebben bovengemiddeld ingeschreven maar opkomende landen als Roemenië, Estland en Tsjechië investeren relatief bezien ook veel.
Vanaf dit nummer hebben we een column van Piet Smolders als nieuw vast element in Ruimtevaart, een idee dat ontstaan is tijdens het laatste ereledendiner. Verder in dit nummer onder andere aandacht voor bedrijfslid Bradford dat haar 1000ste product in de ruimte gebracht heeft (wellicht niet onverwacht gezien de vele vermeldingen iedere kwartaal in de Ruimtevaartkroniek), een verslag van ISU 2016, ruimtevaart-gerelateerde kunst van Daan Roosegaarde en een introductie van start-up bedrijfslid Lens R&D.
Een oplettende lezer heeft ons er op gewezen dat het onderschrift op bladzijde 32 van het vorige nummer, bij het interview van Thomas Reiter, onjuist was: Thomas is teruggekeerd met STS-116 en niet met de Sojoez TMA-8, zoals wel correct vermeld in het kader op de bladzijde ervoor.
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)
Ir. L. van der Wal (vice-voorzitter)
Drs. B. ten Berge (secretaris)
Ir. J.A. Meijer (penningmeester)
Ir. P.A.W. Batenburg
Dr. Ir. P.J. Buist
Ir. M. de Brouwer
Mr. F.N.E. van 't Klooster
Dr. Ir. C. Verhoeven

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)
Dr. P. Mahapatra

Sociale media-commissie
Mr. S.V. Pieterse (voorzitter)
Drs. B. ten Berge
Drs. Ing. R. Timmermans
F. Roelfsema

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

Kascommissie
Drs. T. Wierenga
Drs. T. Leeuwerink
Ir. Z. Pronk

Ereleden
Ir. D. de Hoop
Prof. Dr. C. de Jager
Drs. A. Kuipers
Ir. J.H. de Koomen
Ir. H.J.D. Reijnen
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 © 2016 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.

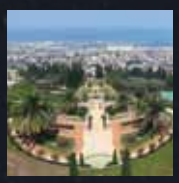
Kopij
Indien u een bijdrage aan het blad wilt leveren of suggesties wilt geven, neem dan contact op met de redactie via **redactie@ruimtevaart-nvr.nl**. De redactie behoudt zich het recht voor om ingezonden stukken in te korten of niet te plaatsen.

"Polderen" lukt nog steeds in de Ruimtevaart
4
Resultaten bij de ESA-Ministers conferentie in Luzern (Zwitserland), 1 en 2 december 2016.

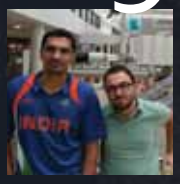
1000 maal Bradford in de ruimte
10
Op 17 november werd het 1000ste product van Bradford Engineering BV de ruimte in gebracht.

Lens R&D sunsensors for space and terrestrial applications
12
From start-up to commercial product developer.

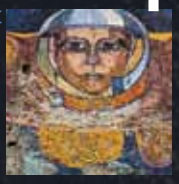
A space adventure in Israel
16
A Dutch perspective on the ISU Space Studies Program 2016 held in Israel.



Space startup satsearch.co is destined to disrupt the 'old' industry
19
The rise of a space startup in the Netherlands.

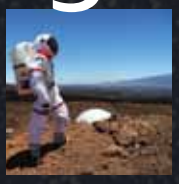


Thomas Pesquet vertrekt van Baikonoer
24
Foto-overzicht van een bezoek aan het kosmodroom.

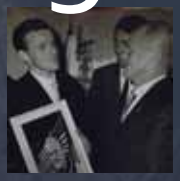


Turning space debris into art
26
An interview with Daan Roosegaarde on his aim to combine art and (space) technology.

Voedselrecycling in de ruimte
30
Op het Bordersessions technologie-festival was voedselrecycling een thema.

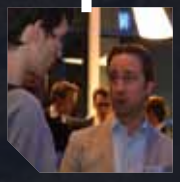


Astronautenwijsheid
36
Een nieuwe vaste column van Piet Smolders.



Start Galileo diensten en bouw van Galileo Reference Centre
38
De transitie voor Galileo van de test- en uitrolfase naar een operationeel systeem is begonnen.

Discover your Space 2016
40
Meet and greet with the Dutch space market.



Ruimtevaartkroniek
42
Alle lanceringen en belangrijke ruimtevaartgebeurtenissen tussen 17 september 2016 en 31 december 2016.

“Polderen” lukt nog steeds in de Ruimtevaart

Resultaten bij de ESA-Ministers conferentie 2016

Nico van Putten (Netherlands Space Office)

Al ver van tevoren was het duidelijk dat deze ESA Ministersconferentie een bijzondere zou gaan worden. Na 13 jaar Jean-Jacques Dordain aan het roer, kwam in 2015 Jan Wörner hem als Directeur-Generaal van ESA aflossen. Niet alleen een verschuiving van een Franse leidinggevende naar een Duitse, maar ook een wisseling van persoonlijkheden. Een vrijwel volledig nieuw ESA-directeurenteam (slechts Franco Ongaro, directeur D-TEC én eindverantwoordelijk voor “ons” ESTEC, Eric Morel de Westgrave, de administratief/juridisch verantwoordelijke en Magali Vassierre, directeur Telecom & integrated applications zijn blijven zitten). Maar ook het driejaarlijkse ritme was wederom omgezet in een tweejaarlijkse. Dat was niet voor niets.

Dit keer stond o.a. het vaststellen van het ‘Level of Resources’ (zeg maar het algemene werkbudget van ESA) op de agenda. Het was Nederland de laatste jaren een doorn in het oog dat met name het ‘Science’-budget (door toedoen van de grote ESA lidstaten) niet meer geïndexeerd is, waardoor de koopkracht binnen dit budget rap afnam. Voeg daar ook nog eens aan toe de financieringsproblemen van het Exomars-project en de eerste test voor het Ariane-6-project en we kunnen vaststellen dat dit een explosief mengsel van totaal verschillende ingrediënten kan zijn, wat zo maar in ons gezicht tot ontploffing zou kunnen komen.

De weg ernaar toe

De komst van Jan Wörner als DG van ESA leidde tot een andere aanpak in de voorbereiding van deze Ministersconferentie. Voor Nederland was het eerst zichtbare het bezoek van Jan Wörner aan Nederland op 20 januari 2016. Er werden bezoeken gebracht aan het Parlement, het Ministerie van Economische Zaken, het ESA-BIC en natuurlijk was hij key-note speaker op de gezamenlijke nieuwjaarsreceptie van SpaceNed en NSO. Thema's waren 'Space 4.0' en 'United Space for Europe', thema's die daarna nog veelvuldig besproken zouden worden, zowel in ESA-kader als met de Europese Unie.

Een duidelijke trendbreuk met het voorgaande ESA-beleid. En het moet gezegd worden dat was lang niet altijd even eenvoudig.

Positief was in ieder geval dat met het aantreden van een nieuwe EU-commissie in Brussel de verhoudingen tussen ESA en EU, die in het verleden toch moeizaam verliepen, een nieuwe impuls kregen. Nederland heeft zich daar tijdens het Nederlandse EU-voorzitterschap in de eerste helft van 2016 actief voor ingezet en met succes. Mede op initiatief van Nederland leidde dit op 26 oktober j.l. tot een nieuwe European Space Strategy die gezamenlijk gedragen wordt door EU en ESA, alsmede tot een samenwerkingsovereenkomst tussen de Europese Commissie en ESA.

Vanaf april 2016 volgde een zevental formele Council Working Groups (CWG) én een viertal informele Council workshops die niet altijd tot een transparante besluitvorming leidden. Wel was het proces duidelijk anders dan in voorgaande jaren en kan het de nieuwe DG niet ontzegd worden dat hij naar vernieuwing streefde. Een streven wat door de NL-delegatie gesteund kon worden.

De vier workshops hadden als titels:

- Strategy
- Transportation and Exploration
- Small Missions
- Security

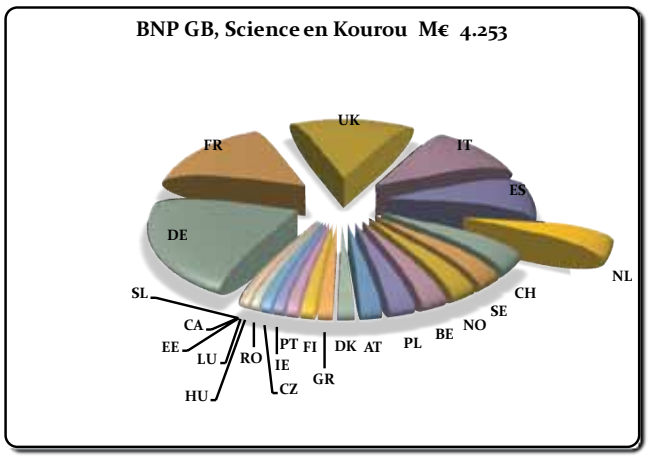
Algemeen commentaar hierbij moet wel zijn dat de vernieuwingsdrang van Wörner niet door iedereen gedeeld werd. Met name de grote landen hadden moeite om hem te volgen. Dat richtte zich met name op wat ESA wel (maar met name ook wat niet) voor zijn rekening kan en mag nemen. Zelfs het woord 'soevereiniteit' viel hierbij. Met name bij het laatste onderwerp (security) leidde dit er toe dat de ambities van ESA stevig werden beperkt. ESA zal daar leveren als men gevraagd wordt en geen eigen initiatieven ontplooien.

De zeven Raadswerkgroep bijeenkomsten (CWG's) ter voorbereiding van de ministersconferentie waren bedoeld om beter (uitgebreider) te kunnen discussiëren over de onderwerpen van de komende Ministersconferentie. Doordat veelal de personele bezetting hetzelfde was als in de formele Council lukte dat maar ten dele. Vanuit Nederland bestond de delegatie uit Frits von Meijenfeldt (EZ) en afwisselend Joost Carpay en Nico van Putten (NSO).

De workshops waren echt nieuw ten opzichte van het verleden. In deze workshops werd niet alleen onderling gediscussieerd maar werden ook andere belanghebbenden (zoals de industrie) uitgenodigd presentaties te geven. Het idee was om een discussie op gang te brengen over dat specifieke onderwerp. Omdat echter ook hier politiek en uitvoering door elkaar

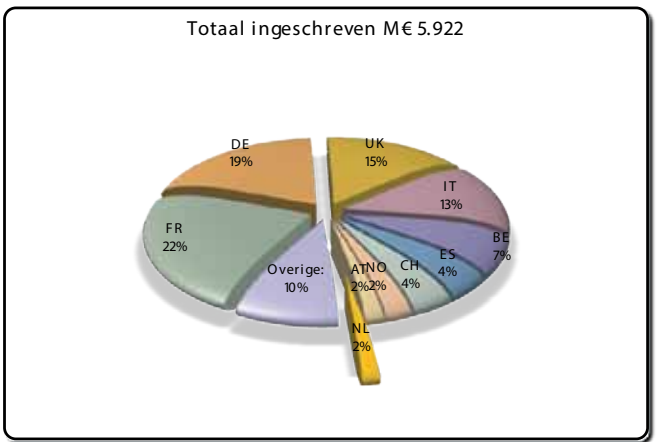
De Nederlandse delegatie tijdens het plenaire overleg.

Landen	Perc	Ranking
DE	20,42%	1
FR	15,16%	2
UK	14,21%	3
IT	11,03%	4
ES	7,81%	5
NL	4,53%	6
CH	3,87%	7
SE	2,82%	8
NO	2,81%	9
BE	2,74%	10
PL	2,74%	11
AT	2,21%	12
DK	1,78%	13
GR	1,46%	14
FI	1,38%	15
PT	1,15%	16
IE	1,04%	17
CZ	1,01%	18
RO	0,90%	19
HU	0,63%	20
LU	0,19%	21
EE	0,11%	22
CA	0,00%	23
SL	0,00%	24



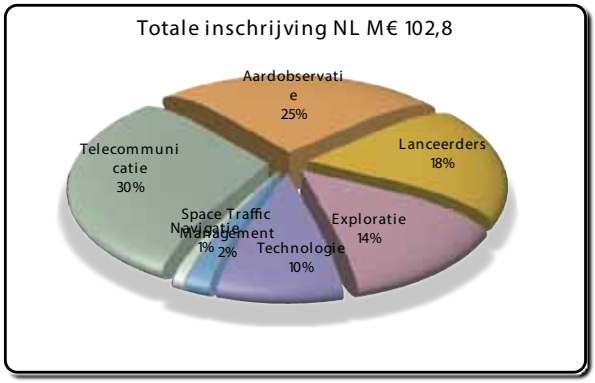
Level of Resources per ESA lidstaat (verplichte programma's).

Landen	Bedrag in	Rankin
FR	1.307,2	1
DE	1.122,4	2
UK	868,9	3
IT	763,6	4
BE	422,3	5
ES	265,0	6
CH	238,6	7
NO	150,0	8
AT	103,1	9
NL	102,8	10
Overige:	578,6	
LU	98,5	11
RO	90,1	12
CZ	71,5	13
SE	67,0	14
CA	53,6	15
DK	46,5	16
PL	44,8	17
FI	27,0	18
PT	27,0	19
IE	22,4	20
SL	15,0	21
GR	8,2	22
EE	7,0	23
HU	0,0	24



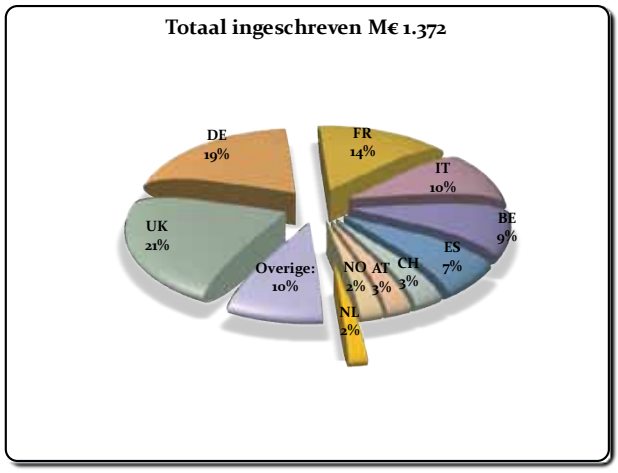
Totaal aan inschrijvingen van de ESA lidstaten in de optionele programma's.

Thema	Bedrag i
Telecommunicatie	31,0
Aardobservatie	26,0
Lanceerders	18,8
Exploratie	14,0
Technologie	10,0
Space Traffic Management	2,0
Navigatie	1,0



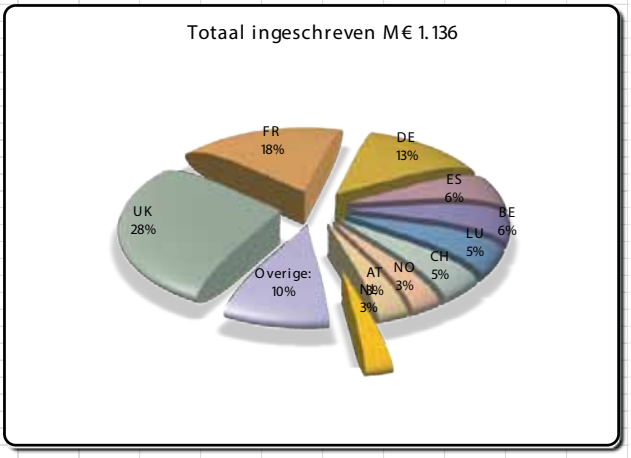
Inschrijving Nederland in de verschillende optionele programma's.

Landen	Bedrag in	Ranking
UK	€ 289,0	1
DE	€ 266,3	2
FR	€ 195,0	3
IT	€ 139,5	4
BE	€ 123,3	5
ES	€ 94,0	6
CH	€ 41,0	7
AT	€ 34,3	8
NO	€ 30,7	9
NL	€ 26,0	10
Overige:	€ 132,7	
CA	€ 19,6	11
RO	€ 17,9	12
DK	€ 16,0	13
FI	€ 15,1	14
LU	€ 13,5	15
SE	€ 11,5	16
PL	€ 9,7	17
CZ	€ 8,5	18
PT	€ 5,5	19
IE	€ 5,0	20
SL	€ 5,0	21
EE	€ 3,0	22
GR	€ 2,4	23
HU	€ -	24



Inschrijving per ESA lidstaat in het aardobservatie programma.

Landen	Bedrag i	Rankin
UK	€ 319,2	1
FR	€ 200,0	2
DE	€ 149,8	3
ES	€ 70,3	4
BE	€ 63,7	5
LU	€ 61,5	6
CH	€ 53,4	7
NO	€ 34,5	8
AT	€ 34,3	9
NL	€ 31,0	10
Overige:	€ 118,8	
CA	€ 27,6	11
CZ	€ 26,5	12
SE	€ 17,8	13
RO	€ 8,1	14
DK	€ 8,0	15
PL	€ 7,3	16
PT	€ 7,3	17
IE	€ 7,1	18
FI	€ 5,5	19
GR	€ 2,6	20
IT	€ 1,0	21
EE	€ -	22
HU	€ -	23
SL	€ -	24



Inschrijving per ESA lidstaat in het telecom programma.

bleven lopen lukte dat maar ten dele. Te veel stokpaardjes werden bereden (met name door de industrie), te weinig werd er echt gezocht naar nieuwe openingen waar Europa (lees ESA) het voortouw kon nemen. Maar men moet ergens beginnen en de NL-delegatie heeft dit initiatief zeker gewaardeerd.

Leuk detail is nog dat in de Workshop Small Missions, Jeroen Rotteveel van Innovative Solutions In Space (ISIS) de enige inspreker in deze workshop was. Jeroen wist juist wel een nieuw geluid te laten horen (niet alleen voor ESA maar naar later bleek ook voor enkele van de grote landen). De uitnodiging voor deze workshop was een gevolg van het bezoek van Jan Wörner aan Nederland begin 2016, waar hij ook ISIS bezocht en een presentatie kreeg waaruit bleek dat ISIS meer financiering uit niet-ESA bronnen wist te verkrijgen dan uit de ESA-programma's.

Voorwaar een eye-opener voor Wörner destijds. In de voorstellen die later toegelicht worden blijkt dat ESA dit ter harte heeft genomen. Nu de verdere uitwerking nog.....

De CWG's werden afwisselend voorgezeten door Luxemburg en Zwitserland die immers het co-voorzitterschap hadden verkregen sinds de ESA-ministerconferentie in 2012 (Napels). Omdat Luxemburg gastheer was geweest in 2014, was het nu de beurt aan Zwitserland. Zij hadden het Congrescentrum in Luzern uitgekozen voor de ontmoeting op 1 en 2 december 2016, voorafgegaan door een "normale" ESA-council op 30 november.

ESA-council op 30 november.

Een dag voor de ESA Ministerscouncil is er altijd een gewone Council belegd om de laatste plooien glad te strijken.

De Nederlandse delegatie bestond uit Head of Delegation Jasper Wesselink, Frits von Meijenfeldt en Marjan van Meerloo (ministerie van Economische Zaken); Daniel Mourad (ministerie van OCW); Jeroen Glazener, Joost Carpay en Nico van Putten (Netherlands Space Office).

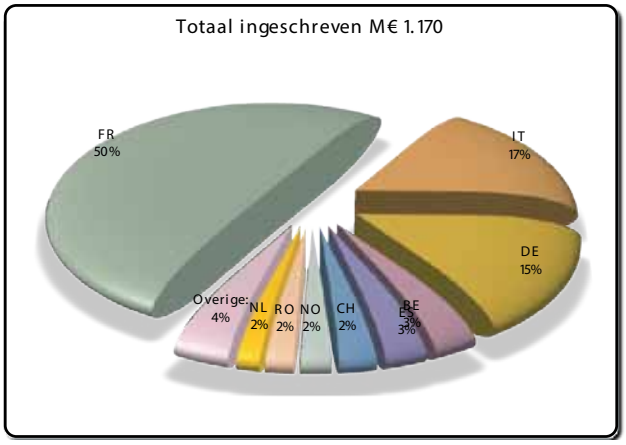
Een deel van de delegatie was de avond ervoor al aangekomen omdat er nog op het gebied van Space Exploration en Launchers op Programme Board niveau moest worden voorgesproken.

Bij Space Exploration ging het uiteindelijk om het accepteren van een enveloppeprogramma over de hele breedte van het Space Exploration gebied. Omdat ook het ExoMars-programma (wat nog een stevige onder-inschrijving kende) daar onderdeel van moest worden, was er nogal wat discussie nodig. Lidstaten met verschillende insteek moesten op een lijn gebracht worden. Dat lukte uiteindelijk net niet, waardoor deze discussie alsnog de ESA-council van later die dag in schoof. Bij Launchers lag het allemaal wat eenvoudiger. Daar moesten 'declaraties' (financiële omvang van het programma) afgemaakt worden en 'implementing rules' (de regels die bepalen hoe de projecten in het programma mogen worden uitgevoerd) nog worden goedgekeurd. Daar werd wel overeenstemming bereikt.

