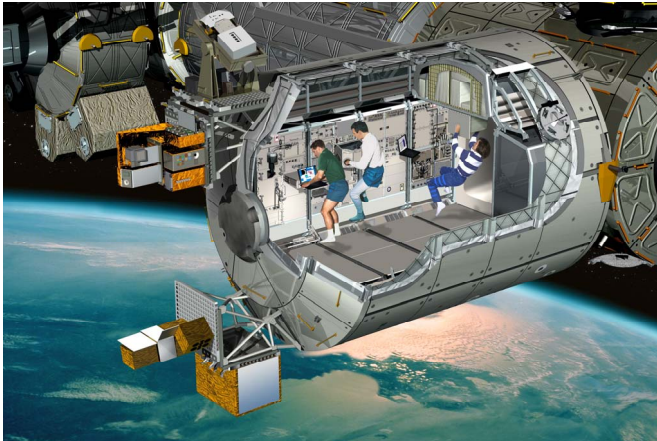




Managementsamenvatting

ISS Columbus Utilisatie in Nederland



Probleemstelling

Met de lancering van de Europese Columbus Module is begonnen met de uitvoering van een Europees concept voor utilisatie van onderzoeksfaciliteiten aan boord van het International Ruimtestation ISS. De ontwikkeling van dit concept is ongeveer 20 jaar geleden begonnen. Onderzocht wordt hoe de ontwikkeling van het concept invloed heeft gehad op het uiteindelijk resultaat.

Beschrijving van de werkzaamheden

In een historisch overzicht wordt de ontwikkeling van het utilisatie concept toegelicht. Beschreven wordt welke aanpassingen zijn

aangebracht en welke rol Nederland heeft gespeeld in de ontwikkeling en uitvoering van het utilisatie concept.

Resultaten en conclusies

Het artikel geeft een overzicht van de historie. In een separaat artikel wordt het resultaat met de uitvoering van “real-time” operaties getoetst op de oorspronkelijke doelstelling.

Toepasbaarheid

Het utilisatie concept wordt toegepast in de Erasmus USOC, bij ESTEC, Noordwijk

Rapportnummer

NLR-TP-2008-788

Auteur(s)

Z. Pronk

Rubricering rapport

ONGERUBRICEERD

Datum

december 2008

Kennisgebied(en)

Space

Trefwoord(en)

ISS
Columbus
Utilisatie

Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium, National Aerospace Laboratory NLR

Anthony Fokkerweg 2, 1059 CM Amsterdam,
P.O. Box 90502, 1006 BM Amsterdam, The Netherlands

Telephone +31 20 511 31 13, Fax +31 20 511 32 10, Web site: www.nlr.nl



NLR-TP-2008-788

ISS Columbus Utilisatie in Nederland



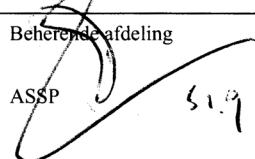
Z. Pronk

Dit rapport is gebaseerd op een artikel in Ruimtevaart, november 2008, nr 2.

Uit dit rapport mag worden geciteerd onder de voorwaarde dat volledige bronvermelding plaatsvindt.

Opdrachtgever Europese ruimtevaart-organisatie ESA
Contractnummer ESA contract 13980/99/NL/PG
Eigenaar Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium
NLR Divisie Aerospace Systems & Applications
Verspreiding Onbeperkt
Rubricering titel Ongerubriceerd
 december 2008

Goedgekeurd door:

Auteur ZP 	Reviewer FW 	Beherende afdeling ASSP  5.1.9
--	---	--

Samenvatting

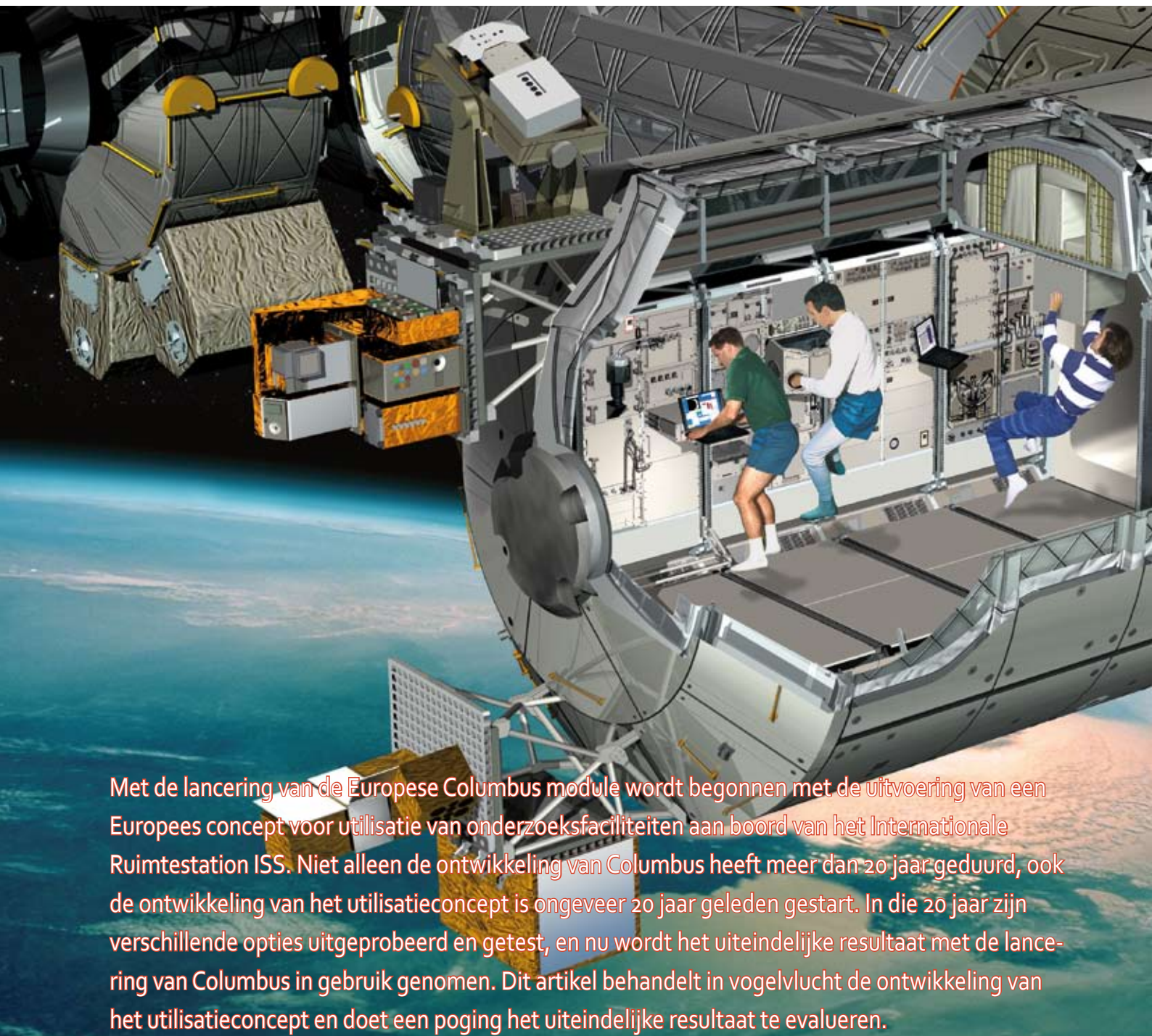
Met de lancering van de Europese Columbus module in februari 2008 is begonnen met de uitvoering van een Europees concept voor utilisatie van onderzoeksfaciliteiten aan boord van het Internationale Ruimtestation ISS. Niet alleen de ontwikkeling van Columbus heeft meer dan 20 jaar geduurd, ook de ontwikkeling van het utilisatieconcept werd ongeveer 20 jaar geleden gestart. In die 20 jaar zijn verschillende opties uitgetest, en nu is het uiteindelijke resultaat met de lancering van Columbus in gebruik genomen. Dit artikel behandelt in vogelvlucht de ontwikkeling van het utilisatieconcept en doet een poging het uiteindelijke resultaat te evalueren.