's Middags ging het dus los in de ESA-council. Belangrijkste onderwerp hier was hoe het financiële probleem bij Exomars opgelost kon worden. Omdat het industriële consortium al helemaal klaar was, legde dat druk op de lidstaten die in dat

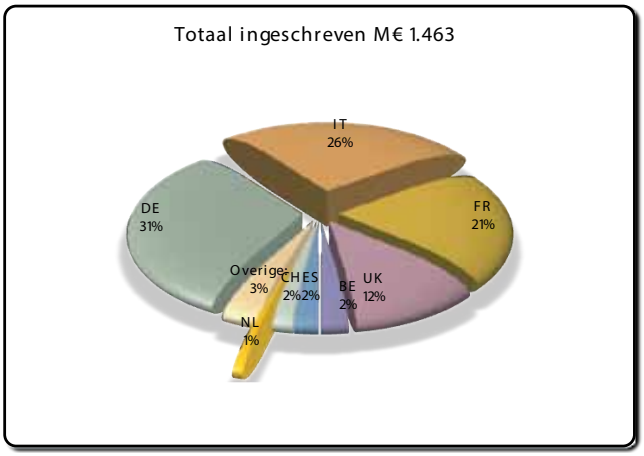
consortium zaten om extra in te schrijven (de andere lidstaten hadden in ieder geval geen extra return meer te verwachten). De lidstaten die in het programma zaten waren belanghebbend, maar eigenlijk de andere lidstaten ook, omdat dit een zichtbaar project is voor alle lidstaten en dus voor ESA hoge prioriteit had. Zo werd ook een solidariteitsbijdrage voorgesteld vanuit het (verplichte) Science programma.
Daarnaast liep de discussie of er nu eindelijk een indexatie kon plaats vinden van de zgn. 'Level of Resources' waarin de belangrijkste programma's (het Science-programma en de 'Basic Activities') van ESA zitten. De grootste landen voelden helemaal niets voor een indexatie (omdat zij verhoudingsgewijs dan het meeste geld extra op tafel zouden moeten leggen). Nederland en Zwitserland waren juist wel voorstander van indexatie omdat zij het belang van de verplichte programma's groot achten en door de jaren van geen indexatie de koopkracht van die programma's stevig terugliep.
Ondanks een goede discussie werd er toch geen overeenstemming bereikt in de ESA-council. Hetgeen overigens niet ongebruikelijk is bij dit soort moeilijke discussies. En, we hadden de avond nog. Er werd dus opgeroepen om die avond nog in een werkgroep op zoek te gaan naar een oplossing. Geheel onverwacht werd Frits von Meijenfeldt gevraagd om de werkgroep voor te zitten. Ondanks het verzoek van de voorzitter van de ESA-council om slechts één gedelegeerde per land af te vaardigen zat het uitgekozen zaaltje al snel propvol met een veelvoud van de te verwachten 25 gedelegeerden (immers 22 lidstaten + 2 geassocieerde staten + ESA-secretariaat).
Het probleem wat besproken moest worden was kort gezegd het volgende:
Naast een solidariteitsbijdrage voor Exomars, stond ook de doorbelasting van een aantal optionele programma's ten gunste van de Basic Activities ter discussie. Beide onderwerpen zouden een nog grotere aanslag op de 'Level of Resources' betekenen, als de doorbelasting zou worden beëindigd. Dat zou betekenen: geen gelijkblijvend budget, maar een neergaand. Verder hadden veel lidstaten gewoonweg geen rekening gehouden met indexatie (argument: "wij krijgen 'thuis' ook geen budget erbij om koopkracht te repareren"). Het gaat te ver om de uren van discussie hier te herhalen. We stellen gewoonweg vast dat het ouderwetse polderen weldegelijk nog steeds werkt als alle partijen maar water bij de wijn doen.
Frits kon na twee uur van intensief onderhandelen een prima compromis presenteren:
1% prijscompensatie, de doorbelasting ten gunste van de Basic Activities bleef gehandhaafd en een Exomars-project wat met een volgeschreven budget aan de gang kan. In de praktijk betekent dit dat de 'Level of Resources' in de eerste jaren een vlak budget kent, maar daarna zal het budget jaarlijks met 1% stijgen. Het bereikte resultaat leverde Frits von Meijenfeldt veel waardering op in de wandelgangen.

Landen	Bedrag M	Ranking
FR	€ 588,2	1
IT	€ 194,7	2
DE	€ 172,3	3
BE	€ 37,3	4
ES	€ 34,4	5
CH	€ 30,2	6
NO	€ 24,7	7
RO	€ 22,6	8
NL	€ 18,8	9
Overige:	€ 46,5	
SE	€ 17,9	10
CZ	€ 10,8	11
AT	€ 6,2	12
IE	€ 4,6	13
PL	€ 4,0	14
PT	€ 2,0	15
DK	€ 1,0	16
EE	€ -	17
FI	€ -	18
GR	€ -	19
HU	€ -	20
LU	€ -	21
UK	€ -	22
CA	€ -	23
SL	€ -	24



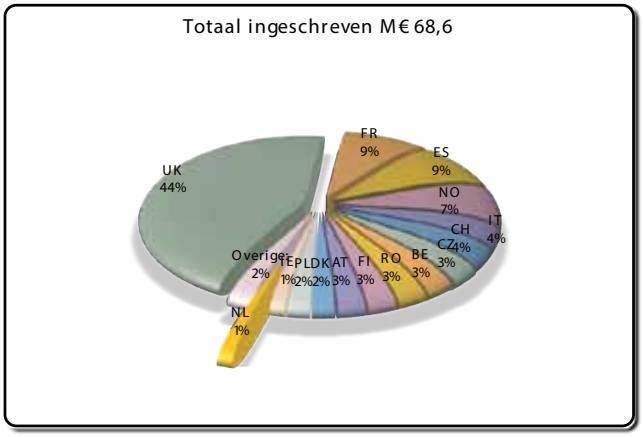
Inschrijving per ESA lidstaat in het lanceerders programma.

Landen	Bedrag M	Ranki
DE	€ 456,0	1
IT	€ 377,0	2
FR	€ 300,0	3
UK	€ 173,9	4
BE	€ 35,9	5
ES	€ 31,4	6
CH	€ 26,0	7
NL	€ 14,0	8
Overige:	€ 50,2	
SE	€ 12,8	9
NO	€ 11,3	10
RO	€ 8,2	11
DK	€ 8,0	12
PL	€ 3,8	13
AT	€ 1,9	14
CZ	€ 1,5	15
PT	€ 1,4	16
IE	€ 1,0	17
GR	€ 0,3	18
EE	€ -	19
FI	€ -	20
HU	€ -	21
LU	€ -	22
CA	€ -	23
SL	€ -	24



Inschrijving per ESA lidstaat in het exploratie programma.

Landen	Bedrag in	Ranki
UK	€ 30,0	1
FR	€ 6,0	2
ES	€ 6,0	3
NO	€ 5,0	4
IT	€ 2,5	5
CH	€ 2,5	6
CZ	€ 2,2	7
BE	€ 2,0	8
RO	€ 2,0	9
FI	€ 1,9	10
AT	€ 1,8	11
DK	€ 1,5	12
PL	€ 1,5	13
IE	€ 1,0	14
NL	€ 1,0	15
Overige:	€ 1,7	
PT	€ 1,0	16
SE	€ 0,7	17
EE	€ -	18
DE	€ -	19
GR	€ -	20
HU	€ -	21
LU	€ -	22
CA	€ -	23
SL	€ -	24

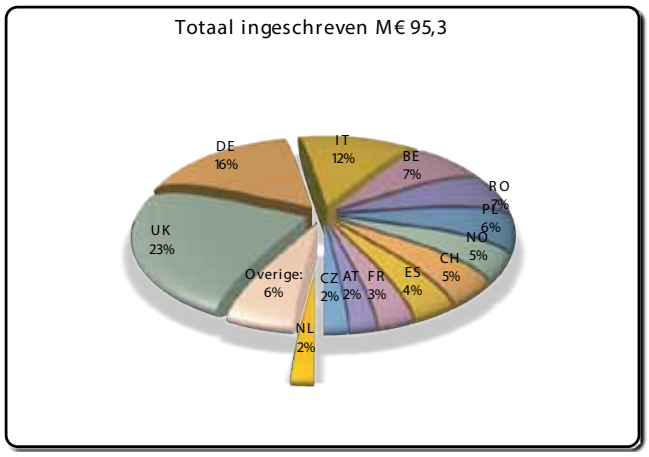


Inschrijving per ESA lidstaat in het navigatie programma.

De ESA-ministersconferentie op 1 en 2 december in Luzern (Zwitserland)

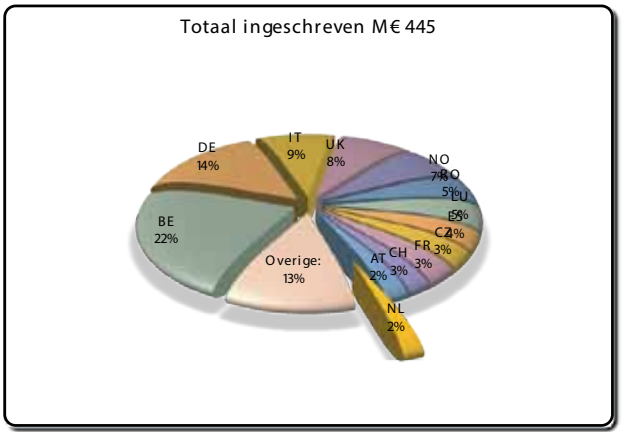
En dus kon de dag erna in een positieve

Landen	Bedrag M€	Ranking
UK	€ 22,0	1
DE	€ 15,1	2
IT	€ 11,3	3
BE	€ 6,8	4
RO	€ 6,3	5
PL	€ 6,0	6
NO	€ 4,5	7
CH	€ 4,5	8
ES	€ 3,7	9
FR	€ 3,0	10
AT	€ 2,2	11
CZ	€ 2,0	12
NL	€ 2,0	13
Overige:	€ 5,9	
LU	€ 1,5	14
FI	€ 1,3	15
SE	€ 1,3	16
DK	€ 1,0	17
PT	€ 0,6	18
GR	€ 0,2	19
EE	€ -	20
HU	€ -	21
IE	€ -	22
CA	€ -	23
SL	€ -	24



Inschrijving per ESA lidstaat in het Space Situational Awareness programma.

Landen	Bedrag M€	Ranking
BE	€ 97,6	1
DE	€ 62,9	2
IT	€ 38,0	3
UK	€ 35,0	4
NO	€ 31,0	5
RO	€ 22,7	6
LU	€ 22,0	7
ES	€ 16,2	8
CZ	€ 15,0	9
FR	€ 15,0	10
CH	€ 11,0	11
AT	€ 10,4	12
NL	€ 10,0	13
Overige:	€ 58,3	
SL	€ 9,0	14
PT	€ 8,5	15
DK	€ 8,0	16
PL	€ 7,6	17
CA	€ 6,4	18
SE	€ 5,0	19
IE	€ 4,2	20
EE	€ 4,0	21
FI	€ 3,2	22
GR	€ 2,4	23
HU	€ -	24



Inschrijving per ESA lidstaat in het technologie programma.

sfeer worden gestart aan de eerste dag van de ESA-ministersconferentie. In aanwezigheid van 22 lidstaten, 2 geassocieerde lidstaten (Canada en Slovenië), een vertegenwoordiger van de EU (mevr. Bieńkowska, Commissioner for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs) en een achttal waarnemers (Europese instituten als Eumetsat, EDA, etcetera) opende de Zwitserse president (Johann Schneider-Ammann) de vergadering en zaten de delegaties tot hun grote vreugde de interventies (3 minuten per land) aan te horen die tot aan de late lunch van die dag duurden.

Na de lunch werd begonnen aan het echte werk. De introductie-speech van ESA DG Jan Wörner was hier de 'key note' en uiteindelijk, aan het eind van de middag kwam dan de eerste ronde inschrijving in de verschillende programma's.

In de speeches kwamen natuurlijk de voorliggende resoluties aan de beurt:

1. Resolution "Towards Space 4.0 for a United Space in Europe";
2. Resolution on ESA programmes: outcome and way forward;
3. Resolution on the "Centre Spatial Guyane (CSG)" 2017 - 2021, en
4. Resolution on the level of resources for the Agency's mandatory activities 2017 - 2021.

Het mag duidelijk zijn dat de laatste twee resoluties over geld gaan (zie werkgroep Frits von Meijenfeldt) en dat de eerste twee (en dan met name de eerste) de inbreng van ESA DG Jan Wörner zijn. Met die twee (Resolutie 1 en 2) zet Wörner zijn stempel op het toekomstig beleid.

De eerste resolutie zet nieuwe accenten in de 'basic activities' (onderwijs, aandacht voor het beheer van data), aanzet voor een hernieuwde, betere samenwerking tussen ESA en EU, en op weg naar de MC-2019 worden nieuwe programma's voorgesteld die nu nog in de studie-fase zitten.

De tweede resolutie gaat in op de bestaande programma's: ISS naar 2024 als beleid, nog niet in budget), ExoMars nu definitief voorwaarts (met een ijkpunt in begin 2018) en ook Ariane-6 blijft 'on track'.

Resolutie 3 is in feite een hamerstuk omdat daarin de financiering van de Kouroulanceerbasis wordt geregeld. Niks bijzonders maar wel noodzakelijk.

Resolutie 4 over de verplichte programma's blijft, ondanks het eerder genoemde succesvolle compromis, om aandacht vragen. Immers met ESTEC in onze achtertuin moet Nederland wel zorgen dat zowel inhoudelijk (het bekende TRP basis research programma) als beheersmatig (ESTEC behoeft ook onderhoud) de beschikbare financiële budgetten goed verdeeld worden.

Dat valt onder de noemer nazorg.

Inschrijving in de optionele ESA programma's

Uiteindelijke werd in vier rondes het totale bedrag van ruim €5,9 miljard in de optionele programma's ingeschreven. Nederland heeft in de verplichte programma's, gebaseerd op het BNP per land, een inschrijving van 4,53%.

Frankrijk nam daarvan net iets meer dan €1,3 miljard voor zijn rekening, met Duitsland als een goede tweede: ruim €1,1 miljard. Het United Kingdom volgde op enige afstand met €870 miljoen, gevolgd door Italië (€736 miljoen). Daarna viel er gat in de omvang en was het verrassend genoeg België dat met €422 miljoen met gemak op de 5de plek uitkwam. Spanje volgde op ruime afstand op de 6de plek: €265 miljoen.

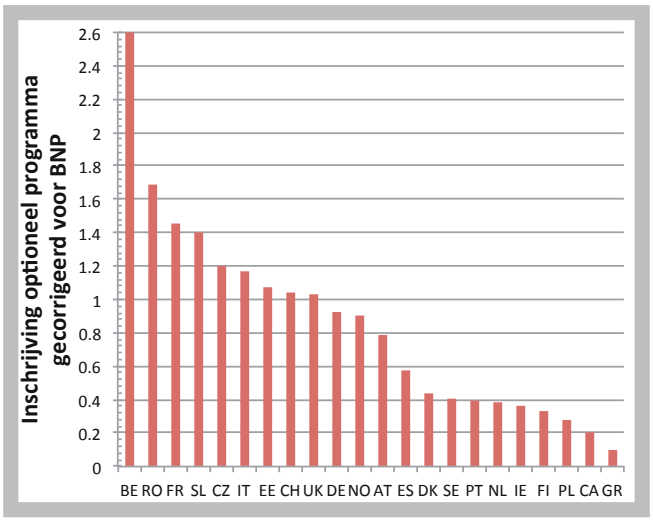
Opvallend was wel dat al deze landen meer deden dan in het verleden. Dat kan niet van alle lidstaten gezegd worden. Nederland volgde op gepaste afstand op plek 10: €102,8 Miljoen

Als gevolg van de stevige inschrijving in 2014 in het Ariane-6-programma had Nederland helaas niet meer ter beschikking.

Verdeling per thema

1. Aardobservatie (totale inschrijving €1.371 miljoen)
   Met de inschrijving van €26 miljoen komt Nederland binnen dit thema op de 10de plek. Grootste deel hiervan gaat naar het EOEP-5 programma, een enveloppe-programma waar wetenschap, gebruik én industrie bediend worden. Hoewel dit 25% van de NL-inschrijiving is, is dit toch een relatief laag bedrag. Op de MC-2019 zal Nederland zeker overwegen aanvullend in te schrijven. Hier was voor het eerst het Incubed-programma open

Nederlandse delegatie van links naar rechts: Joost Carpay, Daniel Mourad, Frits von Meijenfeldt, Marjan van Meerloo, Jeroen Glazener, Jasper Wesselink (Head of Delegation) en Nico van Putten.



Inschrijving optioneel programma per ESA lidstaat gecorrigeerd voor BNP (Luxemburg is buiten beschouwing gelaten vanwege de zeer hoge inschrijving t.o.v. een bescheiden BNP).

voor inschrijving. Van de gevraagde €40 miljoen schreef Nederland er €3 miljoen in. Dit programma is gericht op ondersteuning van toepassingen gebaseerd op aardobservatie-data. Het United Kingdom en Duitsland zijn hier de grootste participanten.

2. Telecom – ARTES (totale inschrijving €1.298 miljoen)
   Ook binnen het ARTES-programma komt Nederland met een inschrijving van € 31 miljoen op de 10de plek. Zoals bekend heeft het ARTES programma vele 'elementen' waarop ingeschreven kan worden. Nederland heeft zijn inschrijving hier gebaseerd op het NSO-roadmap-proces zoals dat reeds vele jaren loopt. Het IAP (Integrated Apllications Programme) is ook onderdeel van ARTES, Nederland schreef hier voor €6 miljoen op in. Hier is het United Kingdom veruit de grootste participant.
3. Launchers (totale inschrijving €1.169 miljoen)
   Met een inschrijving van €18,8 miljoen (waarvan €6 miljoen het opnieuw inzetten van reeds in launchers eerder ingeschreven budget was) komt Nederland op de 9de plek. Deze inschrijving ging naar ondersteunende programma's van Ariane-5, VEGA en het Future Launcher Preparetory Programme (FLPP). Natuurlijk is Frankrijk hier de grootste inschrijver met een aandeel van 50%.
4. Space Exploration (totale inschrijving €1.463 miljoen)
   Op deze ESA Ministersconferentie werd voor het eerst voor dit ESA-beleidsterrein een enveloppe-programma European Exploration Envelope Programme (E3P) gepresenteerd waarin naast ISS Exploitation, ook ExoMars en de bekende ontwikkelingsprogramma's figureerden. Nederland heeft alleen ingeschreven voor het onderdeel ISS Exploitation: €14 miljoen; daarmee hebben we een inschrijving van 1% op dit onderdeel. Met ruim 31% is Duitsland de grootste inschrijver.
5. Navigation (totale inschrijving €69 miljoen)
   Het nieuwe Navisp-programma is bedoeld om te gaan werken aan de volgende generatie Galileo-satellieten. Onduidelijk is nog de richting van het programma en of Nederlandse partijen kunnen deelnemen. De Nederlandse inschrijving van €1 miljoen is dan ook een 'placeholder' die in latere Ministerconferentie nog kan worden uitgebreid (of teruggetrokken).
6. Space Traffic Management (totale inschrijving €95 miljoen)
   Nederland heeft hier met €2 miljoen voor het eerst ingeschreven in het Space Situational Awareness (SSA) programma. Oogmerk hier is Space Weather, al moet ook hier nog wel gedefinieerd worden in welke specifieke activiteiten Nederland zal gaan participeren. In dit programma zijn Duitsland en Italië de grootste inschrijvers.
7. Technology (totale inschrijving €445 miljoen)
   Dit betreft het General Support Technology Programme (GSTP). De Nederlandse inschrijving van €10 miljoen is identiek aan de inschrijving van 2012, in die zin dat er €8 miljoen beschikbaar is voor technologieontwikkeling en €2 miljoen gereserveerd is voor een eerste stap van de volgende fase van het ESA-BIC (Business Incubation Center) programma. Nederland staat met deze inschrijving op de 14de plaats.

Afsluitend

Hoewel Nederland met ruim €100 miljoen toch weer een keurig budget op tafel legde moet wel worden geconstateerd dat we inmiddels door diverse middelgrote landen zijn ingehaald. De 6 'grote' landen lopen verder bij ons weg, waarbij België met 422 M€ in optionele programma's feitelijk uit het zicht is verdwenen. Ook landen als Zwitserland, Oostenrijk en ook Noorwegen zijn ons nu voorbij, terwijl landen als Luxemburg (98,5 M€) en Roemenië (90 M€) ons nu op de hielen zitten.
Als we de inschrijving van de ESA lidstaten afzetten tegen het percentage wat in de verplichte programma's wordt gedaan (NL: 4,53%) dan betekent dit zelfs dat NL slechts op de 18de plaats komt (van de 22). Dat komt doordat veel kleine(re) landen relatief veel inschrijven op optionele programma's en de landen die in de ranking van het verplichte deel voor ons staan ook meer inschreven in het optionele deel van deze ronde.
Dit zou te denken moeten geven voor de komende ESA Ministersconferentie, die in 2019 in Spanje zal plaatsvinden. Spanje is namelijk in Luzern verkozen tot de nieuwe voorzitter van de Ministersconferentie. Genoeg uitdagingen voor Nederland in de komende jaren.

1000 maal Bradford in de ruimte

Marco van der List

Op 17 november bereikte Bradford Engineering BV een bijzondere mijlpaal in haar geschiedenis met de lancering van haar 1000ste product. Het Brabantse bedrijf is op veel satellieten vertegenwoordigd met een of meerdere veelal gestandaardiseerde producten. Enkele weken later werd nog een nieuw bedrijfsrecord gevestigd met drie verschillende lanceringen met Bradford producten in een periode van minder dan één week.

Bradford is in april 1984 in het Brabantse dorp Putte, letterlijk op een steenworp afstand van de Belgische grens, opgericht als ontwikkelaar en leverancier van afsluiters in de nucleaire energie-industrie. Na een succesvolle start veranderde in 1986 de energiemarkt sterk toen nucleaire energie in een kwaad daglicht kwam te staan na het ongeluk in Chernobyl. Mede dankzij de inzet van het Ministerie van Economische Zaken kreeg Bradford eind jaren tachtig een ingang bij de Europese ruimtevaartorganisatie ESA, en begon aan haar eerste ontwikkelingen voor de ruimtevaartindustrie; een industrie met vergelijkbare hoge kwaliteitseisen als de nucleaire industrie.

Deze eerste ruimtevaartopdrachten resulteerden in een product waaraan Bradford nog steeds het grootste deel van haar naamsbekendheid te danken heeft, namelijk de glovebox-faciliteiten voor de bemande ruimtevaart. De eerste glovebox was bedoeld voor het Spacelab laboratorium dat in het vrachtruim van de Space Shuttle vloog. Het creëert een afgesloten omgeving met een lagere druk ten opzicht van de cabinedruk, zodat astronauten op een veilige en gecontroleerde wijze diverse experimenten kunnen uitvoeren. De eerste door Bradford gebouwde glovebox vloog in januari 1992 tijdens de STS-42/USML-1 missie aan boord van de Shuttle Discovery. Deze vlucht staat nu natuurlijk bekend als Bradford Mission #1!

Bradfords eerste product in de ruimte: de USML-1 Glovebox van de STS-42 Shuttle missie in 1992. [Bradford Engineering BV]. Inzet: Een glovebox is meer dan twee jaar aan boord van het Russische ruimtestation Mir in bedrijf geweest. [Bradford Engineering BV]

In de jaren negentig vlogen de gloveboxen, in diverse varianten, meerdere malen aan boord van de Space Shuttle. Vanaf 1994 zette Bradford in op de verdere ontwikkeling van een lijn aan de glovebox gerelateerde producten, zoals afsluiters, warmtewisselaars en druksensoren. Uiteindelijk zouden deze ontwikkelingen resulteren in een productlijn speciaal voor drukopnemers, welke hun weg zouden vinden naar een breed spectrum aan satellieten en platformen en die zelfs tot op de dag van vandaag een significant deel van de bedrijfsactiviteiten van Bradford omvatten.

Met het toenemen van de diversiteit nam ook het aantal vluchten met Bradford hardware toe. Werden er in het eerste decennium, van 1992 tot 2002, 46 pro-

Spectaculaire foto van de Ariane 5 lancering op 17 november 2016 met vier Galileo-satellieten en o.a. het 1000ste Bradford product. [ESA/Arianespace]

De Microgravity Science Glovebox is sinds 2002 continu operationeel aan boord van het ISS. [ESA]

ducten verdeeld over 18 lanceringen in de ruimte gebracht, in het daaropvolgende decennium was dit al toegenomen tot respectievelijk 453 producten en 47 lanceringen. Deze sterke stijging was met name het gevolg van het feit dat een aantal Bradford producten nu hun weg hadden gevonden naar gestandaardiseerde satellietplatformen voor communicatie, aardobservatie en navigatietoepassingen. Naast de al eerder genoemde drukopnemers, vonden ook diverse varianten zonnesensoren hun weg naar de ruimte. Deze zonnesensoren zijn een excellent voorbeeld van een technologie ontwikkeld door de Nederlandse onderzoeksector (TNO), die vervolgens succesvol door Bradford als industriële partner naar de commerciële markt zijn gebracht.

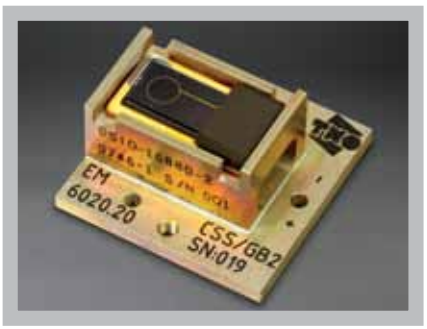
De lancering waarbij o.a. het 1000ste product vloog is typerend voor de grotere series die Bradford tegenwoordig aan de satellietplatformen levert: Op 17 november 2016 werd door een Ariane 5 een viertal Galileo navigatiesatellieten gelanceerd. Elke Galileo satelliet is voorzien van 3 drukopnemers, 2 Fine Sun Sensors en 16 Cosine Sun Sensors, zodat er bij deze vlucht in totaal 84 individuele producten betrokken waren. Met deze grotere series ligt het dan ook in de lijn der verwachtingen dat het niet nog eens 24 jaar hoeft te duren eer het 2000ste Bradford product gelanceerd zal worden!

Natuurlijk zijn het niet alleen successen geweest. Zo was Bradford betrokken bij Shuttle missie STS-107 met de onderzoeksfaciliteit BioPack en een draagbare glovebox. De Shuttle Columbia verongelukte bij de re-entry op 1 februari 2003, waarbij zeven astronauten helaas het leven lieten.

Ook is er in 2014 en 2016 Bradford hardware verloren gegaan toen respectievelijk de lancering van de Cygnus CRS-3 mislukte, en er tijdens een tanktest van de Falcon-9 met de communicatiesatelliet AMOS-6 een explosie plaatsvond.

Aan het einde van 2016 hadden in totaal 89 Bradford missies plaatsgevonden en stond de teller op 1067 producten in de ruimte. Inmiddels reikt de voetafdruk van het Brabantse bedrijf ver de ruimte in. Drukopnemers zijn nu zelfs terug te vinden in een sonde op komeet 67P/Chruyumov-Gerasimenko en draaien in een baan om de rode planeet aan boord van de ExoMars Trace Gas Orbiter. Toekomstige missies zullen Bradford producten richting Mercurius en Jupiter voeren.

Standaard drukopnemer. [Bradford Engineering BV]



Cosine Sun Sensor. [Bradford Engineering BV/TNO]

Fine Sun Sensor. [Bradford Engineering BV/TNO]

Lens R&D sunsensors for space and terrestrial applications

Johan Leijtens, Lens R&D, founder and owner

Lens R&D is a young company that is currently exiting the start-up phase, specializing in the development of sunsensors for space and terrestrial applications. Founded in 2012, Lens R&D currently employs 5 persons. The offered products are analogue fine sunsensors, initially intended for concentrated photovoltaic (CPV) applications (terrestrial application) but currently more focused on space applications. Being optimized for large volume applications, and with a design based on many years of experience in building high reliability optical instrumentation, the sensors are not only highly reliable but also cost effective. This allows Lens R&D to offer the sensors as, what we have called, a SCOTS product. (Space grade Commercial Off The Shelf). The cost effectiveness in combination with the very high quality has prompted significant interest from potential customers worldwide.

The Lens R&D team. From left to right: Johan Leijtens, Johan Uittenhout, Alexander Los, Marijke van Santen en Stefan Schmidt.

The team, the history and the company

The founder and owner of the company started his career at the Netherlands institute for sea research NIOZ in 1983 only to change to the military department of a company called Oldelft in 1986. This company was specialized in the design and production of high reliability optical instrumentation for military applications ranging from night vision goggles to complete optical fire control subsystems. As these systems were intended for volume production (hundreds to several thousands of the same units) the design teams were elaborately instructed on how to optimize for production. After several years as an electronics designer, Leijtens grew into systems engineering for one of the major military systems under development: the fire control subsystem for the Indian Arjun main battle tank; as well as the systems engineering for the power distribution unit of the Envisat's MIPAS instrument. In this period Leijtens acquired his ESA instructor certificate allowing him to certify the manufacturing personnel to perform soldering and crimping according to ESA standards. After several years in different roles and several company mergers, Leijtens ended up as lead buyer. Missing the design challenges, he decided to leave and work for TNO TPD.

After starting on the redesign of star mapper electronics (attitude sensors to control rotating satellites) several other projects followed, like the Ozone Monitoring Instrument (OMI), leading the electronics design team for the ASML Atlas level and confidence sensors, and even adaptive optics. One of the main developments however was the development of the micro digital sunsensor µDSS in frame of the MicroNed project. After 11 years of interesting developments, mainly related to attitude sensor miniaturization and small instrument developments, Leijtens decided to leave TNO and, after one year at Moog Bradford, started a new company (Lens R&D) with the goal to develop a digital sunsensor with some unique properties.

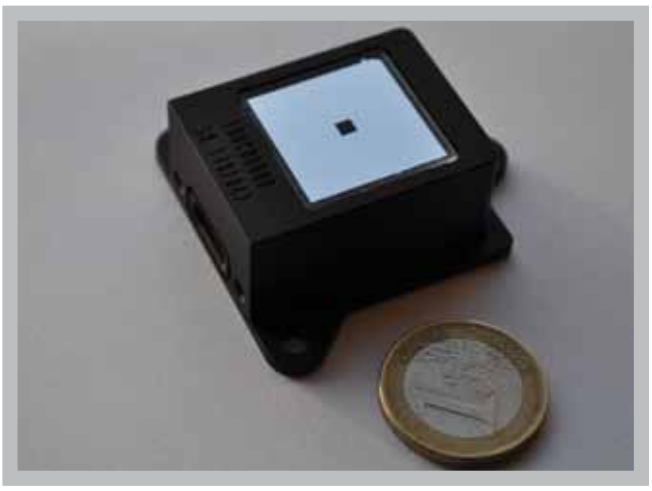
The first contract however was related to the development of a sunsensor for solar tracking applications. This ESA Business Incubation contract led to the development of the BiSon6 a small and robust sunsensor with a limited field of view (to reduce the influence of cloud reflections as much as possible). The design of the sensor was based on a combination of experience gathered at TNO on housing integrated connectors and analogue sunsensors as well as the production optimization experience from Oldelft. This led to a unique sensor that was both small and reliable but foremost affordable for tracker applications.

This type of sensor was well sought after in the world of concentrated photovoltaics. For these applications, a lens or mirror is used to concentrate the sun on a very high efficiency solar cell. As these CPV installations are typically placed in desert like environments with lots of direct sunlight, the sensors need to be capable of sustaining 10.000 thermal cycles over the 25 year lifetime.

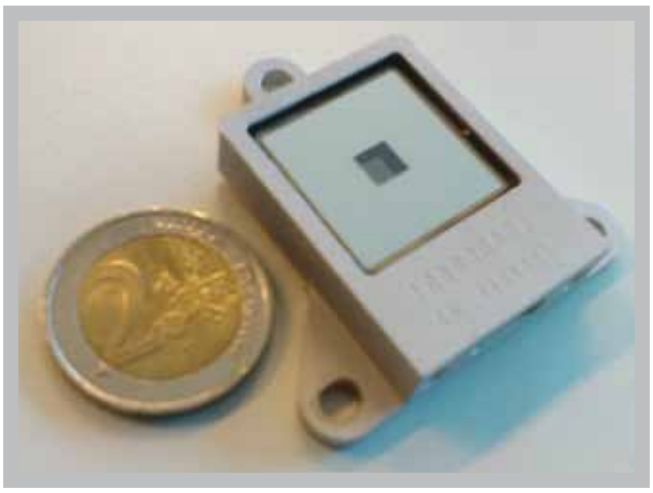
The quality and reliability of the product are very important, and it was therefore decided to add Johan Uittenhout to the team in March 2013 as quality control manager. Johan Uittenhout is a very experienced quality control and project manager that started his career directly at the calibration department of Oldelft. He stayed with the company through various mergers until he left what is now known as Thales Electro Optics to join Lens R&D. In the meantime, he gathered significant experience in quality control, configuration control, purchasing management and project management. This is why a team of two could cover almost all project disciplines needed to produce professional quality hardware.

During the development of the BiSon6 many insights were gathered on how to produce high quality sunsensors in a cost-effective manner. Early on it was realized that the same technologies could be used to produce sunsensors for space applications in a much more cost effective way, effectively turning a spin off development into a spin in development. This lead to the parallel development of the BiSon47 sunsensor (where 47 stands for a 47 degree field of view on axis) for space applications. It was believed at that time that the wide angle of such a sensor would be enough to provide spherical coverage with one sensor on each face of a box-like satellite (square or rectangular). As discussion proved this believe was wrong, and the real limiting factor is more than 60 degrees in diagonal, a new version was developed with a slightly larger field of view which is 64 degrees in diagonal (hence called BiSon64). Since then, all BiSon series sunsensors are named after their diagonal field of view.

The good quality to cost ratio of the BiSon64 led to the signature of a first flight contract with Luxspace, to deliver



The BiSon6 sunsensor.



The BiSon64 sunsensor with its 64 degrees field of view.

sunsensors for the Artes21 Sat-AIS ESAIL project. This project is intended to track all global ship traffic from space. As part of this contract, many qualification tests were performed, further increasing the qualification status of our BiSon64 sunsensors drastically.

Lens R&D sunsensor products are intended for the space market as well as for terrestrial applications. To support the terrestrial product activities, Alexander Los joined Lens R&D in July 2015. Alexander is an experienced PhD in physics with a track record in solar energy monitoring. Besides the support for the terrestrial applications, Alexander is in charge of the development and commissioning of a unique sunsensor calibration setup. Furthermore, he manages the data processing and instrument modelling tasks as well as the ICT infrastructure.

The calibration setup is Lens R&D's major asset. Contrary to all known calibration setups for analogue sunsensors, the Lens R&D setup uses a supercontinuum laser instead of an arc discharge lamp. This calibration setup allows us to calibrate our sunsensors in a fast, reliable and repeatable way. As our setup is cross-calibrated with the TNO setup in Delft, we have been able to verify the accuracy of the setup in an efficient way.

The activities at Lens R&D attracted the attention of a significant number of satellite builders among which large players like Airbus, Thales, OHB and SSTL. When Airbus created a joint venture with Worldvu to develop the Oneweb constellation, Lens R&D was invited to submit a proposal for the development of a dedicated sunsensor for this mega-constellation of 900 satellites. The two-day quality audit performed by Airbus/Oneweb turned up very positive results. Next to this, our solution was very positively received by the potential customer. Lens R&D needed to prepare for final bidding on a project that was far too large to take on with only three people and therefore extended the team with two more persons in 2016.

Stefan Schmidt is a systems-engineer educated in renewable energy systems from the TU of Berlin who worked at Airbus Space and Defence in Germany before joining InTech Dike Security Systems (a fellow start-up company at ESA BIC at that time). Stefan has shown to be experienced in ICT, programming and data processing and is now fully involved in calibration, data analysis and space qualification testing.

Marijke van Santen is again an ex-Oldelft employee that used to work at Oldelft on various positions from office manager till international contracts manager. In addition, she has experience in international sales at Airborne composites. She is a valuable addition to the team handling the quotations, sales orders as well as general office management.

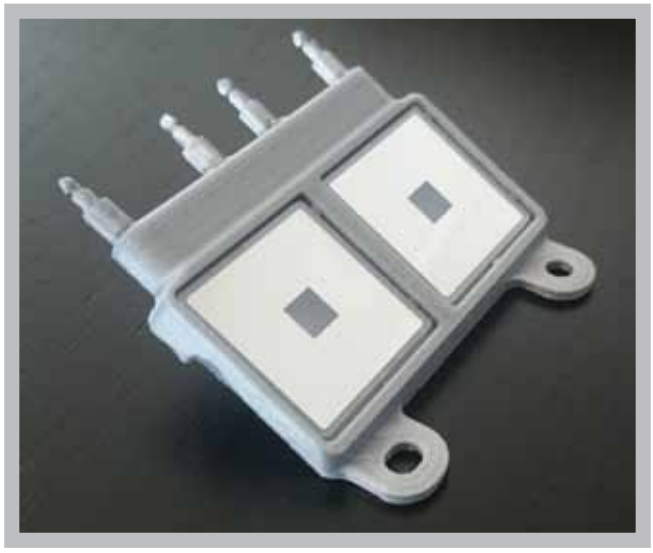
Current status and developments

Unfortunately, the Oneweb project did not materialize, fortunately Lens R&D came out with a compact and highly capable team able to manage all ongoing activities and further improve upon the quality and quality control. Next to handling the first commercial sales contracts, the activities mainly consist of extended developments and promotional activities like exhibiting during conferences.

Artes 3.4 production optimisation

The proposal for Oneweb was to use a fine sunsensor without calibration as a coarse sunsensor. Nobody has done that before (as far as we know) so this approach constituted a risk, but with a large potential gain. As there would be no need to load any sensor specific data or perform compensation calculations on board, such an approach would significantly simplify the on-board software and configuration control activities, thus saving a lot of money for the satellite builders. In the meantime, the system complexity and the associated risk would also be reduced. This is why ESA supported an Artes 3.4 proposal to produce, calibrate and analyse over 100 BiSon64 sunsensors. Producing such a vast amount of space grade hardware under a development contract has never been done before, but it allows us to provide statistical proof of the repeatability and scalability of production.

This repeatability and scalability could never be reached if Lens R&D would be producing the sunsensors themselves. Lens R&D designs the sensors, purchases the components and performs the quality control, but the sensors are built by well-established and well-known companies like Axon cable in France and First Sensor Lewicki in Germany. Working with these companies provides a tremendous scalability over companies that do a lot of the activities in-house. This is why Lens R&D can handle large projects with only a compact but capable team. The first



The Oneweb sunsensor TARSIUS.

Volume production of sunsensors at Lewicki.

two batches of sunsensors have been produced, of which the first batch has been calibrated and evaluated. The second batch has been produced (after some production improvements were implemented) and is currently being calibrated. The third batch production is expected Q1/2017. After this, Lens R&D will have statistical proof on the repeatability of production, acceptance and rejection criteria as well as production yield indicators.

Artes 21 Sat AIS ESAIL

The first program related to flight hardware delivery was the ESAIL project. For this project the first flight units were built and are ready for delivery. The prime contractor (Luxspace) however later realized they needed a small baffle to protect against reflections on the spacecraft and earth Albedo signal. This lead to the development of a small add-on baffle and an additional product: the BiSon64-B. Both the BiSon64 and the BiSon64-B are considered to be qualified for space application and available off the shelf and have therefore been advertised on the ISIS cubesatshop since beginning of January. A special transport container was developed to provide the required additional protection to avoid damage to the baffle's black coating during shipment. This container is designed in such a way that the lid can also be used as a "remove-before-flight" protection cover. Due to the commonality in the mounting interface, the same transport container can be used for all types of sunsensors with exception of the BiSon6. Together with a dedicated connector cable to connect the sensors to the readout electronics these are the products that are currently offered SCOTS.

Artes 5.2 Extended temperature sunsensor

In essence, more than 95% of all sunsensors build for satellites are used to point the solar panels rather than to point the satellite. As most of the satellites purely depend on the solar power generated, this is a very vital function that needs to be performed with utmost reliability. It would therefore be beneficial to mount the sensors on the solar panels instead of the satellite's body. On these panels, the sensors will however experience a much wider temperature range. Because the solar panels are designed to be as cold as possible to increase the power output and thus minimize the size, the solar panels cool down drastically when the satellites move through the Earth's shadow. For geostationary satellites, this period can be as long as three hours and the panels can go down to -110°C. On the opposite end: at the end of a satellite's life, the solar panels can become as hot as +110°C when sun illuminated. Accounting for some margin, the temperature limit for the extended temperature sunsensor has therefore been set from -125 °C to +125 °C. This led to a temperature span of 250 °C and the need to perform some very careful material engineering and selection. In order to optimize the design for at least one of the mega-constellations under design, the field of view has been increased to 74 degrees. Next to this the sapphire window thickness has been increased to provide a higher level of radiation shielding, resulting in the BiSon74-ET-RH. As all of the Lens R&D sunsensors are intended for SCOTS sales, all sensors are tested to a self-derived envelope specification. This means that in order to do some risk reduction, the breadboard units were put through 12 thermal vacuum cycles going from +125 °C till -125 °C. In addition, to mimic ground and launch loads, they went through 30 g sine and 39 g random vibration testing, followed by 3000 g shock tests. In order to find the limits, two sensors were even put through 10.000 g shock testing after completion of the other tests. As there were no functional failures during this test program and calibrations performed so far show good results, there is confidence that the design is good enough to be taken into production.

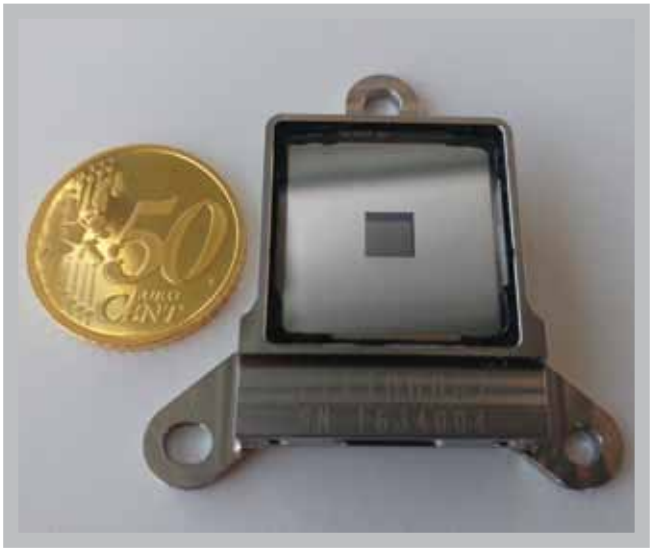
Future developments

So far, Lens R&D has succeeded in creating a number of sunsensor products suitable for a wide range of missions that are available off the shelve. The development however does not stop here. There are a number of areas still uncovered that could benefit from further developments:

- ESA preferred parts list (EPPL) listed sunsensor
- Small but reliable and affordable digital sunsensor
- Reliable and affordable sunsensor for nano and/or pico satellites

Which of these developments will set off and when is still open, but 2017 is promising to be a pivotal year for a newcomer in space changing from start-up to steady factor.