Afkortingen

APM	Attached Pressurised Module
CGS	Columbus Ground System
COL-CC	Columbus Control Centre
CSA	Canadian Space Agency
DAMS	DUC in Columbus APM Mission Simulation
DESC	Dutch Experiment Support Centre
DUC	Dutch Utilisation Centre
DUSO	Dutch User Support Organisation
EDR	European Drawer rack
EPM	European Physiology Module
ESC	Experiment Support Centre
EuTEF	European Technology Exposure facility
FRC	Facility Responsible Centre
FSC	Facility Support Centre
FSL	Fluid Science Laboratory
IML	International Microgravity Laboratory
MSL	Material Science laboratory
ISS	International Space Station
POC	Payload Operations Centre
RSA	Russian Space Agency
UPOWG	Utilisation and Payload Operations Working Group
UHB	User Home Base
USO	User Support Organisation
USOC	User Support & Operations Centre

ISS Columbus Utilisatie in Nederland

Zeholy Pronk, NLR



Met de lancering van de Europese Columbus module wordt begonnen met de uitvoering van een Europees concept voor utilisatie van onderzoeksfaciliteiten aan boord van het Internationale Ruimtestation ISS. Niet alleen de ontwikkeling van Columbus heeft meer dan 20 jaar geduurd, ook de ontwikkeling van het utilisatieconcept is ongeveer 20 jaar geleden gestart. In die 20 jaar zijn verschillende opties uitgetest en getest, en nu wordt het uiteindelijke resultaat met de lancering van Columbus in gebruik genomen. Dit artikel behandelt in vogelvlucht de ontwikkeling van het utilisatieconcept en doet een poging het uiteindelijke resultaat te evalueren.

Met de plannen voor de Europese bijdrage aan het internationale ruimtestation werd in de jaren '80 ineens een groot potentieel aan onderzoeksfaciliteiten voorzien, zowel in de Columbus APM (Attached Pressurized Module) aan boord van het toen geplande ruimtestation, als ook in de Free-Flyer en op het EURECA platform. De drie platformen zouden verschillende niveaus van micro-zwaartekracht geven voor verschillende typen van micro-g onderzoek. Tot dan toe was utilisatie – samengevat met gebruikersondersteuning – in Europa op een 'case-by-case' basis uitgevoerd, onder andere bij de Spacelab missies. Het verwachte grote potentieel aan faciliteiten vroeg echter om een meer gestructureerde opzet en organisatie. Daarom werd eind jaren '80 door ESA een Europese werkgroep opgezet om te onderzoeken hoe deze gebruikersondersteuning georganiseerd zou moeten worden. Het werk van deze Europese werkgroep is de basis geweest voor de realisatie van het uiteindelijke gedecentraliseerde Columbus Ground Segment (CGS) dat met de lancering van Columbus operationeel is geworden.

De ontwikkeling van het utilisatieconcept wordt hieronder historisch toegelicht. Voor de goede orde is het belangrijk de begrippen utilisatie en gebruikersondersteuning toe te lichten. Utilisatie omvat globaal het voor het grondsegment beschikbaar maken van onderzoeksgegevens uit het ruimtesegment (via faciliteiten aan boord, communicatie met astronauten, datacommunicatie en datadistributie), terwijl gebruikersondersteuning veel meer gericht is op het ondersteunen van de onderzoeker op de grond.

In Nederland is gebruikersondersteuning al vanaf het begin voornamelijk uitgevoerd door SRON als het om de wetenschappelijke, financiële en administratieve ondersteuning gaat. De technische ondersteuning (faciliteiten aan boord) werd veelal

(en nog steeds) via het NIVR geleverd, omdat daarbij de Nederlandse industrie een belangrijke rol speelt.