The BiSon64-B with the baffle and the special transport container where the lid can be used as a "remove-before-flight" protection cover.



The BiSon74-ET-RH proto unit after 10.000g tests.

A space adventure in Israel

ISU Space Studies Program 2016

Kartik Kumar, Co-founder & CEO at satsearch.co

The International Space University's (ISU) Space Studies Program 2016 (SSP16) was hosted by Technion University in Haifa, Israel, offering participants a unique perspective on the global space industry. Over a period of eight weeks, 103 space enthusiasts from 25 countries were put through their paces. Participants were guided through an array of activities that showcased the truly international nature of the space sector. The intense and varied program provided an unforgettable experience under the Israeli sun.

#DREAMITLAUNCHIT

The Bahá'í Gardens overlooking the beautiful port city of Haifa. [Kartik Kumar]

Space Studies Program Class of 2016. [International Space University]

Attentive participants during SSP16 lectures. [Jonathan Faull]

Space Studies Program

A stunning coastline, splendid sunshine and enchanting forests on the slopes of Mount Carmel. For eight weeks, participants of last year's SSP soaked up an action-packed Israeli summer, full of fabulous food, hospitality and – above all – space. SSP16 participants experienced a myriad of activities during the first-ever edition of SSP held in the Middle East. This year's program was hosted by Technion University in Haifa, a veritable melting pot of cultures.

ISU's SSP is a graduate-level, professional development program that covers the full range of disciplines within the space sector: from policy and law, business and management and humanities, to life sciences, engineering, physical sciences and space applications. SSP has crossed the globe since its inception in 1988. The *3Is principle* adopted by ISU captures the essence of SSP, encompassing its *Interdisciplinary*, *Intercultural* and *International* focus. By bringing together people from all around the world, SSP offers participants an unparalleled opportunity to witness and experience the truly global and diverse nature of the space industry.

Having completed my BSc & MSc degrees in aerospace engineering at Delft University of Technology, SSP struck me as an effective stepping stone towards fulfilling my ambitions of positively impacting the global space industry. As I neared the completion of my PhD, I decided that a space adventure in the Middle East was too good to turn down. Fortunately, my application was accepted along with 102 other participants from all around the world. I was primed to learn more about the rapidly-evolving space industry: a perspective embodied by ISU within all of its programs.

My arrival at Technion University on registration day was preceded by my first taste of the summer to come. I met a few other participants at the bus station downtown and we proceeded to exchange notes about our ambitions, dreams and wishes, all within a short bus ride up Mount Carmel to the university campus. I was instantly hooked and knew that the summer was going to be one heck of a ride. On arrival, we made our way up to the registration site, right by the dorms that would be our home for the coming eight weeks. What followed was a cornucopia of space activities, including lectures, hands-on workshops, company visits and projects.

Lectures & workshops

The first weeks of the program were dedicated to a wide array of engaging and engrossing lectures delivered by space engineers, scientists, artists, lawyers, policymakers, astronauts and many more from all around the world. The firehose of information proved to be quite a challenge to keep up with and provided a glimpse of the intense summer ahead. The lecture series culminated in a set of exams, with participants tasked with the goal of demonstrating an understanding of the key elements of the past, present and future of the space sector.

Subsequently, we were given the opportunity to participate in a series of workshops. My highlight was the robotics workshop, during which we were required to design, build and operate a mini-rover in small teams, within only a couple of days. The rovers were built to autonomously detect and collect sam-

My robotics workshop team and the OnNomNom Mars rover. [Kartik Kumar]

Soaking in the idyllic Makhtesh Ramon in the Negev desert. [Kartik Kumar]

Team Space Big Data basking in the glory of a job well done. [Petter Evju Skanke]

Space entrepreneurship panel at SSP16. [Remco Timmermans, 2016]

ples within a "Mars sandbox". Not only was this workshop a great opportunity to work on a challenging project, it was also the first hands-on team project of the summer, forcing us to think on our feet and rapidly iterate within a culturally-diverse team.

Space Applications

A significant part of SSP is dedicated to departments that enable participants to deep dive into focussed areas within the space industry. I was assigned to the Space Applications department and was floored by the depth and breadth of content offered, through hands-on activities, company and institution visits, and assignments. The Space Applications department focusses on the downstream applications of space data, specifically in the context of remote-sensing, navigation and communication.

Terrestrial applications in each of these areas have transformed our daily lives, often without people realizing it. Rapid growth enabled by new technology and an opening up of regulations will precipitate a wealth of game-changing applications, including "internet everywhere", precision agriculture, disaster monitoring and response.

My personal highlight of the department program was the visit to Makhtesh Ramon: a stunning geological feature in the Negev desert. Makhtesh Ramon, also referred to as Ramon crater, is not actually a crater, but rather a landform created through erosion processes.

The Space Applications department offered a foundational perspective of how the space industry is transforming the world we live in. Through various trips around Israel, I was able to gain insight into the people and organizations helping to bring about positive change in society using space data.

Space Big Data

The last month of SSP16 was dedicated to the Team Projects. There were three challenging and exciting Team Projects on offer this year: Starport 1, aMARTE and Space Big Data. I signed up for the Space Big Data project and was keen to understand more about the growing "big data" economy within the space sector.

The Team Projects were by far the most intense part of SSP16. In essence, everything leading up to the projects provided us with the tools and understanding to tackle the challenges set within large, culturally-diverse teams. In addition to understanding more about Space Big Data, the whole experience provided me with deep insight into the key challenges of working in multicultural, international teams. To me, this was a highly unique learning opportunity. Through all the ups and downs of the project, the team stuck together and the final result demonstrates the value in expanding your horizons.

Space entrepreneurship

This year's SSP was unique for a number of reasons. Beyond the fact that it was the first edition to be held in the Middle East, ISU also held the inaugural startup pitch competition during SSP16. With rapid growth of NewSpace, ISU harnessed the fact that SSP16 was held in "Startup Nation", as Israel is also known, to offer participants the opportunity to interact with local entrepreneurs, investors and advisors. During an intense two-week period, participants were given the chance to tap into these rich resources to develop a strong business proposition. This aspect of SSP16 more than lived up to my expectations. More on this part of my story can be found in this edition of Ruimtevaart.

The de-orbit

SSP16 was a rousing success and as class representative, I am happy to report that many of the participants are still in close contact. I foresee that the close bonds that were forged during an unforgettable summer in Haifa will only grow stronger, as we each carve out our route to the stars. They say that the weeks and months that follow SSP are difficult because of the necessary readjustment to "real-life". From personal experience, I can attest to the fact that SSP16 was like nothing else I have experienced and returning to rigours of daily life required concerted effort. Now, having completed my de-orbit, I look back with fond memories and I am excited about the prospect of contributing to the strong alumni network.

SSP16 was a truly remarkable experience and a fascinating way to build a strong, international network, whilst developing a foundational understanding about the space industry. With a wonderful and exciting program in store, I am particularly looking forward to reuniting with close friends during the alumni weekend next summer. SSP rolls on to Cork, Ireland next year (26th June - 25th August 2017). SSP17 promises to be every bit as intense, exciting and challenging. So what are you waiting for? Ad astra!

Space startup satsearch.co is destined to disrupt the 'old' industry

Susanne Pieterse

Super fast cars, that was the reason for Kartik Kumar to take up Aerospace Engineering studies at TU Delft. As a teenager he dreamed of building an even faster Formula 1 car for his favourite team Ferrari and wanted to know everything about aerodynamics. The inspiring lectures of Professor Wakker made him choose astrodynamics instead. With that he returned to his other childhood love: astronomy and space.

In the second year of his Masters, Kartik got the opportunity to work on the 'three-body problem'. This is a simple problem that has a complex mathematical solution. "If you only have two bodies with a certain mass in space, their motion is governed by Newton's well-known gravity law and can be fully solved", Kartik explains. "When you add a third body to the equation, the system becomes highly sensitive. This is also known as the chaos theory." According to Edward Lorenz on chaos theory: "Chaos: When the present determines the future, but the approximate present does not approximately determine the future."

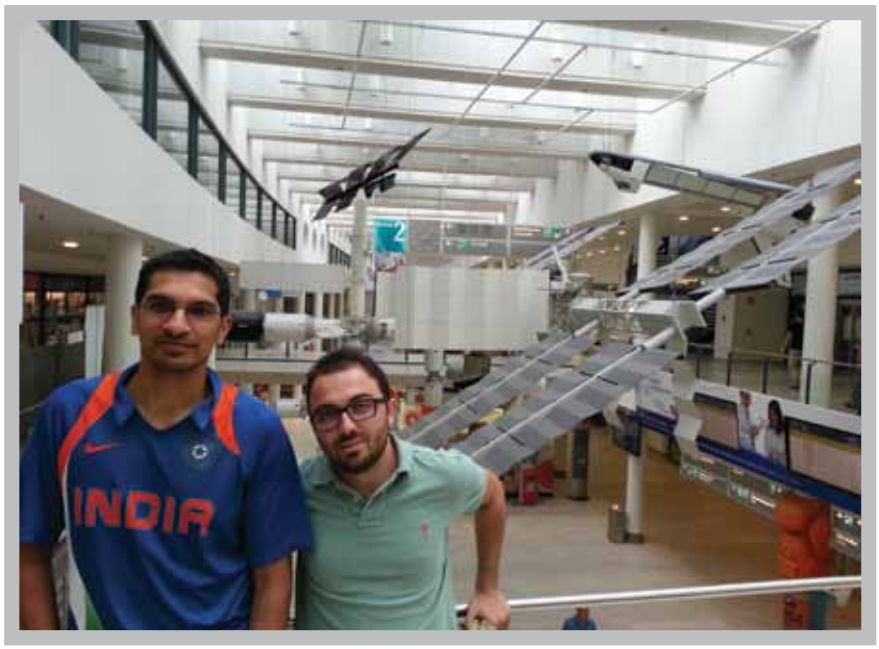
Kartik is fascinated by this theory, which can be found in practically everything in the world, for example in traffic movements, the economy and nature.[1] The theory spawned a new branch of mathematics. It is also of great importance to spaceflight and astronomy. In the early nineties of the last century, chaos in the 3-body problem was used in a novel manner for spaceflight. Back then, the Hiten mission was able to reach the Moon, despite insertion error in a low elliptical orbit, by using the fundamental chaotic nature of the Earth-Moon-Sun system. This proved the existence of low-energy transfers, which are the result of the three-body problem. Since then, low-energy transfers and Lagrange point orbits have been employed for numerous space missions, like ESA's SMART-1, on its way to the Moon, and BepiColombo, which will make its way to Mercury in 2018.

"A startup is a great adventure."

What did you do after you graduated from your Masters?

"My internship involved travelling to Texas, California and Milan to meet experts. I ended up catching the travel bug. After I finished my Master thesis, which was about the 'three-body problem', I faced a choice: go abroad for a PhD or find one at home. I accepted a PhD-position that allowed me to spend half of my research time in Delft and half at the University of California-Berkeley in California, which fulfilled my desire to live abroad and see the world. My PhD also signalled a shift away from space engineering to astronomy. My research focussed on the dynamics of the outer ring system around Uranus. The mathematics describing the orbits of planets around the Sun, of moons around a planet or of artificial satellites around a celestial object is largely the same. For my Master thesis I coded a program in MATLAB to compute orbital movement. After graduation, the CD-ROM with the software remained gaining dust on a shelf while others in my research group at TU Delft were writing the same kind of code all over again. During my PhD, I looked around and thought: we can develop simulation software more intelligently and we should make it open source. I believe in open source software because it forces you to work together openly with other developers, you can iterate more quickly

1 - This was first formally studied by Henri Poincaré.



Kartik (L) and Alberto (R) during satsearch's first company weekend at Bremen airport. [Kartik Kumar]

Second prize at Startup Weekend Space 2015 in Bremen, Germany. [Disrupt Space]

and there is inherently more transparency. This yields more trust and innovation. I dedicated part of my PhD to set up the open source toolbox (Tudat) for astrodynamics simulation.[2] From 2010 to 2014, I was the project leader for Tudat and oversaw the development of the software by many MSc and PhD students at TU Delft. I am proud to say that more than 20 students have graduated on a project involving Tudat since then."

Taking initiative and eagerness to innovate seems to be in your nature. How did this lead to your startup?

"I think we have entered a new era in spaceflight. Many emerging space applications do not pose a direct threat to national security or geopolitics. There is an ever-increasing number of commercial applications, which opens the doors for further international cooperation. While I was living in San Francisco and Berkeley the word "startup" was all the buzz. The idea of building something from scratch and at the same time delivering innovation to the market nested in my brain. After I returned to Delft, I enrolled myself in the YES!Delft course "Ready to Startup" to learn the basics of the 'lean startup' methodology. Although the course didn't lead to a startup, I learned a lot."

"The industry needs an innovation boost to really get things moving forward and is ripe for disruption"

In the end, the group of friends he was working with didn't share the same ambitions for the startup idea they had worked on during the course. The project was left stranded, but Kartik's desire to build a startup grew even stronger.

"In 2014, I attended a startup weekend at YES!Delft called '1-2-Launch'. We won the pitch and were offered the opportunity to enter 'Launch Lab', a pre-incubation program offered by YES!Delft."

And, did you take the plunge?

"No, I didn't. I found myself at a crossroads, both personally and career wise. I was left to choose between the startup route on one hand and working at a space company on the other. Ultimately, I wanted to get a taste of working for a space company. Hence, I accepted a research position at Dinamica Srl in Milan. I worked on a European project called Stardust (Stardust2013.eu), and focussed on developing mission concepts and technologies for active space debris removal. To my joy, the job involved lots of travelling and internships in Glasgow and Bremen. Additionally, with Dinamica being a startup itself, the job gave me a chance to explore my horizons. My bosses offered me the freedom to try out new ideas that could benefit the company. I thrived in this environment. One of the new ideas I was investigating was a web-based software tool that I called RapidSat, which would make it easy to design a small satellite. While I was conducting a customer interview, the potential client told me about his problem. This triggered me and I started thinking about how I could help him out and whether it could be interesting for more satellite companies. It turned out that the customer's problem would be solved with an up-to-date database that provides an independent, global overview of available satellite parts. I talked about this with Alberto Vaccarella, a good friend from Milan, who I have known for more than 10 years. Although my startup-itch has never been far, this project felt more like a fun side-project for the weekends at first. Coincidentally, I found out about a

2 - Tudat is available at Github: www.github.com/tudat.

startup weekend hosted by Disrupt Space in Bremen in April, 2015. Alberto and I decided to attend this startup weekend to work with experts and a large group of enthusiasts on our idea. We pulled an all-nighter to code a working prototype of the website and filled the database with satellite parts. The startup weekend was a great experience that provided us with a ton of feedback, and we won second prize for our pitch. The prize came with a free domain name for our solution: satsearch.co was born."

ISU SSP16 startup pitch winner in Haifa, Israel. [ISU]

Another startup prize, your ideas tend to have the potential to disrupt the industry as we know it. Was this the sign you needed to take the startup idea to the next level?

Kartik smiles, but stays humble under his success. "The feedback validated our idea that we are working on a good solution to a real problem. I knew from my own experience that an independent, global, parametric database for satellite parts would have been handy on many occasions in my previous work. Now we got feedback from many more engineers that they would love to use it. The current workflow for finding the right satellite parts involves digging through many unsearchable and non-standardized datasheets. This makes it very time consuming for a space engineer to look for new solutions for their satellite designs. Since the startup weekend in Bremen, we have spent the year validating our idea. Last summer I attended the Space Studies Programme (SSP) offered by the International Space University (ISU)[3], hosted by Technion University in Haifa, Israel. Israel is known as "startup nation" because of the tremendous investment in innovation through startups. Therefore, it was only natural for ISU to add space startups to the curriculum of the summer program. For the first time, ISU organized a startup pitch competition. This enabled me to work with Israeli startup experts on the business model for satsearch.co. I won the ISU startup pitch competition. This fall we entered the Aerospace Startup Voucher & Coaching Programme[4] at TU Delft with satsearch.co. We won again. This made us realize that we are on the right track. The TU Delft competition prize comes with six months of business coaching from an expert in the field of startups. We are looking forward to working with our coach to finally make the leap and accelerate growth."

How is satsearch.co going to disrupt the space industry?

"Satsearch.co aims to become THE place to look for space products and services: like "Alibaba for the space industry". The satellite industry is growing fast, with manufacturers emerging in new space nations like Brazil, Australia and United Arab Emirates. It is our goal to make the industry more transparent, like open source does for software innovation. I believe more transparency in the satellite industry will bring faster innovation, leading to a new, better, and more cost-effective way of conducting space business on a global scale. We also envision that satsearch.co will enable crossovers in technology between related industrial sectors through spin-ins and spin-outs."

"satsearch.co aims to be the 'Alibaba for the space industry'"

So, everything is set for you to take the leap, what do you need to start the business for real?

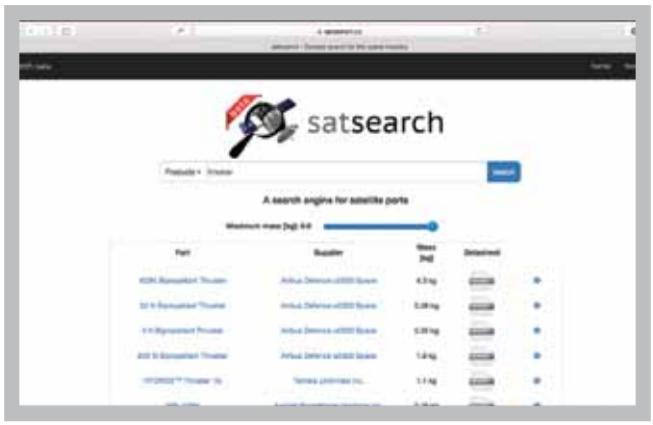
"It all depends on funding. Our challenge for 2017 is to find investors and subsidies. And securing our first paying customer, of course. The devil is in the details. As our website needs traffic, the focus of the technical part of our company will be on 'classical' internet marketing. We need to optimize our website for search engines for example.

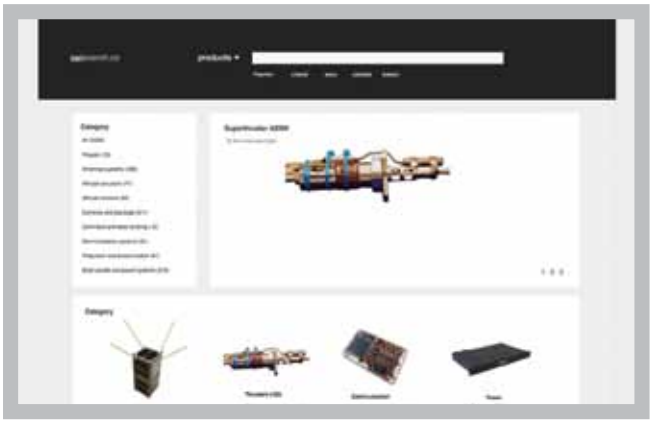
As CEO of satsearch.co, it is my job to contact potential customers and suppliers. I plan to spend the first half of 2017 in Asia and the United States to meet with industry partners to make our platform truly global. However, since we are a Dutch space startup, it is important for us to have the Dutch space industry onboard. We are also looking at building partnerships with universities. We are currently supporting the Bachelor-course "Spacecraft Technology" at the TU Delft. During the course, students design a satellite and use our platform to find the necessary parts on the market. We are using the experiences of the students to further improve satsearch.co. We intend to get more universities interested in our platform for use in their courses. The more people that are using our platform, the faster we learn what users are looking for. We plan to extract anonymized business intelligence from this information, which we will share with the suppliers on our platform to support their business decision-making. The absence of a standardized format for datasheets for satellite parts is our biggest challenge when it comes to building our database. The data available is not easily searchable. It would be great to get the industry to use a standardised format and a classification tree that can easily be referenced and searched."

What do you see for the future of satsearch.co?

"Our platform helps satellite designers to find the right parts for their projects. For

3 - Read more about Kartik's experiences at ISU SSP16 in this edition of Ruimtevaart.
4 - Aerospace Startup Voucher & Coaching Programme: https://startup-lr.weebly.com.





Screenshots of satsearch.co.

now, search is based on queries against the database through a web interface. I foresee a future where our platform uses machine learning or artificial intelligence (AI) to help the designer. Designers are used to using tools they have employed previously because they know them and trust them. They don't have the time to look for anything else. With AI, the computer has the ability to support the designer in providing new and better design options, allowing them to explore their design-space further."

What are your thoughts on the climate for startups in the Netherlands?

"It is great to see that the Chamber of Commerce in the Netherlands supports startups in general, and takes a special interest in space startups. They see space startups and the space industry as a whole as a growth sector. This year, they plan to support a startup event at YES!Delft again. The startup incubator ESA-BIC in Noordwijk is also an interesting spot for space startups.

As part of the TU Delft prize we received, I was invited to set up a stand at the General Assembly of the Netherlands Aerospace Group (NAG) in December. There I got to pitch satsearch.co to Prince Constantijn, a Special Envoy for Startup Delta.[5] The NAG has a focus on aerospace startups. They see startups as an enormous opportunity for economic growth for our country. They discovered that many students have a conservative mindset when job-hunting and typically only consider working for the major companies. Students don't know that startups are a real alternative to the traditional career path.

Although NAG is primarily focussed on the aerospace business, they see a growing interest in space startups amongst students. Based purely on talent and interest, it is definitely possible to develop successful space startups in the Netherlands, like Innovative Solutions in Space and Airborne.

"Advice of startup gurus: build what people want and do not forget to eat, sleep and stay healthy."

From my point of view, the startup ecosystem here is not as developed as in the United States for example. It is not easy to find funding nor is support and advice from startup experts who can talk from their own experiences widely accessible. We are blessed with our coach from the TU Delft startup program, but not all startup ideas should need this route. In Silicon Valley, founders of startups can seek counsel from rich resources like Y Combinator.[6] Dropbox and AirBnB grew with their advice from startups to large companies in no-time. The mentality in the Netherlands is also different compared to the United States when it comes to startups. Often, if you try to build a startup in the United States and fail, as long as you can demonstrate that you learned from the process, it is considered a badge of honour. In the Netherlands people look differently at failure in busi-

Kartik Kumar

- 1996 - 2002 Secondary school education at International School of The Hague.
- 2002 - 2005 BSc in Aerospace Engineering at TU Delft.
- 2005 - 2008 MSc (cum laude) in Space Engineering at TU Delft.
- 2009 - 2017 Currently pursuing a PhD in the Astrodynamics and Space missions research group at the Faculty of Aerospace Engineering, TU Delft. Thesis: The mysteries of Uranus' outer ring system: an investigation into the dynamics of the mu-ring and Mab.
- 2014 - 2016 Senior Engineer for Stardust2013.eu project at Dinamica Srl in Milan, Italy.
- 2015 - current Co-founder & CEO of satsearch.co.
- 2016 Participated in ISU Space Studies Program 2016 held at Technion University, Haifa, Israel.

Also known from:
Analog Astronaut at Austrian Space Forum (ÖWF).
Co-organizer of SpaceUp Netherlands 2014 and 2015.

Prizes won with satsearch.co:
TU Delft Aerospace Startup Voucher & Coaching Programme 2016
ISU Space Startup Pitch Competition 2016
Startup Weekend Space Bremen 2015 (second prize)

5 - Startup Delta, https://www.startupdelta.org.
6 - Y Combinator: https://www.ycombinator.com.

satsearch.co at annual General Assembly of the Netherlands Aerospace Group (NAG). [Kartik Kumar]

ness. It is more of a taboo. This makes it harder to take risks. But this should not hold one back: space is an exciting industry with great potential and there is plenty room for innovation. The industry needs an innovation boost to really get things moving forward and is ripe for disruption. I think the NVR, as an active space network in the Netherlands, plays an important role in changing the space startup climate in our country. The NVR already offers a dedicated corporate membership for startups, provides opportunities for publicity in Ruimtevaart and organizes events like a mini-symposium in cooperation with ESA-BIC Noordwijk. Through these activities, the society recognizes and helps legitimize these companies as "real" businesses. Once satsearch.co can afford it, I would definitely consider applying for a NVR startup corporate membership to give something back to the network.

Nevertheless, I think the NVR can do more for the space startup climate in the Netherlands. For instance, it would be great if the NVR organizes a dedicated, annual space startup event. The event should bring together students, startups, potential investors and companies. Space startups could meet potential investors and advisors. The format might be like the "Discover your Space" career event the NVR organizes with the TU Delft aerospace student society, VSV Leonardo da Vinci, and the Space Generation Advisory Council with short pitches, a Q&A session and networking drinks afterwards."

What was your hardest lesson learned so far in the startup process?

"Well, things never go as you planned. I have walked into walls and hit my head hard. There were times that I thought about quitting. But I have learned to never give up and believe in myself. A startup is a great adventure and you need to be able to deal with setbacks. I try to live by advice of many startup gurus: build what people want and do not forget to eat, sleep and stay healthy."

Startup membership

The NVR offers a corporate membership for startups. For a reduced prize of 300 euro a startup can use the benefits and network advantages of the NVR platform. For more information on NVR corporate memberships, check: bit.ly/StartupMembership.

Contact satsearch.co

Contact Kartik Kumar to learn more about satsearch.co.
Email: kartik@satsearch.co.
Twitter: https://twitter.com/satsearchco.
Facebook: https://facebook.com/satsearch.

Transport van de Sojoez MS-03 van de assemblage-hal naar het "Gagarin Start" lanceerplatform.

Gidsen in het museum van het Kosmodroom leggen de werking van ee schietstoel uit de Vostok uit.

Een jongen springt van een roestige "ruimtecapsule" in een speeltuin in Baikonoer.

Detail van het monument waar kosmonauten traditioneel hun groepsfoto maken. Lokaal wordt dit het "vissersmonument" genoemd omdat het lijkt o afgebeelde kosmonaut met zijn uitgespreide armen opschept over de groot van een vis die hij heeft gevangen in de nabij gelegen rivier.

De raket wordt rechtop gezet boven het lanceerplatform.

Thomas Pesquet vertrekt van Baikonoer

Tekst en fotografie: Jurriaan Brobbel

Afgelopen jaar november had ik het geluk om kosmodroom Baikonoer te kunnen bezoeken, in het goede gezelschap van allround ruimtevaartspecialist Remco Timmermans. Hij leidde een divers internationaal gezelschap, van een astrofysicus tot een net-niet-geselecteerde ESA astronautkandidaat. De Fransen waren ook goed vertegenwoordigd in de groep omdat "hun" ESA astronaut Thomas Pesquet er op 18 november samen met veteranen Oleg Novitskiy en Peggy Whitson aan boord van Sojoez MS-03 naar het ISS zou worden gelanceerd. Onze gids en tolk op de steppe was Jaap Terweij, die er al vanaf de jaren zeventig komt en de weg op de Russische ruimtehaven beter kent dan de gemiddelde kosmonaut.

Vanaf het moment dat ik de raket uit de assemblagehal zag rollen wist ik zeker dat de reis naar de verre uithoek van Kazachstan de moeite waard was geweest. Het transport van de Sojoez over een roestig spoor naar lanceerplatform "Gagarin Start", de vreemde Sovjet-sfeer in de stad Baikonoer met overal ruimtevaartmonumenten in verschillende stadia van ontbinding en vooral de algehele ervaring om op een plek te zijn die doordrenkt is van ruimtevaartgeschiedenis was beter dan ik van tevoren had kunnen bedenken.

De kers op de taart was natuurlijk het meemaken van de lancering van een Sojoez op slechts 1200 meter afstand. Een volstrekt unieke ervaring.

De lancering van Sojoez MS-03 met aan boord Oleg Novitskiy, Peggy Whitson en Thomas Pesquet.

Turning space debris into art

Interview with Daan Roosegaarde

Michel van Pelt

Dutch artist and innovator Daan Roosegaarde earned worldwide fame with highly technical projects that involve the public in what he calls "landscapes of the future". Famous examples are the twinkling, light emitting bicycle path inspired by a van Gogh painting, the Rainbow Station liquid crystal artwork that celebrated the 125th birthday of Amsterdam Central Station, and the Smog Free Project that cleans outdoor air and compresses the filtered smog particles into exclusive jewellery. Many of his projects express a concern with humanity's impact on the environment. Now Daan wants to expand his work into space.

I meet Daan at his Studio Roosegaarde in Rotterdam, housed in a spacious renovated factory located in what was formerly an industrial harbour area. The studio has office space for creative and technical development as well as a work floor where prototypes of various art projects are built and tested. With factory production business moving out of the city, Rotterdam is actively attracting new types of modern, creative enterprises like Studio Roosegaarde. The practical and business-oriented image of the city seems to fit well with Roosegaarde's approach to making ambitious artistic ideas a reality. Studio Roosegaarde's approach to combining art, technology and business is similar to that of firms specialising in architecture, not coincidentally Daan's study background.

Many of your projects are related to the environment, drawing attention to serious issues but always with a positive note, indicating there are solutions to our problems.

My aim is to implement change, to update the world so to say. And that works best by showing it, not just to talk about it.

Your projects always seem to combine technology and poetry, "techno poetry" as you have referred to it.

All the projects we do are a combination of the practical and the poetical. Like the van Gogh cycle path, which surprises and amazes people, increases safety for the cyclists and furthermore draws tourists to the area where van Gogh painted, which is good for local businesses like hotels. It is also a novel way to draw international attention to van Gogh. Our projects can be different things to different people.

And you seem to prefer outdoor exhibits and projects.

The Smog Free Ring, containing compressed smog filtered out of the air by our Smog Free Tower, has been bought by the Stedelijk Museum Amsterdam for their collection, but I prefer to exhibit in the open, public space. People can then

Daan Roosegaarde in Beijing, in front of a projection of the van Gogh painting that inspired his twinkling cycle path. [Studio Roosegaarde]

Artist impression of 'Windvogel' at the Afsluitdijk, based on an idea of the late Wubbo Ockels. [Studio Roosegaarde]

project their own ideas and meaning on what they see.

Our Icoon Afsluitdijk, a project we are currently developing for the Dutch government, will incorporate 'Windvogel', bringing the ideas of the late Dutch astronaut Wubbo Ockels for energy-generating kites to life. These kites, developed in collaboration with the Delft start-up Enevate, will emit light; the kites will generate energy using dynamos connected to their ropes.

Do you have any special interest in space?

We plan to open a permanent art installation, a back-lighted picture wall in the tunnel at Eindhoven train station, a project actually named 'Space', this year. We basically take a strip of the Earth as seen at night, as an astronaut would see our planet while circling the globe, and use lenticular technology to give depth to the image. It will be a 90-meter long picture of the surface of the Earth. The images we used are very high-resolution, we got them from NASA. On the image you can see city lights and the lack of them in North Korea, forest fires, gas flaring over oil fields and such, while you walk past. At first glance it is not clear whether you are looking at Earth at night time or at a field of stars in the night sky. It will also add light and a sense of depth to what is otherwise a dark and narrow tunnel.

"I want to do something with space waste. In some ways, space waste is the smog of the universe. I would love to get my hands on that. What is the smog free ring of the universe? I don't know yet, but I'd like to find out." – Daan Roosegaarde presenting at WIRED2016

Astronomers of course regard what you see on this image as light pollution, but it is also an indication of our culture, our habitat. Light is information, light is communication.

Another link with space was Rainbow Station, which used a custom designed light system and a new type of liquid crystal filter to create a 45 by 25 meters rainbow on Amsterdam Central Station. The lens filter creating the spectrum of colours was developed in collaboration with the Leiden Observatory, the astronomy faculty of the University of Leiden. The technology has originally been developed for exoplanet telescope observations, to be able to analyse light coming from an exoplanet.

Spectral analysis.

Yes, to see whether there is water in the atmosphere of that planet, which could indicate the possibility of life. So the astronomers were looking for a rainbow in space, and we wanted to make a rainbow at Amsterdam Central Station. So with this lens technology we created a rainbow on that station, visible every day an hour after sundown. Finely engineered to take the shape of the roof exactly. It was made to commemorate the 125th anniversary of the historic station, in collaboration with ProRail, the city of Amsterdam and the Leiden Observatory and will travel to further destinations across the globe.

Both projects, Space and Rainbow Station, are examples of how you can couple scientific research to a wish for an artistic experience. You can make it work, but it is not easy.

I imagine the astronomers had not foreseen the artistic use of their technology?
No, surely not. But they were very proud of the project. It made their efforts visible to the larger public, and it acted as test case for their technology. A dry run before production of the lenses for the large telescopes in Chile.

Considering your concern with the environment and your interest in space and technology, a space debris project seems a natural evolution of your work.
We are creating so much junk in space that without limitations and measures we are effectively encapsulating ourselves in a shell of space debris. Then we are trapped. I find it bizarre that even though the Universe is endless, we are nevertheless in the process of imprisoning ourselves. We could deny ourselves the opportunity to explore open space.

Indeed, many people think space is so vast that it cannot be polluted, but fact is that many satellites are launched in a limited number of orbits or orbital zones. As a consequence the concentration of space debris is increasing in several relatively narrow areas. With the recent plans for mega-constellations, where thousands of nanosatellites are planned to be put into orbits at the same altitude, the space debris problem could rapidly become more serious, exponentially.
Like the air pollution in Beijing costing people years of their lives, preventing kids from playing outside and impairing the development of their immune system. When did we say "yes" to this; who ever said this was a good idea?

Like the space debris problem, it is creeping up on us
Why do we accept this?

It seems our acceptance level evolves together with the problem, until

Rainbow Station, the rainbow of light at Amsterdam Central Station made possible with technology developed for exoplanet astronomy. [Studio Roosegaarde]

The Smog Free Project: from smog to jewellery

The Smog Free Tower is an open-air filtering system that removes smog particles that are subsequently compressed into a solid material. The result is incorporated in cufflinks and rings, Smog Free Jewellery, effectively turning a waste problem into design objects. The tower opened in Beijing in September 2016 and is currently on tour through China. The system is able to clean 30,000 cubic metres of air every hour with an energy consumption similar to that of a household water boiler.
Creating a tangible souvenir, Roosegaarde designed Smog Free Rings, Smog Free Cubes and Smog Free Cufflinks of compressed smog particles. By sharing Smog Free Jewellery, you donate 1000 m3 of clean air to the city.

The Smog Free Tower behind the studio in Rotterdam. [Studio Roosegaarde]

Smog Free Jewellery, containing compressed smog particles generated by the Smog Free Tower. [Studio Roosegaarde]

A liquid crystal filter developed by the Leiden Observatory and used in Rainbow Station. [Studio Roosegaarde]

things get so serious that urgent action is required. In fact space agencies are increasingly aware that something needs to be done. Unfortunately removing space debris, such as is the aim of ESA's e.Deorbit project, is complex and expensive. The same is likely true for any art project involving actual space debris currently in orbit.

In my world "can't be done" does not exist. I want to turn crap into beauty, in the same way we are making jewellery out of smog with our Smog Free Project. I want to turn space debris into something useful, transforming the old into something for the new world. Think creatively, see the beauty in the possibilities.

I think we now have a taste for the subject. The ingredients are also fairly established. Now we need to cook and come up with something that is worth a Michelin restaurant star.

Indeed, ideas on mitigating and removing space debris have been studied for a while now, so the topic does not represent a complete unknown. We have an idea of what can be done and what it would take. But space agencies and industries have of course never considered the artistic possibilities, or what it could represent to the wider public besides an orbital clean-up.

Key to solving problems like air pollution and space debris is to involve sectors that operate outside the niche concerned. Many say the solution to air pollution is green energy. That is easy to say, it does not directly do anything about the problem concerned. In the meantime everybody is just waiting. It may take decades before green energy has taken over completely from traditional energy. We came up with an original take on cleaning the air, turning fine dust into something you can sell.

I see space debris as the fine dust of the universe. There are 17,000 objects in Earth orbit currently being monitored, and those are just the large items. There is much more smaller stuff.

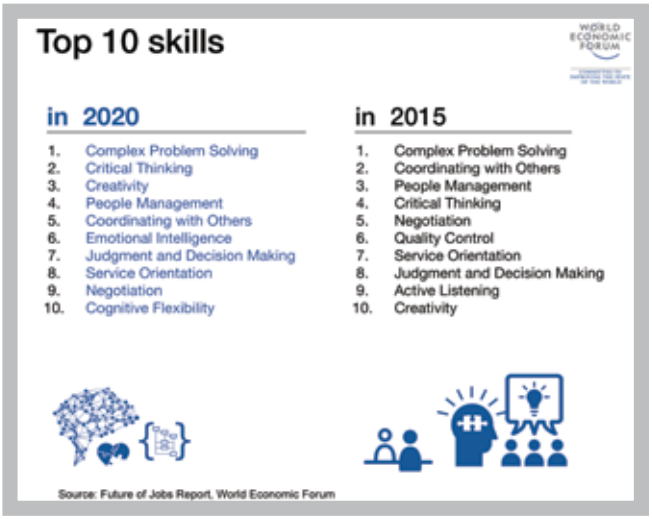
[Daan takes from his pocket a list with the top 10 skills that the World Economic Forum foresees to be important in 2020]

On this list 'Creativity' is expected to rank third in 2020, whereas in 2015 it was number 10. Creativity is becoming ever more important. You can see it also here, in this area in Rotterdam. The traditional production industry has moved out.

Gone to places where salaries are much lower than here.

We need to exploit our creativity. We Dutch are very good at inventing creative solutions, at stubbornly doing what we think is necessary. We should celebrate this ability. We need to explore the possibilities that space debris offers, and I hope that in a few years we will be able to present a surprising idea. I don't know yet exactly what and how, but that is the way we started with most of our projects.

More information on the projects of Studio Roosegaarde can be found at **www.studioroosegaarde.net**.



Future skills in order of importance according to the World Economic Forum. [Future of Jobs Report, World Economic Forum]

Brainstorming with ESA Clean Space

Together with ESA's Clean Space initiative (see also Ruimtevaart 2016-3) Studio Roosegaarde is currently exploring ideas for art projects related to space debris. A brainstorm session at ESTEC, organised by the author of this interview, resulted in a list of possibilities ranging from ground based visualisations of over-flying space debris, concepts launched on sounding rockets or even into orbit, adding equipment to planned debris removal missions all the way to actually using existing debris already in space. The ideal project would actually help remove space debris, involve the general public and have a highly visual, poetic beauty to it.

Voedselrecycling in de ruimte

Innovaties en het Bordersessions technologiefestival

Ed Kuijpers

Net als in voorgaande jaren was ruimtevaart geïntegreerd in diverse thema's bij het technologiefestival Bordersessions 2016 in Den Haag. Bij deze editie waren veel aan ruimtevaart gerelateerde presentaties gekoppeld aan duurzame voedselvoorziening en levensonderhoud. Deze presentaties vormen de basis voor dit artikel.

Voedseluitdagingen voor langdurige missies

MELiSSA (Micro-Ecological Life Support System Alternative) is een Europees project voor het ontwikkelen van een ecologische levensomgeving in de ruimte, dat al bestaat sinds 1989. ESA ontwikkelt in dit project technologie voor recycling van biologisch materiaal voor bemande ruimtevaart. Christophe Lasseur is de coördinator van MELiSSA en hij gaf een inleidende presentatie in de historie en nieuwe ontwikkelingen van het project.

Voor een ruimtereis verbruikt een bemanningslid per dag ongeveer 5 kilogram water, zuurstof en voedsel om te overleven. Voor een missie van zes personen en 1000 dagen betekent dit al 30 ton. Daarnaast gebruikt een persoon voor hygiëne ook nog eens 20 kg aan water per dag. Vandaar dat er een noodzaak is om technologie voor vergaand hergebruik te ontwikkelen. Zelfs het water en andere waardevolle stoffen uit zweet en urine moeten hergebruikt worden.

Het menselijke metabolisme verbruikt zuurstof, water en voedsel. Het afval bestaat uit urine, fecaliën, kooldioxide, zweet en vervuiling (microben en chemisch). Door hergebruik van afval moet de benodigde massa voor bemande ruimtevaart aanzienlijk teruggebracht worden. De missie-duur bepaalt daarbij de mate waarin.

Het MELiSSA recyclingproces is opgedeeld in een aantal hoofdcompartimenten. In het eerste compartiment is het hoofddoel afval via fermentatie te transformeren in vloeibare vetzuren, ammonium, kooldioxide en mineralen door anaerobe bacteriën. In het tweede compartiment worden de vloeibare vetzuren afgebroken en anorganisch koolstof geproduceerd. In het derde compartiment wordt het ammonia omgezet naar nitraat, dat nodig is voor plantengroei. Het vierde compartiment is nodig voor de productie van zuurstof en eetbaar materiaal via algen of via planten. Het vijfde compartiment vormt de leefomgeving van de astronauten.

Voor de selectie van planten voor het vierde compartiment is het nodig rekening te houden met de wensen van de internationale astronauten, de medische doctoren, ISS regels, technologiewensen, kosten, afval, voedzaamheid, smaak, eisen aan de voedselveiligheid, randvoorwaarden voor de productie en wensen van de kok. ESA kiest daarbij voor een geïntegreerde

Verschillende tuinconcepten worden onderzocht voor gebruik op Mars of de maan uitgaande van een tuin binnen opblaasbare koepels of cilinders. [ESA, Thales Alenia Space]

Christophe Lasseur introduceerde de noodzaak van hergebruik.