Historisch overzicht

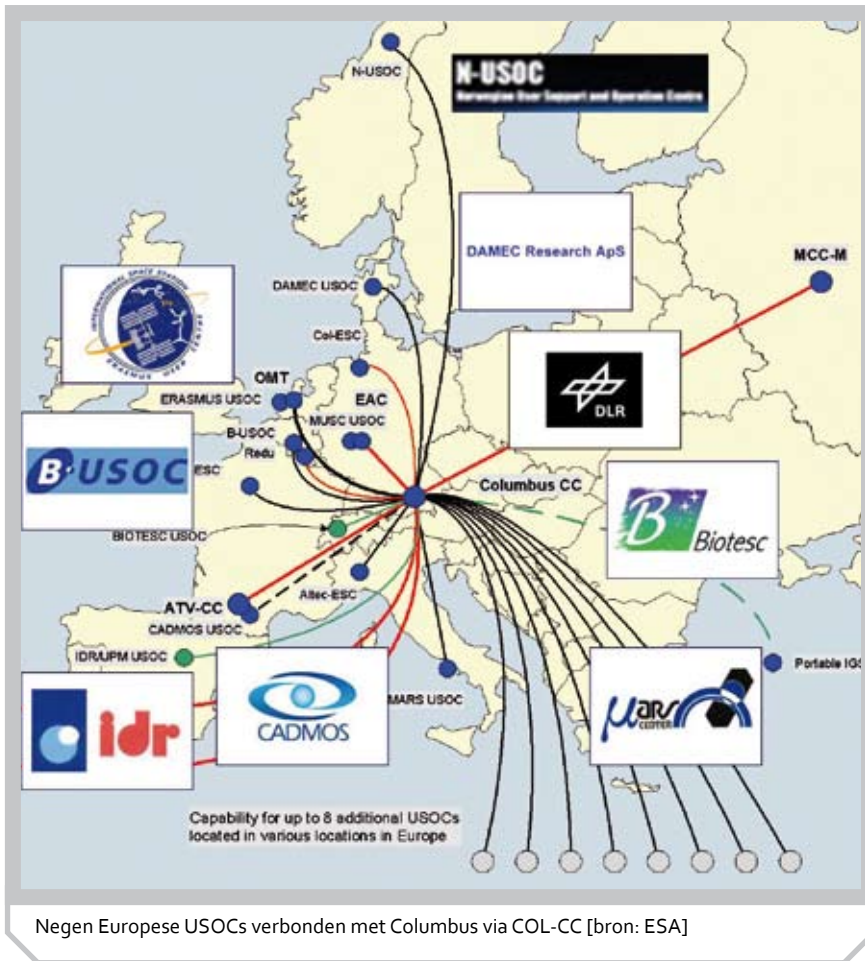
Al sinds 1978 zijn Nederlandse micro-g experimenten uitgevoerd en ondersteund door SRON, NIVR en ESA. In de laatste decennia zijn door tientallen instituten meer dan honderd verschillende micro-g experimenten uitgevoerd op het gebied van biologie, fysica, materialen, fysiologie, en biochemie. Hiervoor werd gebruik gemaakt van diverse vluchtsystemen, waaronder sondeerraketten, Spacelab missies (waaronder D1, D2 en IML-2), het ISS (met onder andere de Delta missie) en satellieten zoals EURECA, FOTON, Sloshtat). Daarnaast werd grondonderzoek gedaan, waarbij tegenwoordig ook steeds meer gebruik gemaakt wordt van de huidige uitbreidingen van grondfaciliteiten en testsystemen, zoals centrifuges en Random Positioning Machines (o.a. ontwikkeld door Dutch Space).

Zoals hierboven vermeld, moest voor de nieuwe mogelijkheden van het internationale ruimtestation een User Support Organisation (USO) opgebouwd worden. In de periode 1989 – 1992 werd door een werkgroep die regelmatig bijeenkwam bij DLR in Keulen, een definitiestudie uitgevoerd. De werkgroep bestond uit afgevaardigden uit Duitsland, Frankrijk, Italië, Zweden, Denemarken, Noorwegen, België, Spanje, en Nederland. Nederland was hier zeer nauw bij betrokken, omdat door het NIVR (met name door Daan de Hoop) dit voorbereidende werk van groot belang werd geacht voor de Nederlandse onderzoeksgemeenschap. Nederland werd namens het NIVR vertegenwoordigd door het NLR.