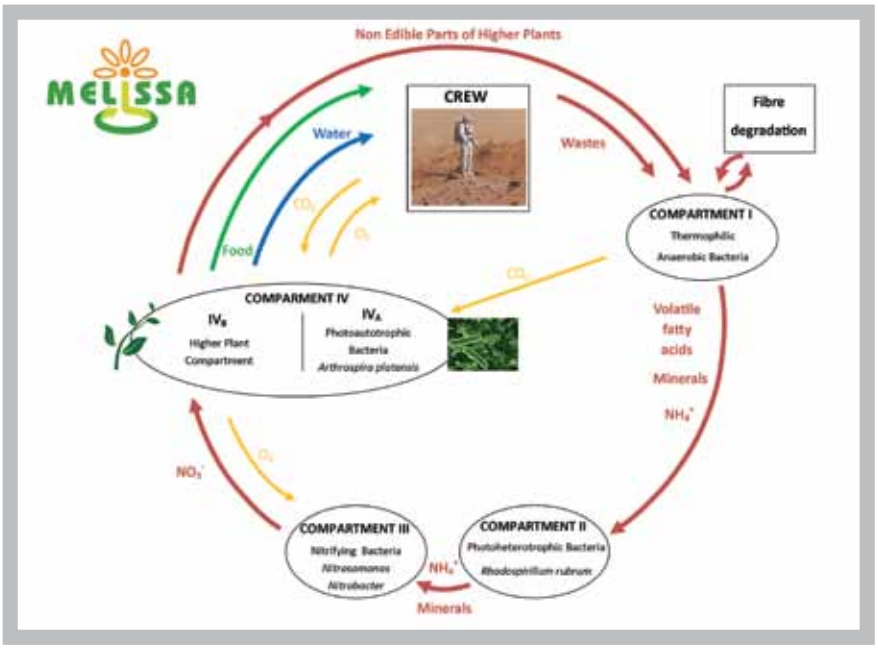
Het Bordersessions technologiefestival 2016

Het Bordersessions technologiefestival werd deze keer gehouden in het Korzo theater in Den Haag. Voor de echte liefhebbers van nieuwe technologie-ontwikkelingen en mogelijke consequenties op onze samenleving waren er weer veel interessante onderwerpen. De thema's waren deze keer "Advanced Human Settlements", "Art, Makers & Digital Culture", "Global Challenges, Social Alliances", " Hacked Nature, Advanced Humans" en "Sustainability, Earth & Space Exploration". Naast internetprivacy waren interessante onderwerpen voedselproductie, Do-It-Yourself(DIY) open source technologie voor het extraheren van medicijnen, de toekomst van transport, gebruik van robotica bij rampen, exoskeleton-benaderingen voor gehandicapten (Project MARCH aan TU Delft), en de nieuwe mogelijkheden met "DNA sequencing". Tegenwoordig is integratie van hergebruik van afval, energieverbruik, vervoer, informatiestromen, voedselproductie, energiezuinig wonen en distributie binnen een slimme stad mogelijk en heeft de stad Den Haag daar ook aandacht voor bij de stimulering van entrepreneurs.
De ruimtevaart kwam concreet aan de orde in de presentatie van Robbert Mica over integratie van satellietdata voor aardobservatie, en de presentatie van Norbert Frischauf over zonnepanelen in de ruimte voor energievoorziening aan de aarde. De hyperloop trein reizend in vacuümbuizen werd gepresenteerd door Tim Houter van de faculteit luchtvaart en ruimtevaarttechniek van de TU Delft. Het inmiddels vertrouwde Science Fiction schrijversinterview geleid door Arno Wielders was deze keer met schrijver Adrian Tchaikovsky. Op de website van Bordersessions is meer informatie te vinden (www.bordersessions.org).

aanpak waarbij zoveel mogelijk afval tot bruikbare producten wordt omgezet. Daarbij moeten zoveel mogelijk wetenschappelijke data en modellering de basis vormen. Een aantal experimentele stappen zijn voorzien waarbij planten en technologieën door astronauten worden geëvalueerd.
Het MELiSSA-consortium bestaat uit zeven universiteiten, twee instituten, drie bedrijven en een stichting opgericht voor de financiering van promotieonderzoek. Het bedrijf IPStar is de technologie-transferpartner en één van de eerste bedrijven die in het ESA BIC werden gehuisvest. Het gebruik van de technologie moet in het bemande ruimtevaartprogramma worden geïntegreerd.
Doordat de internationale afkomst van de astronauten is het niet eenvoudig om eten aantrekkelijk, voedzaam en gevarieerd te maken voor iedereen. Evaluatie van voedselrecepten wordt bemoeilijkt doordat de smaakperceptie van astronauten verandert bij een ander zwaartekrachtsniveau. Om dit beter te begrijpen combineert ESA bed-rust-studies met experimenten over de verandering van smaak te onderzoeken. Hierbij is ook met algen uit MELiSSA geëxperimenteerd. In het DEMES (DEmonstration of MELiSSA Snacks) experiment is door het Italiaanse bedrijf Argotec een reep gemaakt van blauw-groene alg en granen, en deze is vervolgens op smaak getest door astronauten in het ISS.
Voor de toekomst is het nodig dat ESA een eerste evaluatie doet van een zeer groot aantal planten en culturen. Daarnaast moeten er ook nieuwe recepten worden gemaakt geschikt voor gebruik in de ruimte. Vanuit ESA en het MELiSSA project zijn de volgende richtlijnen opgesteld:

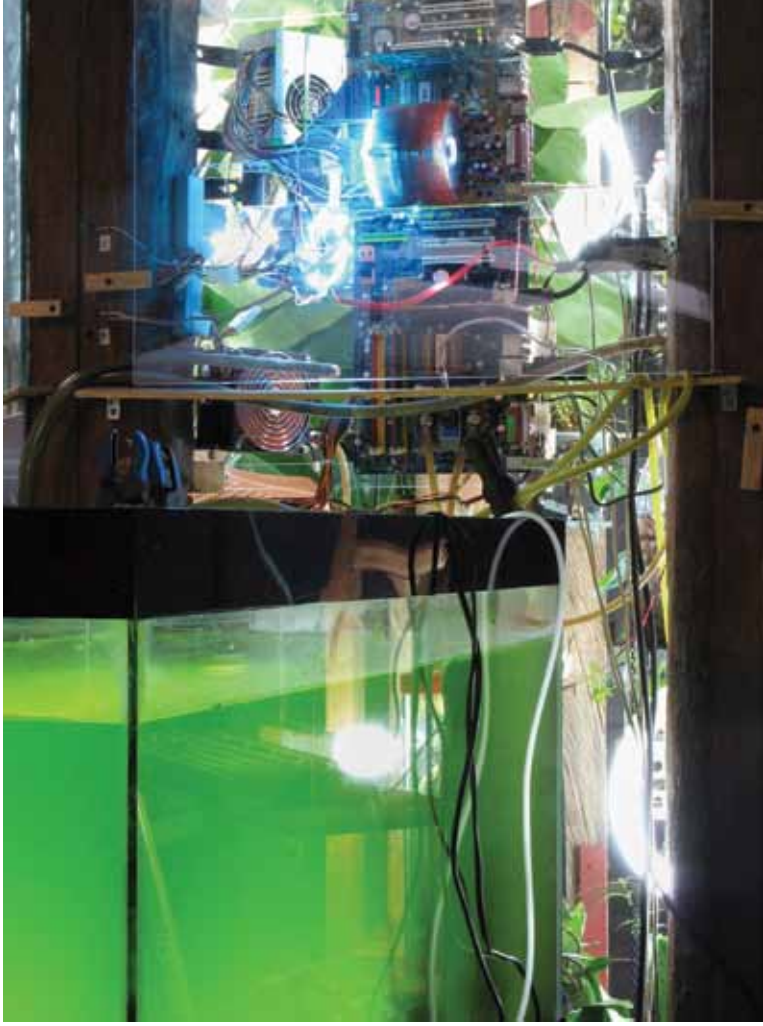
1. Voor plantproductie moet ook een bijbehorende afvalverwerking beschikbaar zijn.
2. Planteigenschappen moeten erg goed bekend zijn voordat lancering wordt overwogen.
3. Planten moeten zonder grond kunnen worden geproduceerd.
4. Kunstmatige verlichting is het uitgangspunt.
5. Een voedselproductiefaciliteit is geen onderdeel van de woonruimte van astronauten.
6. Tenminste tien planten moeten worden geselecteerd.

Tot nu toe is geen volwassen technologie voor planten beschikbaar voor bemande ruimtevaart. Ook speelt straling een rol, waarbij voor planten een andere dynamiek speelt dan voor mensen. Het is echter niet de bedoeling dat astronauten in de toekomst vegetariërs moeten zijn, hoewel het produceren van vlees in de ruimte erg kostbaar zou worden. Aanvoer van vlees- of visproducten en alternatieven wordt daarom meegenomen in de



De MELiSSA cyclus om afval te transformeren naar zuurstof, water en eetbaar materiaal. [ESA]

Angelo Vermeulen tijdens Bordersessions.



Biomodd installatie waarbij algen gedijen in het koelwater van de computer. [Angelo Vermeulen]

planning van de bevoorrading.
Het gebruik van grond is zeer gecompliceerd in de ruimte. Liever gebruikt men daarom planten die in lucht groeien en waarbij de wortels bevochtigd worden; zogenaamde luchtteelt of "aeroponics". Ook zijn de bekende hydroculturen een optie. Een bijkomende reden om in dit stadium grondteelt te vermijden is dat plantkweeksystemen zonder grond nu al op het ISS ontwikkeld worden.
Ed Harwood introduceerde bij een andere Bordersessions-presentatie het gebruik van aeroponics. Het grote voordeel is dat men door gebruikmaking van LED-verlichting gestapeld planten kan telen in een ruimtelijk compacte, controleerbare en zeer schone omgeving zonder bakken voor water of grond. Dit is met name van belang bij het specialistische telen van pootgoed, maar ook gewassen als sla kunnen in zo'n gestapelde omgeving worden gekweekt. Deze methoden worden tegenwoordig gedoceerd aan agrarische scholen en universiteiten. Ook is er interesse van mensen die geïnteresseerd zijn in ecologische tuinbouw en landbouw.
Bij de Universiteit van Wageningen wordt wel gesimuleerde Mars- of maangrond gebruikt voor het ontwikkelen van voedselteelt, en dit heeft ook veel publiciteit gehaald. Het jaar 2015 was het internationale jaar van de bodem, waarbij extra benadrukt is dat bodemleven op aarde erg complex is en dat men daar nog relatief weinig over weet. Het betreft een samenspel van vele bacteriën, wormen, schimmels, planten en insecten waarmee een goede tuinman rekening houdt. Daarnaast zijn er ook potentieel giftige stoffen op en in de echte Mars- of maanbodem. Dit maakt het begrijpelijk dat ESA een voorkeur heeft voor telen zonder grond. ESA wil zich eerst richten op de maan (zie http://lunarexploration.esa.int), mede om daar technologie-ontwikkeling te doen. Een andere complicerende factor is bestuiving. Hommels en bijen voor de bloemetjes of andere manieren zijn daarbij ook onderwerp van onderzoek.

Leven in de ruimte als kunst

Angelo Vermeulen (1971) is gepromoveerd bioloog en daarna ook afgestudeerd als Vlaams kunstenaar. In zijn werk combineert hij technische, ecologische en sociale systemen in het organiseren van samenwerkingsprojecten. Hij is gezagvoerder geweest van de eerste HI-SEAS-missie (Hawaii Space Exploration Analog and Simulation), een Mars-analoge simulatiestudie. De focus bij deze door NASA gefinancierde missie lag op het leven op een dieet bestaande uit traditioneel ruimtevaartvoedsel en zelfgecreëerde recepten gemaakt met speciale ingrediënten (deels gevriesdroogd).
Angelo is consultant voor LIQUIFER Systems Group uit Oostenrijk, een bedrijf dat o.a. betrokken is bij simulatie van bewoning van de maan voor ESA. Van 2011 tot 2012 was hij lid van het ESA Topical Team Arts & Science (ETTAS) en hij is nu ook als "Chief Art Officer" werkzaam bij IPStar, het bedrijf dat industriële MELiSSA activiteiten coördineert. In zijn huidig proefschriftonderzoek aan de TU Delft werkt hij aan zichzelf ontwikkelende en evoluerende ruimtevaartsystemen. Hij is TED Senior Fellow en bij zijn presentatie werd snel duidelijk waarom.
Integratie van biologische systemen met techniek en sociale aspecten zijn een belangrijke leidraad in zijn kunstinstallaties. Biomodd is zijn bekendste werk en bestaat uit een groot aantal interactieve kunstinstallaties ontwikkeld over de gehele wereld (http://www.biomodd.net). De interactie tussen mens, computers

HI-SEAS Mission impressie [HI-SEAS press kit]

en biologische systemen staat daarbij centraal. Daarbij wordt bijvoorbeeld de warmte die computers genereren (bijvoorbeeld bij het spelen van games), afgevoerd om een installatie met algen, planten en vissen te verwarmen.

Een tweede thema in zijn onderzoek is hardware die zich kan aanpassen ("evolvability").Een illustratief voorbeeld daarvan is de Foambot (2011) ontwikkeld aan de Universiteit van Pennsylvania. Daarbij wordt door een robot gewrichten op de juiste plaats gezet en vervolgens met zelfhardend schuim aan elkaar gekoppeld.

Een derde thema is de kunst van het samen creëren (co-creation). Seeker is een kunstproject waarbij grote ruimteschipsculpturen worden gebouwd met als doel een dialoog aan te gaan over ruimtekolonisatie en daarbij steeds nieuwe deelnemers te betrekken. SEAD (Space Ecologies Art and Design) is een internationaal netwerk van kunstenaars, wetenschappers en activisten. Hun doel is de toekomst vorm te geven door kritische reflectie en praktische experimenten. Biomodd en Seeker zijn nu de meest bekende SEAD projecten. Angelo is medeoprichter van SEAD.

Helpen door burgerwetenschap

In een workshop bij Bordersessions georganiseerd door Thieme Hennis van de TU Delft stond betrokkenheid van een breder publiek centraal. Eerst introduceerde Aidan Cowley de activiteiten bij het European Astronaut Centre (EAC) en specifiek de doelstellingen van "Spaceship EAC":

- Ondersteunen van exploratie bij ESA. Het EAC wil daarbij tijdig onderzoek stimuleren voor nieuwe bemande ruimtevaarttechnologie. Onderdeel daarvan is de ontwikkeling van een virtuele maanbasis en analoge opstelling als referentie voor onderzoekers, planners en astronauten.
- Het opdoen van operationele ervaring.
- Ondersteuning van exploratieonderzoek waarbij de nadruk ligt op de interactie tussen onderzoek en toekomstige operaties en het opbouwen van netwerkcontacten met onderzoekers.
- Inspireren is ook een belangrijke doelstelling. De activiteit leiden tot stages voor studenten, contacten met universiteiten, inspiratie binnen ESA en betrokken agentschappen.

Bij DLR heeft het "Institute of Aerospace Medicine" in het nieuwe Envihab een opstelling gemaakt voor biofilter-onderzoek genaamd C.R.O.P. (Combined Regenerative Organic-food Production). In combinatie met het Spaceship EAC programma is een initiatief gestart om deze opstelling te gebruiken voor klimaatbeheersing (ECLSS, Environmental Control and Life Support System), onderzoek en cycli voor biologisch materiaal relevant voor bemande maanmissies. De EAC opstelling en die van het DLR kunnen daarbij vergeleken worden, waardoor het EAC meer te weten komt over de problemen bij bemande operaties en de benodigde ondersteuning.

Bij de inschrijving voor de workshop werd gevraagd om een bijdrage van 250 woorden voor een "hacker's grow book for Earth, Moon, Mars and beyond". Een aantal groepen binnen Nederland hadden een bijdrage ingestuurd en presenteerden hun benadering. ESA bleek op zoek te zijn naar goede gewassen passend bij bemande ruimtevaart en ideeën voor voedsel en daarnaast ook goede voedselrecepten. Een speciale kit is nodig waarin dan gemeenschappelijk de condities gecontroleerd worden wat betreft licht, water, luchtvochtigheid, voedingstoffen, temperatuur, kooldioxide, zuurgraad, luchtdruk en zwaartedracht.

Voorbeeld van een Seeker opstelling. [Kristof Vranken]

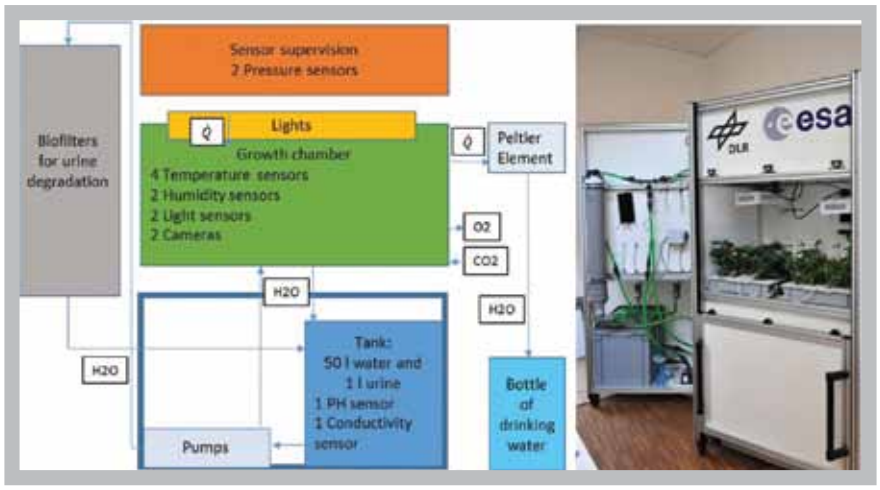
Na de introductie werden de deelnemers uitgenodigd om in verschillende groepen met elkaar te discussiëren over welke gemeenschappen betrokken zouden moeten worden, na te denken over de benodigde hardware en open source technologie en hoe de uitdagingen aan te pakken.

Het onderzoek naar veilig voedsel dat nodig is voor toekomstige bemande exploratie is zeer complex en tijdrovend. Iedereen kan proefjes doen in de eigen tuin, op het balkon of in een bak met LED-verlichting, en de resultaten doorgeven aan specialisten, maar de organisatie daarvan is niet eenvoudig. Burgerwetenschap (citizen science) kan een belangrijke bijdrage vormen om dit grootschalig aan te pakken en daarbij geldt: "Waarom moeilijk doen als het gemakkelijk samen kan" (Loesje).

Bij het vergelijken van planten door grote groepen burgers is nodig dat duidelijke afspraken gemaakt worden over de instrumentatie en conditionering van de planten. Daarnaast kan men ook de deelnemers kiezen uit groepen die al enige ervaring met het telen van gewassen hebben, bijvoorbeeld landbouwstudenten.

De agrofood workshopactiviteiten bij Bordersessions vormden voor de sprekers een goede voorbereiding op een vervolg bij de "Space for Inspiration: ISS and beyond" conferentie in Londen (14 - 15 september 2016), waarbij vervolgdiscussies plaatsvonden ter voorbereiding van de toekomst. Een derde sessie heeft inmid-

Binnen in een Seeker opstelling tijdens isolatie-experiment. [Angelo Vermeulen]



Voorbereiding op maanoperaties bij het EAC met de C.R.O.P. opstelling.[ESA]

Spaceship EAC logo. [ESA]

dels plaatsgevonden in Tel Aviv-Jaffa op 14 december 2016.
Daarnaast bleken achteraf een aantal gerelateerde activiteiten te bestaan waarbij meer Nederlandse inbreng was. The iGEM competitie is een internationale studentenwedstrijd voor synthetische biologie. Bij de Universiteit Leiden (http://2016.igem.org/Team:Leiden) richt men zich op ontgiften van perchloraatzouten. Dit zijn giftige stoffen aan het oppervlak van Mars, gevonden door de Curiosity rover en de Phoenix lander, die leven er erg moeilijk maken. Via genetische manipulatie zijn bacteriën te ontwikkelen, een "E.colonizer", die de perchloraatzouten omzetten, en daartoe is een crowdsourcing-project opgezet. Tweejaarlijks wordt er een agrospace-workshop gehouden (www.agrospaceconference.com). Na de workshop in 2016 is een "white paper" gepresenteerd. Daarbij bleek dat een grote groep instituten agro-ruimtevaart belangrijk vindt, en de Nederlandse landbouwexpertise is daarbij goed vertegenwoordigd.
De Bordersessions-organisatie toonde bij de 2016 editie opnieuw een goed gevoel voor belangrijke thema's voor de toekomst te hebben. Het was opnieuw erg interessant te zien hoe het thema "Ruimtevaart" aan veel maatschappelijk relevante onderwerpen kan worden gekoppeld en verantwoorde voedselvoorziening en recycling in het bijzonder.

Astronautenwijsheid

Piet Smolders, www.smoldersonline.nl

Mijn favoriete Amerikaanse astronaut overleed eind vorig jaar.
Hij was de oudste van de Original Seven – de eerste zeven Amerikaanse ruimtevaarders – en hij overleefde ze allemaal: John Glenn, de eerste Amerikaan die in een ruimteschip om de aarde vloog op 20 februari 1962. Ruim drie jaar later mocht ik hem op Schiphol, terwijl de zenuwen door mijn lijf gierden, een zelf geschilderd portret overhandigen. Het was nog nat toen ik het hem aanbood, maar het was verpakt tussen twee stevige plaatjes hardboard. Een mooie brief kreeg ik daarna van hem en nóg een toen hij, inmiddels 77, als 's werelds oudste ruimtevaarder een tweede ruimtevlucht maakte. Ik had hem toen mijn boek over 50 jaar ruimtevaart gestuurd, waar de foto van de overhandiging van het schilderij in stond.

John Glenn krijgt in oktober 1965 zijn portret van Piet Smolders onder het toeziend oog van Jan van Beek van United States Information Service. [Anefo]

Glenn was een rustig en vriendelijk mens en bovenal een toegewijde patriot. Hij zei: "Er zijn tijden dat je jezelf wijdt aan een hoger doel dan persoonlijke veiligheid." Ruim 24 jaar was hij Democratisch senator voor Ohio en ooit werd hij bijna president. Maar naar de huidige maatstaven was hij ongeschikt: hij had zijn degelijke opvoeding zeker niet verwaarloosd.
Vijftig jaar later heb ik inmiddels tientallen astronauten en kosmonauten ontmoet en ontdekt dat ze net zo verschillend zijn als andere mensen. Maar één ding hebben ze gemeen: optimisme en daadkracht. Ooit zei Glenn: "Achterover leunen, het lot zijn kaarten laten uitspelen en er nooit invloed op uitoefenen is niet de manier waarop de mens bedoeld was te werken".
Eén voorbeeld hebben we dichter bij huis: onze André Kuipers. Als kleine jongen al wilde hij astronaut worden. Hij was niet altijd even gezond, had last van hoogtevrees en er waren politieke verwikkelingen. Maar hij zette door. Kortgeleden zei hij tegen me: "Je moet altijd doorgaan. Het kan gebeuren dat iemand anders er de stekker uittrekt, maar je moet het nooit zelf doen!"
De goedlachse astronaut Joe Allen, met wie regisseur Rudolf Spoor en ik enkele malen plezierig samenwerkten, heeft de volgende lijfspreuk:

Dear God:
Give me the strength to change the things I can change
Give me the patience to accept the things I cannot change
And give me the wisdom to see the difference.

Tenslotte een goede raad van Jim Lovell, de man die in 1971 met zijn twee collega's de kreupele Apollo 13 naar huis bracht en zo een dramatische explosie tussen aarde en maan overleefde:

There are people who make things happen
There are people who watch things happen
And there are people who wonder what happened
To be a succesful person you have to make things happen!

Piet Smolders

Ons erelid Piet Smolders was al voor de lancering van Spoetnik bezig schriften vol te pennen over ruimtevaart. In april 1958 verscheen zijn eerste bijdrage in het dagblad Oost Brabant (nu Eindhovens Dagblad). Sindsdien publiceerde hij in vrijwel elke Nederlandse krant, in diverse tijdschriften (tot en met Chinese) en schreef hij veertig boeken over het onderwerp, om nog maar te zwijgen over zijn televisie- en radiowerk. In bijna zestig jaar heeft hij veel persoonlijk getinte ruimtevaart-ontmoetingen beleefd. Daarover gaat de column 'Memories' die Piet vanaf nu in elk nummer van Ruimtevaart gaat schrijven; "zolang de voorraad strekt", zoals hij belooft. Veel leesplezier!

advertentie

SRON
Netherlands Institute for Space Research

'Nederlandse' röntgencamera voor Europese ruimtetelescoop stap dichterbij

De realisatie van de röntgencamera annex spectrograaf die SRON ontwikkelt voor de Europese ruimtetelescoop Athena is een stap dichterbij gekomen. Eind 2016 kreeg de röntgencamera een plek op de nationale 'roadmap' voor grootschalige onderzoeksfaciliteiten van de NWO (Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek). Door deze selectie mag SRON een aanvraag doen om de financiering van de camera annex spectrograaf veilig te stellen.

De röntgencamera annex spectrograaf van Athena – de X-ray Integral Field Unit (X-IFU) – wordt ontwikkeld door een internationaal consortium. SRON heeft hierin een leidende rol. X-IFU wordt gekoeld tot minder dan één graad Kelvin (circa 272 graden Celsius onder nul) en levert dan een kleurspectrum voor elke pixel in het verkregen beeld. Daarmee kunnen astrofysici de eigenschappen bloot leggen van extreem heet gas (10 miljoen graden Kelvin) in clusters van melkwegstelsels. Daarnaast gaat X-IFU heel precies de energie van röntgenlicht bepalen, wat veel informatie prijs geeft over de hoeveelheid en beweging van de gassen die bij zwarte gaten de ruimte in worden geblazen.

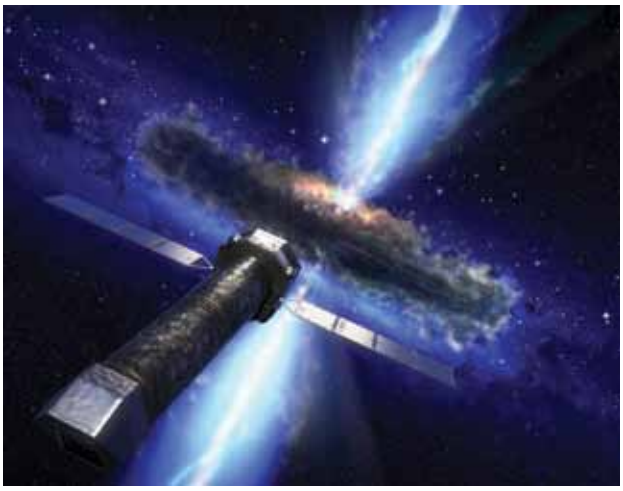
Nederlandse bijdrage

De totale investering voor de Athena-missie komt uit op bijna 2 miljard euro. De beoogde totale Nederlandse bijdrage is 50 miljoen euro, waarvan een belangrijk deel door SRON gedragen wordt. Een aanzienlijke bijdrage vanuit de roadmap is noodzakelijk, wil Nederland een leidende rol spelen in de realisatie en het latere wetenschappelijke gebruik van de telescoop. Naast deze eigen Nederlandse bijdrage is ook de Nederlandse industrie sterk betrokken bij deze missie. Cosine BV en Micronit hebben in samenspraak met SRON de technologie voor de uiterst scherpe röntgenlens van deze missie ontwikkeld. We verwachten dat ESA deze spiegelmodules uiteindelijk in Nederland zal bestellen en hiermee zijn ook enkele tientallen miljoenen Euro's gemoeid. Nederlandse astrofysici krijgen na voltooiing ook kostbare waarnemingstijd met Athena.

Athena: de missie

Athena is de eerstvolgende grote röntgenmissie (L2) van de European Space Agency (ESA). Vanaf 2028 gaat Athena tenminste vijf jaar lang het hete en extreem energierijke universum waarnemen. Daarmee beantwoordt de ruimtetelescoop hopelijk twee grote wetenschappelijke vragen: hoe en waarom klontert gewone materie samen in clusters van melkwegstelsels die wij tegenwoordig kunnen waarnemen? En hoe groeien zwarte gaten en beïnvloeden zij hun omgeving?

https://www.youtube.com/watch?v=1DtzdbFfk14
https://www.sron.nl/missions-athena



Start Galileo diensten en bouw van Galileo Reference Centre

Jasper Wamsteker (Netherlands Space Office)

Start bouw van Galileo Reference Centre in Noordwijk

Op 24 november werd het officiële startsein gegeven voor de bouw van het Galileo Reference Centre (GRC) op het Space Business Park in Noordwijk. Het GRC zal de kwaliteit van de dienstverlening van het Europese satellietnavigatiesysteem Galileo gaan meten. Ook zal het centrum de contacten onderhouden met andere systemen voor satellietnavigatie, zoals het Global Positioning System van de Verenigde Staten.

De overeenkomst voor het GRC werd in mei 2016 getekend door minister Melanie Schultz van Haegen, eurocommissaris Elżbieta Bieńkowska en de directeur van de European GNSS Agency Carlo Des Dorides op de European Space Solutions Conferentie in Den Haag (zie Ruimtevaart 2016-3).

Het Netherlands Space Office (NSO) is in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu verantwoordelijk voor het projectmanagement van de bouw van het GRC. Het gebouw komt aan de overkant van de ESA-vestiging ESTEC in Noordwijk.

"Satellietsystemen zoals Galileo openen mogelijkheden voor veel sectoren – van water tot mobiliteit, energie, agricultuur, klimaatverandering en voedselveiligheid – en Nederland is klaar om volop gebruik te maken van de beschikbare mogelijkheden," zei NSO directeur Ger Nieuwpoort. "Dit is ook waarom NSO het gebruik van satellietnavigatie in overheidsprocessen stimuleert en ik ben blij om hier samen met de Europese ruimtevaartgemeenschap officieel de bouw van het GRC aan te vangen. "

"Door het beschikbaar stellen van het gebouw voor de GRC onderstreept Nederland het belang dat het hecht aan Galileo en het Noordwijk Space Cluster," zei directeur internationale samenwerking van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu Bart van Bolhuis. Hij legde ook de nadruk op de prima samenwerking tussen alle betrokken partijen zoals de Europese Commissie, de GSA, ESA en de gemeente Noordwijk en andere overheidsorganisaties. "Deze gecoördineerde aanpak heeft geresulteerd in een relatief korte definitiefase en snelle start van de bouwactiviteiten."

De exploitatie van het gebouw wordt betaald uit het Galileo-programmabudget. In het gebouw zullen aanvankelijk ongeveer 20 medewerkers werkzaam zijn, maar het gebouw is ook voorbereid op de voorziene groei in de nabije toekomst. Het Galileo Reference Centre zal eind 2017 operationeel zijn.

De officiële handeling werd verricht door, van links naar rechts: Jan van Duijn (directeur van Rhijn bouw), Davide Castellazzi (GSA), Paul Flament (Europese Commissie), Ger Nieuwpoort (NSO), Jan Rijpstra (burgemeester Noordwijk) en Bart van Bolhuis (Ministerie van Infrastructuur en Milieu).

Europese Commissie kondigt eerste diensten Galileo aan[1]

De eerste diensten van het Europese navigatiesysteem Galileo zijn vanaf 15 december beschikbaar en moeten in 2020 volledig operationeel zijn. Galileo bevindt zich momenteel in de uitrolfase. Dat wil zeggen dat de satelliet- en grondinfrastructuur momenteel worden uitgebouwd. Het aanbieden van de initiële diensten luidt een nieuwe fase in voor het systeem: van uitrol- en testfase naar een operationeel systeem. Met de ingebruikname van de initiële diensten zullen alle toestellen op de markt voor het grote publiek, zoals smartphones en toestellen voor voertuignavigatie, de signalen van Galileo voor plaatsbepaling, navigatie en tijdsbepaling kunnen gebruiken als zij zijn uitgerust met een met Galileo-compatibele chipset.

1 - Bron: EU.

De initiële diensten van Galileo vormen de eerste stap naar volledige operationaliteit. Het Galileo-systeem wordt verder uitgebouwd met bijkomende satellieten om de constellatie uit te breiden. Dit zal de wereldwijde prestaties en beschikbaarheid van het systeem geleidelijk verbeteren. De constellatie zal naar verwachting in 2020 voltooid zijn.

De initiële diensten die Galileo zal aanbieden zijn de open dienst, de publiek gereguleerde dienst (Public Regulated Service – PRS) en de opsporings- en reddingsdienst (Search and Rescue Service – SAR).

De open dienst van Galileo is een gratis dienst voor plaatsbepaling, navigatie en tijdsbepaling bestemt voor het grote publiek. De dienst kan onder andere worden gebruikt door smartphones of autonavigatiesystemen met Galileo-compatibele chipsets.

De publiek gereguleerde dienst is bestemd voor door de overheid gemachtigde gebruikers, zoals de civiele bescherming, de brandweer, douanebeambten en de politie. De dienst is bijzonder robuust en volledig versleuteld zodat bij nationale nood- of crisissituaties, zoals terroristische aanslagen, de continuïteit van de dienstverlening voor de door de overheid gemachtigde gebruikers is gegarandeerd.

De opsporings- en reddingsdienst van Galileo is de Europese bijdrage aan "Cospas-Sarsat", het internationaal systeem voor de lokalisatie van noodbakens. Dankzij de opsporings- en reddingsdienst van Galileo zal de lokalisatie van noodbakens aanzienlijk verbeteren. Zo zal de tijd die nodig is om iemand te vinden die op zee of in de bergen in nood verkeert en een noodbaken activeert, van ten hoogste drie uur worden teruggebracht tot slechts tien minuten. Ook de plaats waar het noodbaken zich bevindt zal nauwkeuriger worden bepaald, tot binnen een straal van 5 km; een verbetering ten opzichte van de huidige 10 km.

De markt is klaar voor Galileo. In 2010 waren er slechts drie producenten die Galileo-compatibele chips produceerden. Vandaag zijn er 17 ondernemingen die dergelijke chips maken; zij vertegenwoordigen meer dan 95 % van het wereldwijde aanbod.

Op **www.useGalileo.eu** vindt u de lijst – die steeds langer wordt – van Galileo-compatibele toestellen en chipsets die nu reeds beschikbaar zijn.

Door een ontsteker komt een raketmotor tot leven.

Betrouwbaarheid is alles. Zonder ontsteking gaat de kostbare satelliet verloren. Of worden astronauten in het internationale ruimtestation niet van voedsel voorzien. Al 25 jaar ontwerpt en produceert APP ontsteeksystemen voor raketmotoren. Ervaring, innovatie en teamwork vormen de basis voor dit succes. **www.appbv.nl**

SAFRAN
Aerospace Propulsion Products

Discover your Space 2016

Peter Batenburg (NVR & SGAC) and Casper Dek (VSV Leonardo da Vinci)

Kick off of the company pitches.

Main sponsor Airbus D&S NL presenting their work in the space industry.

For a relatively small country, the Netherlands offers a wide variety of studies with the possibility to prepare oneself for a "space career". Besides Aerospace Engineering at the Delft University of Technology, one can study Space Law in Leiden or astronomy at four universities in the Netherlands. Students can also focus their study towards planetary geology during their geology studies and one can orient towards space research and engineering at many other faculties of the universities of Delft, Twente and Eindhoven.

Whatever study chosen, at some point a student will start to orient towards a career. When having an interest in a career in space you will undoubtedly have heard of ESA's Technical Centre ESTEC in Noordwijk and one or two companies that you visited or came to visit your faculty. But you might not find what you are looking for and the number of vacancies can be limited. So one can draw the conclusion to pursue something else or go abroad for a career in space.

Fact of the matter however is that the space market in the Netherlands is much broader than that. This is what the NVR, VSV Leonard da Vinci and the Space Generation Advisory Council (SGAC) wanted to show to students with an interest in a career in space when they organized the first edition of the "Discover your Space" event in November 2015 with SpaceNed and the Delft Space Institute (DSI) as partners.

The concept is simple: companies and institutes give a short presentation about who they are followed by networking drinks where the students can meet the representatives from the various companies and institutes. Students also are informed about the possibilities to get involved in the various societies that are active in the space market: like

the SGAC, Women in Aerospace (WIA) and off course the NVR. The intention is to help the students start their space related network and show them the many companies, institutes and possibilities that are available in the Netherlands if one wants to pursue a career in space.
The first edition in 2015 showed that there is an interest for this type of event from both students and companies. Over sixty students participated and eleven companies and four societies presented themselves. Because of the success of the first edition it was decided to organize a second edition in November 2016. Based on the reactions from the students and space market representatives it was decided to keep the format and time table the same and see if it was possible to accommodate more students and companies.
The second edition took place last year on November 23rd, this time with more than 130 students, 16 companies and institutes with even more representatives. The largest lecture room at Aerospace Engineering was quite filled and the entrance hall was packed for the networking drinks. Not only aerospace engineering students are participating to the event, as we also welcomed astronomy, space law, geology, physics and other engineering students from Delft, Leiden, Utrecht and Eindhoven. The evening showed how much the Dutch space market is involved in many of the European and non-European space programmes and how the companies are working (together). The mood was good throughout the event and the networking continued in the faculty bar 'de Atmosfeer' long after the programme formally ended. As one of the participants summarized it: it was a true Dutch space event.
This edition would not have been possible without our sponsors: Airbus D&S the Netherlands, HE Space, Terma, Delft Space Institute, CGI, Safran APP and TNO and the organizing parties NVR, SpaceNed, SGAC and the VSV Leonardo da Vinci's board, space department and bar committee. Based on the positive feedback from both students and companies, the organizers are looking forward to organize the next edition where we intend to further improve the event based on suggestions from the participants.

The networking drink in full swing.

The main purpose of the event: students meeting companies and professionals.

Ruimtevaartkroniek

Marco van der List

Deze kroniek beschrijft de belangrijkste gebeurtenissen in de ruimtevaart die hebben plaatsgevonden tussen 17 september 2016 en 31 december 2016. 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).

26 september 2016 | 01:43 uur

Draagraket: PSLV • Lanceerplaats: Sriharikota

- **ScatSat-1** • COSPAR: 2016-059A
  Indiase wetenschappelijke satelliet voor het bestuderen van de windpatronen boven de oceanen. De kunstmaan, met een massa van 377 kg, wordt in een zonsynchrone omloopbaan gebracht (730 km x 730 km x 98,1°).
- **Alsat-1B & -2B, 1N** • COSPAR: 2016-059
  Algerijnse civiele aardobservatiesatellieten (massa respectievelijk 103 en 110 kg). De kunstmanen zijn gebaseerd op het AstroSat-100 platform van Airbus en in licentie in Algerije gebouwd.
- **Alsat-1N** • COSPAR: 2016-059
  Algerijnse technologische CubeSat (3 eenheden) met een demonstratie van het ontplooien van een 6,6 meter lange stang waarop experimenten ver van de satelliet geplaatst kunnen worden.
- **CanX-7** • COSPAR: 2016-059
  Canadese CubeSat van de Toronto Institute of Aerospace Studies. De CubeSat heeft vier kleine zeiltjes waarmee de weerstand die het satellietje ten gevolge van de atmosfeer ondervindt gekarakteriseerd kan worden.
- **Pathfinder-1** • COSPAR: 2016-059
  Amerikaanse commerciële aardobservatiesatelliet van BlackSky Global.
- **PISat** • COSPAR: 2016-059
  Indiase aardobservatiesatelliet en technologie-demonstratie. De 5,3 kg zware kunstmaan heeft een camera van het Deense bedrijf Gomspace aan boord.

De voor 23 september geplande lancering van Soyuz MS-2, met de volgende bemanning voor het ISS, moet enkele weken worden uitgesteld als er tijdens de laatste voorbereidingen een elektrische kortsluiting wordt gevonden in de capsule. [RosCosmos]

30 september 2016

Er komt een einde aan de succesvolle missie van Rosetta, als de sonde gecontroleerd neerkomt op de kern van komeet 67P/Chryumov-Gerasimenko. Rosetta had 13 uur eerder haar snelheid in de omloopbaan tot nul gereduceerd, waarna vanaf 19 km hoogte een vrije val werd ingezet. Door het zwakke zwaartekrachtsveld van komeet 67P duurde het 13 uur eer de sonde neerkomt op het oppervlak en de "inslagsnelheid" is met 0,9 m/s langzamer dan wandelsnelheid. De sonde is zo geprogrammeerd dat deze zichzelf uitschakelt op het moment van neerkomen. Kort voor de inslag passeert Rosetta enkele grote uitgassingsgaten op de komeetkern.

5 oktober 2016 | 20:30 uur

Draagraket: Ariane-5ECA • Lanceerplaats: Kourou

- **SkyMuster-2** • COSPAR: 2016-060A
  Australische commerciële geostationaire communicatiesatelliet. Gebouwd door SS/Loral, met een massa van 6440 kg.
- **GSAT-18** • COSPAR: 2016-060B
  Indiase civiele geostationaire communicatiesatelliet (massa 3425 kg), gebouwd door ISRO voor Insat (Indian National Satellite).

Daags voordat Elon Musk op de IAC in Mexico zijn visie voor een bemand werkende Raptor raketmotor van SpaceX met succes getest. [SpaceX]

15 oktober 2016

NASA meldt dat de voor 19 oktober geplande manoeuvre om de baan van de sonde Juno om Jupiter te verlagen zal worden uitgesteld tot op zijn vroegst 11 december. Juno zal nu een extra 53 dagen durende omloop maken alvorens de baan verlaagd zal worden naar de operationele baan met een periode van 14 dagen. De manoeuvre wordt uitgesteld om een anomalie in het voortstuwingssysteem van de sonde verder te kunnen onderzoeken.

16 oktober 2016

Drie dagen voor de aankomst bij Mars wordt de lander Schiaparelli door de ExoMars Trace Gas Orbiter op een directe koers naar de planeet gebracht en losgekoppeld. Twaalf uur later voert de Trace Gas Orbiter een manoeuvre uit zodat de kunstmaan zelf de planeet zal missen.

16 oktober 2016 | 23:30 uur

Draagraket: Chang Zheng-2F • Lanceerplaats: Jiuquan

- **Shenzhou-11** • COSPAR: 2016-061A
  Chinees bemand ruimteschip met aan boord de taikonauten Jing Haipeng en Chen Dong. Dit is de zesde Chinese bemande ruimtevlucht en de eerste geplande missie naar het in september gelanceerde ruimtelaboratorium Tiangong-2.

transportsysteem naar Mars presenteert, wordt de op methaan en zuurstof

17 oktober 2016 | 23:45 uur

Draagraket: Antares-230 • Lanceerplaats: Wallops

Eerste vlucht van de verbeterde Antares raket. Deze 230-versie heeft twee RD-181 Energomash motoren in de eerste trap ter vervanging van de NK-33/AJ-26 motoren die de mislukte lancering in oktober 2014 veroorzaakten.

- **Cygnus OA-5** • COSPAR: 2016-062A
  Amerikaans onbemand vrachtschip met voorraden voor het ISS. Het toestel is "S.S. Alan Poindexter" genoemd, naar de in 2012 overleden astronaut.

De cabineventilator en de druksensoren zijn gebouwd door Bradford Engineering.