Deze Europese studie leverde in 1992 een concept op, dat was gebaseerd op een gedecentraliseerde organisatie van nationale gebruikersondersteuning. Dat wilde zeg-



Een blik op de binnenkant van Columbus tijdens de voorbereiding voor de vlucht. Van rechts naar links: European Drawer Rack, European Physiology Module, Biolab and Fluid Science Lab. De rekken zullen na de lancering nog van plek verwisselen. [bron: ESA - S. Corvaja]



gen dat ieder participierend land zelf een centrum voor gebruikersondersteuning zou moeten opzetten, gecoördineerd door ESA. Het Columbus Control Centrum (COL-CC), ondergebracht in het German Space Operations Centrum in Oberpfaffenhofen, werd toen al als centrum van alle operaties aangewezen. De verschillende nationale centra zouden USOC's worden genoemd, kort voor User Support & Operations Centres. In het concept wordt onderscheid gemaakt tussen vijf ondersteuningsfuncties voor de nationale USOC's: promotie van micro-g onderzoek, administratieve ondersteuning, wetenschappelijke ondersteuning, technische ondersteuning, en operationele ondersteuning.

Door ESA zelf werd onderzoek opgezet dat op het vluchtsegment gericht was, met de astronaut als middelpunt omdat diens rol bij het uitvoeren van de experimenten aan boord van het ruimtestation groot werd geacht. Heel bekend is het

langlopende onderzoek naar het Crew Work Station, waaraan verschillende Nederlandse bedrijven bijdragen hebben geleverd. André Kuipers startte destijds met zijn astronautenopleiding in het Crew Work Station Testbed, waarin regelmatig missie-simulaties werden georganiseerd om concepten uit te testen.

In het concept werden de begrippen Class 1 en Class 2 Payloads ingevoerd. Deze klassen van faciliteiten zijn belangrijk voor het vereiste niveau van ondersteuning vanuit een nationale User Support Organisatie (USO). Class 1 payloads hebben een directe interactie met de (Columbus) module (bijvoorbeeld de payload rekken), terwijl Class 2 Payloads een indirecte interactie hebben via een Class 1 Payload (bijvoorbeeld experiment modules).

User Support in Nederland

Het USO concept werd voor het eerst openbaar gemaakt tijdens de COSPAR bijeenkomst van 1990

in Den Haag. De Nederlandse industrie en instituten hebben toen gezamenlijk een stand opgezet waarin de diverse mogelijkheden van gebruikersondersteuning in Nederland werden tentoongesteld. Op deze manier profileerde Nederland zich duidelijk als aanhanger van het USO concept. Vanaf dat moment werd de noodzaak ingezien om vanuit een nationale organisatie of platform het onderzoek op te zetten voor gebruikersondersteuning. In die periode is ook het Dutch Utilisation Centre ontstaan als een van de Europese nationale centra voor gebruikersonderzoek. Dit centrum had nog geen locatie maar werd wel als officiële vertegenwoordiger van Nederland beschouwd. Namens het NIVR bleef het NLR deze rol spelen.

Op nationaal niveau werd door het NIVR in de periode 1991-1993 een DUC pilot project opgezet, waarin een samenhangend pakket van technische hulpmiddelen werd ontwikkeld. Hierbij werd gebruik gemaakt van de specifieke expertise van het DUC consortium, dat toen bestond uit BSO, Comprimo, ICT, NLR en BSO/CAT. Een aantal van de deelprojecten waren gebaseerd op eerdere studies gedaan in het kader van het ESA project voor het Crew Work Station Testbed. Het DUC pilot project kreeg een vervolg in het DAMS project (DUC in Columbus APM Mission Simulation) dat uitgevoerd werd voor ESA en aansloot bij het onderzoek naar hulpmiddelen voor astronauten aan boord van Columbus.