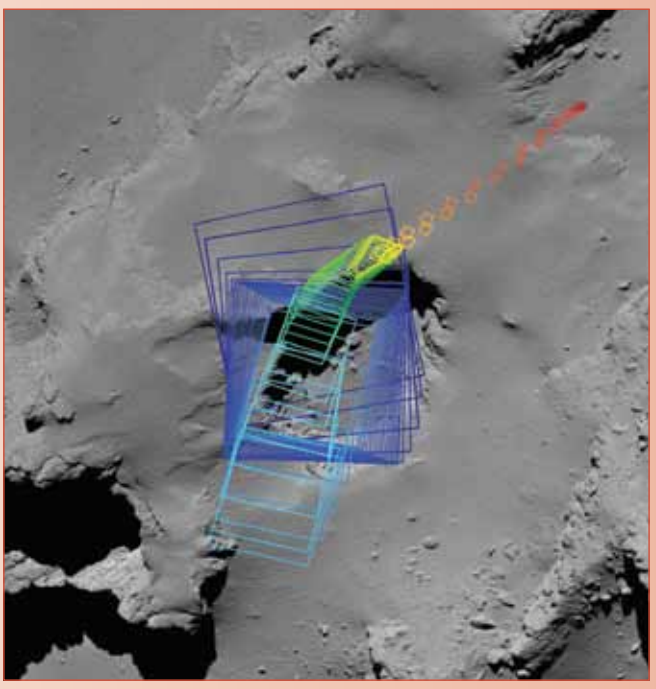
18 oktober 2016

De Shenzhou-11 voert met succes een automatische koppeling uit met het ruimtelaboratorium Tiangong-2. Haipeng en Dong beginnen aan hun verblijf dat ongeveer een maand moet gaan duren.

19 oktober 2016 | 08:05 uur

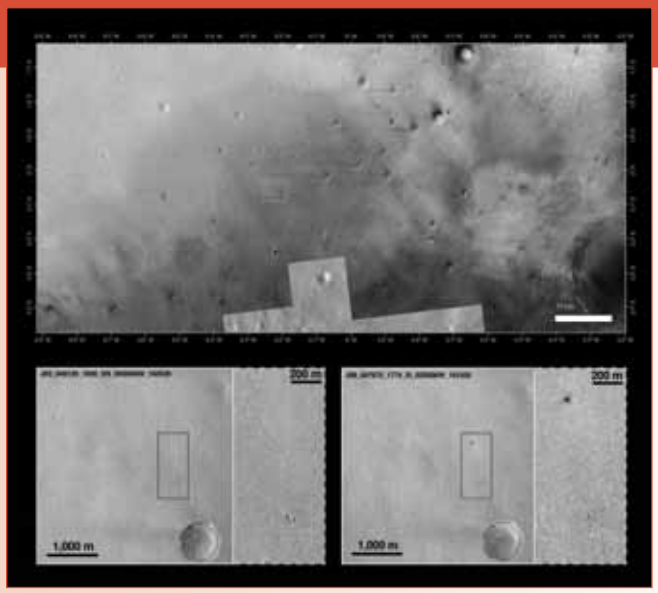
Draagraket: Soyuz-FG • Lanceerplaats: Baykonur

- **Soyuz MS-2** • COSPAR: 2016-063A
  Russisch bemand ruimteschip met aan boord de Russen Sergei Ryzhikov en Andrei Borisenko en de Amerikaan Shane Kimbrough. Net als de Soyuz MS-1 zal de MS-2 een aantal testen van de vernieuwde systemen aan boord van de Soyuz uitvoeren. Daarom wordt het conventionele 2-daagse rendez-vousprofiel gebruikt in plaats van het 6-uur durende profiel dat de afgelopen jaren gebruikelijk is geworden.



Overzicht van de laatste reeks opnamen die Rosetta heeft gemaakt tijdens haar afdaling naar de kern van komeet 67P/Chruyumov-Gerasimenko. [ESA]

Op 5 oktober maakt de suborbitale New Shephard raket haar vijfde testvlucht met een succesvolle demonstratie van het gebruik van de ontsnappingsraket. Terwijl de capsule veilig landt, overleeft de raket zelf de scheiding en vliegt door naar een maximale hoogte van 100 km om vervolgens zelf ook behouden te landen. [Webcast Blue Origin]



Het gebied waar de Europese Marslander Schiaparelli is terecht gekomen, gefotografeerd door de Mars Reconnaissance Orbiter. [NASA/JPL-Caltech/University of Arizona]

19 oktober 2016

Om 14:42 uur treedt de Schiaparelli lander de dampkring van Mars binnen. De sonde doorstaat de re-entry met succes en ontplooit haar parachute. Helaas wordt de parachute 15 seconden te vroeg losgekoppeld waarna de raketmotoren slechts enkele seconden werken in plaats van de geplande halve minuut. Schiaparelli valt vervolgens vanaf een hoogte van enkele kilometers in een vrije val naar het oppervlak en slaat te pletter.

De Trace Gas Orbiter wordt met succes in de geplande omloopbaan om Mars gebracht. Hiertoe wordt om 13:04 uur de hoofdmotor gedurende 135 minuten ontstoken. De initiële omloopbaan is sterk elliptisch en ligt tussen 346 km en 95.228 km boven het oppervlak. De hoek met de Martiaanse evenaar bedraagt 9,7 graden en eens in de 4 dagen wordt deze baan doorlopen. Vanaf begin 2017 zal d.m.v. luchtremmen door de bovenste lagen van de atmosfeer de baan geleidelijk verlaagd worden.

21 oktober 2016

De Soyuz MS-2 koppelt aan de Poisk module van het ISS.

22 oktober 2016

Vanuit het Chinese ruimtelaboratorium Tiangong-2 wordt een kleine subsatelliet, **TG-2 Bansui Weixing**, uitgezet. Het kunstmaantje was al voor de lancering van Tiangong-2 op de buitenzijde van het ruimtelaboratorium geïnstalleerd.

23 oktober 2016

De Cygnus OA-5 arriveert bij het ISS, wordt door de robotarm Canadarm-2 uit haar baan gehaald en aan de nadirpoort van de Unity module gekoppeld.

30 oktober 2016

De Soyuz MS-1, met aan boord de Expeditie-49 bemanning bestaande uit Ivanshin, Onishi en Rubins, ontkoppelt van de Rassvett module. Enkele uren later landt de Soyuz behouden op de steppen van Kazachstan. Aan boord van het ISS beginnen Ryzhikov, Borisenko en Kimbrough aan Expeditie-50.

2 november 2016 | 06:20 uur

Draagraket: H-2A • Lanceerplaats: Tanegashima

- **Himawari-9** • COSPAR: 2016-064A
  Japanse civiele geostationaire meteorologische kunstmaan. De 3500 kg zware satelliet is gebouwd door Mitsubishi Electric en is eigendom van de Japan Meteorological Agency.

3 november 2016 | 12:43 uur

Draagraket: Chang Zheng-5 • Lanceerplaats: Wenchang

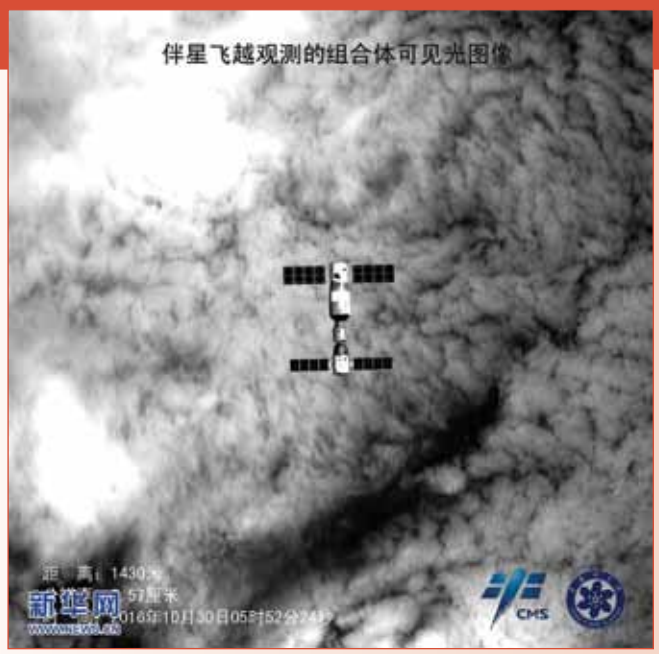
Eerste lancering van China's nieuwe zware draagraket. De Chang Zheng-5 gebruikt milieuvriendelijkere stuwstoffen zoals waterstof en kerosine en kan tot 25 ton in een lage baan om de Aarde plaatsen. De raket is een sleutelelement in de plannen voor een groter ruimtestation in de Mir-klasse.

- **Shi Jian-17** • COSPAR: 2016-065A
  Chinese experimentele communicatiesatelliet. De kunstmaan wordt door de herstartbare cryogene tweede trap van de Chang Zheng-5 raket direct in een geostationaire baan geplaatst, en zou alleen beschikken over een experimentele ionenmotoren om haar geostationaire positie periodiek te kunnen corrigeren.

9 november 2016 | 23:42 uur

Draagraket: Chang Zheng-11 • Lanceerplaats: Jiuquan

- **Maichong Xing SW** • COSPAR: 2016-066A
  Chinese satelliet met een massa van 240 kg. De kunstmaan zal een navigatiemethode gebaseerd op waarnemingen in het röntgenspectrum testen om positie te bepalen relatief t.o.v. een aantal bekende microseconde-pulsars; compacte neutronensterren die snel, tot duizenden malen per seconde, om hun as draaien en via de polen straling uitzenden met een vaste frequentie. Het is deze frequentie die een nauwkeurige tijdsbasis geeft, vergelijkbaar met die van bijvoorbeeld een atoomklok.



Vanuit de kleine subsatelliet Bansui Weixing wordt deze opname gemaakt van het ruimtelaboratorium Tiangong-2 (boven) en de aangekoppelde Shenzhou-11 (onder). [Xinhua/CAST]

- **Xiaoxiang-1** • COSPAR: 2016-066
  CubeSat van het Tianyi Research Institute in Changsha met een precisie koud-gas-standregelingssysteem.
- **Lishui-1** • COSPAR: 2016-066
  Aardobservatie CubeSat van Zhejiang LiYi Electronic Technology en eerste exemplaar van wat een commercieel satellietnetwerk moet worden.

11 november 2016 | 18:30 uur

Draagraket: Atlas-5 • Lanceerplaats: Vandenberg

- **WorldView-4** • COSPAR: 2016-067A
  Commerciële aardobservatiesatelliet voor het Amerikaanse DigitalGlobe met een massa van 2465 kg. De kunstmaan heeft een grondoplossend vermogen van 0,25 meter, en wordt in een zonsynchrone baan gebracht (607 km x 611 km x 98,0°).
- **Prometheus-2.1 & -2.2** • COSPAR: 2016-067
  CubeSats van het Amerikaanse Ministerie van Defensie.
- **AeroCube-8C & -8D** • COSPAR: 2016-067
  CubeSats van het Amerikaanse Aerospace Corporation.
- **CELTEE-1U & Opticube** • COSPAR: 2016-067
  Gezamenlijk CubeSat project van de Air Force Research Lab en CalPoly voor het volgen van satellieten.
- **RAVAN** • COSPAR: 2016-067
  CubeSat van Applied Physics Laboratory met een radiometer om de warmtestraling van de Aarde te karakteriseren.

11 november 2016 | 23:14 uur

Draagraket: Chang Zheng-2D • Lanceerplaats: Jiuquan

- **Yunhai-1 01** • COSPAR: 2016-068A
  Eerste exemplaar van een nieuwe generatie Chinese meteorologische satellieten. In een zonsynchrone baan (760 km x 787 km x 98,5°).

17 november 2016 | 13:06 uur

Draagraket: Ariane-5ES • Lanceerplaats: Kourou

- **Galileo-15, 16, 17 & 18** • COSPAR: 2016-069A, B, C & D

Eerste lancering van de nieuwe Chinese zware draagraket Chang Zheng-5 die ladingen tot 25 ton in een baan om de Aarde kan brengen. [Xinhua]

Europese civiele navigatiesatellieten. De kunstmanen worden in een cirkelvormige operationele baan op een hoogte van 23.616 km met een inclinatie van 56° gebracht.

Airbus Defence & Space heeft de zonnepanelen, en Bradford Engineering heeft drukopnemers en twee verschillende typen zonnesensoren voor de Galileo-satellieten geleverd.

17 november 2016 | 20:20 uur

Draagraket: Soyuz-FG • Lanceerplaats: Baykonur

- **Soyuz MS-3** • COSPAR: 2016-070A
  Russische bemand ruimteschip met aan boord de Rus Oleg Novitsky, de Fransman Thomas Pesquet en de Amerikaanse Peggy Whitson.

18 november 2016

Na precies een maand in het ruimtelaboratorium Taingong-2 te hebben doorgebracht, ontkoppelen taikonauten Jing en Chen hun Shenzhou-11 en maken enkele uren een succesvolle parachutelanding op de grasvlakten van Binnen-Mongolië in Noord-China.

19 november 2016

De Soyuz MS-3 koppelt aan de Rassvett module van het ISS.

19 november 2016 | 23:42 uur

Draagraket: Atlas-5 • Lanceerplaats: Canaveral

- **GOES-16** • COSPAR: 2016-071A
  Amerikaanse geostationaire weersatelliet voor de Amerikaanse meteorologische organisatie NOAA. De 5192 kg zware kunstmaan is gebouwd door Lockheed Martin.

21 november 2016

Het vrachtschip Cygnus AO-5 wordt losgemaakt van het ISS en in haar eigen baan uitgezet. Het toestel verhoogt haar baan met ongeveer 100 km tot 500 km en zet vier dagen later een viertal CubeSats uit (**Lemur-2 #14 t/m 17**).

22 november 2016 | 15:24 uur

Draagraket: Chang Zheng-3C • Lanceerplaats: Xichang

- **Tianlian-1D** • COSPAR: 2016-072A
  Chinese geostationaire civiele communicatiesatelliet, bedoeld voor het verzorgen van verbindingen tussen kunstmanen, ruimteschepen en grondstations.

Lichtvervuiling is goed zichtbaar op deze nachtfoto van Nederland en België, gemaakt vanuit het ISS. [NASA]

27 november 2016

Na een zelfstandige vlucht van zes dagen verlaat de Cygnus AO-5 haar baan om te verbranden in de atmosfeer boven de Grote Oceaan.

1 december 2016 | 14:51 uur

Draagraket: Soyuz-U • Lanceerplaats: Baykonur

De lancering mislukt als twee minuten voor het bereiken van de omloopbaan de Progress te vroeg loskomt van de derde trap. De motor van de derde trap werkte hoogstwaarschijnlijk op dat moment nog. Zowel de derde trap als de Progress storten neer in Siberië.

- **Progress MS-4** • COSPAR: Geen, mislukt
  Russisch onbemand vrachtschip met voorraden voor het ISS. Het toestel gaat verloren als de lancering mislukt.

5 december 2016 | 13:51 uur

Draagraket: Vega • Lanceerplaats: Kourou

- **GökTürk-1A** • COSPAR: 2016-073A
  Turkse militaire aardobservatiesatelliet, gebouwd door Thales Alenia in Cannes. In een zonsynchrone baan (679 km x 691 km x 98,1°).

Bradford Engineering heeft een drukopnemer voor Göktürk-1A geleverd.

7 december 2016 | 04:54 uur

Draagraket: PSLV • Lanceerplaats: Satish Dhawan

- **Resourcesat-2A** • COSPAR: 2016-074A
  Indiase civiele aardobservatiesatelliet, met een grondoplossend vermogen van 6 meter. In een zonsynchrone baan (814 km x 831 km x 98,7°).

Het tweede exemplaar van het suborbitale ruimtevliegtuig SpaceShipTwo,

7 december 2016 | 23:52 uur

Draagraket: Delta-4 • Lanceerplaats: Canaveral

- **USA-272** • COSPAR: 2016-075A
  Amerikaanse militaire geostationaire communicatiesatelliet, ook bekend onder de naam Wideband Global Satcom (WGS-8).

8 december 2016

De eerste Amerikaan in een baan om de Aarde, John Glenn, komt op 95-jarige leeftijd te overlijden. Zijn eerste vlucht, drie omlopen in nog geen vijf uur, vond plaats op 20 februari 1962 in de Mercury capsule Friendship-7. In oktober 1998 keerde Glenn terug naar de ruimte aan boord van de Space Shuttle Discovery, en werd hij met 77 jaar de oudste astronaut tot nu toe.

9 december 2016 | 13:26 uur

Draagraket: H-2A • Lanceerplaats: Tanegashima

- **HTV-6** • COSPAR: 2016-076A
  Japans onbemand vrachtschip met voorraden voor het ISS.

De HTV-6 heeft een upgrade aan boord voor de in 2002 op het ISS geïnstalleerde Microgravity Science Glovebox (gebouwd door Bradford Engineering): een nieuw verwijderbaar hoofdvenster.

10 december 2016 | 16:11 uur

Draagraket: Chang Zheng-3B • Lanceerplaats: Xichang

- **Fengyun-4A** • COSPAR: 2016-077A
  Chinese civiele geostationaire meteorologische satelliet.

Bradford Engineering heeft een zestal drukopnemers voor Fengyun-4A geleverd.

12 december 2016

De HTV-6 arriveert bij het ISS en wordt door de robotarm van het station uit haar baan geplukt. Het toestel wordt vervolgens aan de nadir poort van de Harmony module gekoppeld.

VSS Unity, maakte op 3 december haar eerste vrije glijvlucht. [Virgin Galactic]

15 december 2016 | 13:37 uur

Draagraket: Pegasus-XL • Lanceerplaats: Canaveral

- **CYGNSS-A, B, C, D, E, F, G & H** • COSPAR: 2016-078D, C, H, B, A, F, G & E.
  Amerikaanse wetenschappelijke satellieten voor het bestuderen van de interactie tussen het zeeoppervlak en de atmosfeer nabij kernen van zware stormen en cyclonen. De formatie van acht kunstmanen (elk met een massa van 18 kg) doen dit door de verstrooiing van gereflecteerde GPS signalen op het wateroppervlak te meten met behulp van een instrument ontwikkeld door Surrey Satellite Technology. CYGNSS staat voor Cyclone Global Navigation Satellite System.

18 december 2016 | 19:13 uur

Draagraket: Atlas-5 • Lanceerplaats: Canaveral

- **Echostar-19** • COSPAR: 2016-079A
  Amerikaanse commerciële geostationaire communicatiesatelliet (6637 kg), gebouwd door SS/Loral.

20 december 2016 | 11:00 uur

Draagraket: Epsilon • Lanceerplaats: Uchinoura

Dit is de tweede lancering van deze vaste-stuwstofraket. De eerste vond plaats op 14 september 2013.

- **Arase** • COSPAR: 2016-080A
  Japanse wetenschappelijke satelliet voor onderzoek aan de magnetosfeer van de Aarde. De 350 kg zware kunstmaan wordt in een sterk elliptische baan gebracht (228 km x 32259 km x 31,4°).

21 december 2016 | 15:22 uur

Draagraket: Chang Zheng-2D • Lanceerplaats: Jiquan

- **TanSat** • COSPAR: 2016-081A
  Chinese wetenschappelijke satelliet (500 kg) voor onderzoek aan de verdeling van kooldioxide in de atmosfeer. De ook onder de naam CarbonSat bekend staande kunstmaan is gebouwd door SIMIT (Shanghai Institute of Microsystems and Information Technology). In een zonsynchrone baan (700 km x 700 km x 98,2°).

ISS astronaut Shane Kimbrough plaatst een ammoniadetector in de wetenschappelijke luchtsluis van het Japanse Kibo laboratorium. [NASA]

Het gemodificeerde L-1011 vliegtuig met aan de onderzijde de Pegasus raket, kort voor het afwerpen en ontsteken van de eerste trap. [NASA]

21 december 2016 | 20:30 uur

Draagraket: Ariane-5ECA • Lanceerplaats: Kourou

- **Star One-D1** • COSPAR: 2016-082A
  Braziliaanse commerciële geostationaire communicatiesatelliet, gebouwd door SS/Loral met een massa van 6340 kg.
- **JCSat-15** • COSPAR: 2016-082B
  Japanse commerciële geostationaire communicatiesatelliet, gebouwd door SS/Loral in opdracht van SKY Perfect met een massa van 3400 kg.

28 december 2016 | 03:23 uur

Draagraket: Chang Zheng-2D • Lanceerplaats: Taiyuan

Hoewel China de lancering als succesvol bestempeld, lijken de kunstmanen in een lagere baan (214 km x 518 km x 97,6°) dan de geplande cirkelvormige baan op 530 km hoogte te zijn geplaatst.

- **Gaojing-1 & -2** • COSPAR: 2016-083A & -B
  Chinese commerciële aardobservatiesatellieten. Elke kunstmaan heeft een massa van 560 kg en heeft een camera aan boord met een grondoplossend vermogen van 0,5 meter. Enkele dagen na de lancering concluderen waarnemers dat beide kunstmanen met behulp van hun eigen motoren de baan aan het verhogen zijn om de gewenste hoogte te bereiken.
- **BJ70-1** • COSPAR: 2016-083C
  Chinese CubeSat met een communicatie-experiment van het China Center for Aerospace Science and Technology (CAST) in Beijing.

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-gerelateerde 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.

www.ruimtevaart-nvr.nl

NVR

NETHERLANDS SPACE SOCIETY