In het DAMS project werden twee potentiële vluchtexperimenten – één van het Hubrecht laboratorium met paddeneieren en één van de Universiteit Maastricht met Vitamine K – gecombineerd met een concept voor operationele gebruikersondersteuning. Hierbij werd de interactie tussen de crew en de Principal Investigator geoptimaliseerd, gebruikmakende van hulpmiddelen als simulatoren, een Columbus rek met breadboard payloads (waaronder een High Performance Capillary Electrophoresis faciliteit), een inspectie camera, en



Dutch Investigator Support Team in Erasmus USOC [bron: NLR, Z. Pronk]

een Glovebox model van Bradford Engineering. Het toen gemaakte rek is nog steeds te vinden in de Columbus module in de "high bay area" van het Erasmus gebouw bij ESTEC.

Een werkelijke implementatie van het USO concept werd gerealiseerd tijdens de IML-2 missie in 1994. Volgens de gedecentraliseerde opzet van experimentondersteuning werden vanuit verschillende centra in Europa de Europese experimenten aan boord van de Spacelab missie IML-2 (International Microgravity Laboratory) ondersteund. Een experiment in de Critical Point Facility (CPF) van het Van der Waals laboratorium werd vanuit DUC (te NLR Amsterdam) operationeel ondersteund, waarbij DUC via ESOC gekoppeld was aan het Payload Operations Centre (POC) bij het Marshall Space Flight Center in Huntsville.

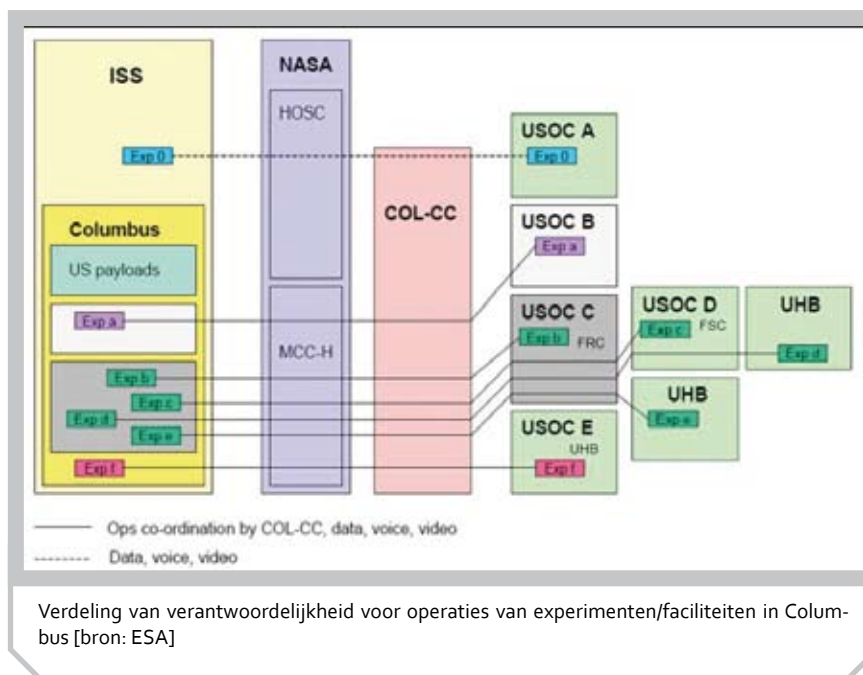
Overgangstijd

Door de duidelijke scheiding van administratief-wetenschappelijke ondersteuning (via SRON door het ministerie van OC&W) en van technisch-operationele ondersteuning (via NIVR vanuit Economische Zaken), werd in de begintijd gezocht naar een mogelijkheid deze ondersteuning samen te brengen in de "Dutch USO" (DUSO). Gesprekken hierover werden in 1992 gestart maar leidden niet tot resultaat, onder andere door het nog prille USOC concept, het uitstel van de realisatie van het ruimtestation (periode 1993) en de daardoor te verwachten beperkte mogelijkheden voor experimenten, en door de wat onevenwichtige budgetten voor de bovengenoemde typen van ondersteuning.

Ook een rapport over de verwachtingen voor micro-g onderzoek, opgezet in opdracht van SRON,

bracht in 1995 geen goed nieuws voor het DUC consortium en het onderzoek naar technische hulpmiddelen voor micro-g onderzoek werd zoals voorheen op een gedifferentieerde schaal voortgezet. De projecten werden zoals eerder weer per faciliteit georganiseerd, zoals Gloveboxen (Bradford Engineering), Experimentfaciliteiten (Dutch Space, CCM), Advanced Crew Terminal (Atos Origin, NLR), etc.

In die tijd werd door Jack van Loon vanuit de Vrije Universiteit te Amsterdam wel een nieuw centrum voor gebruikersondersteuning in Nederland opgezet: het Dutch Experiment Support Center (DESC). Dit centrum richt zich sterk op de wetenschappelijke ondersteuning van experimenten, maar begeleidt experimenten ook technisch en operationeel, afhankelijk van de omstandigheden.



Utilisatie van ISS/Columbus

Ten gevolge van een Memorandum of Understanding tussen NASA, ESA, RSA, NASDA en CSA voor de multilaterale ontwikkeling van het International Space Station, werd in 1994 de Nederlandse bijdrage aan het ruimtestation aangepast (denk aan de Europese Robot Arm, de Micro-g Science Glovebox en de Advanced Crew Terminal). Wat later, in 1998, bleken de mogelijkheden voor grootschalig onderzoek op het ISS weer binnen bereik te liggen. In dat jaar werd de Europese Utilisation & Payload Operations Working Group (UPOWG) ingesteld door ESA. De UPOWG had de taak om het operationele grondsegment voor Columbus te definiëren en te ontwerpen op basis van bestaande concepten. De lancering van de eerste modules van het ISS in 1998, betekende een belangrijke ondersteuning om door te gaan met de invoering van het utilisatieconcept.

Erasmus USOC

Omdat de Nederlandse DUC organisatie niet stil was blijven zitten en ook de Belgische USOC grote plannen had, zag men samen met ESTEC de mogelijkheid om in Noordwijk een USOC op te bouwen ondersteund vanuit Nederland en België. Op deze manier zou in ver-

gelijking met Duitsland, Frankrijk en Italië, een grote USOC gebouwd kunnen worden voor ondersteuning van een grote faciliteit. De Nederlands-Belgische USOC zou in het Erasmus User centrum bij ESTEC komen en werd de Erasmus USOC genoemd.

Europa had plannen om vijf grote rekken in Columbus te plaatsen: het Fluid Science Lab (FSL), het Biolab, de European Physiology Module (EPM), het Material Science Lab (MSL) en de European Drawer Rack (EDR). Hiervan kwam de EDR het meest in aanmerking om door de Erasmus USOC ondersteund te worden. Rond 2000 werd de verantwoordelijkheid voor ondersteuning van EDR operaties ook daadwerkelijk toegekend aan de Erasmus USOC en later in 2004 kreeg de Erasmus USOC ook de verantwoordelijkheid voor de ondersteuning van de operaties met de externe European Technology Exposure Facility (EuTEF). De specifieke taken met betrekking tot het opereren van deze faciliteiten worden in een ander artikel in dit blad uitgelegd.

De infrastructuur van de Erasmus USOC werd gerealiseerd vlak voor de lancering van de DELTA missie in april 2004. De DELTA missie werd, net als de andere Europese missies met de Soyuz taxi-vluchten

ondersteund vanuit een gedeeltelijk geïmplementeerd USOC concept. De Col-CC functie was nog niet ingevuld en daardoor was het Operations Control Centrum (OCC) nog niet operationeel in Oberpfaffenhofen, maar in het Erasmus User Center. Tijdens de DELTA missie werden zo'n vijftien, voornamelijk Nederlandse experimenten door André Kuipers uitgevoerd en vanuit de Erasmus USOC operationeel ondersteund door twee Dutch Investigator Support Teams (DIST) voor levenswetenschappelijke en fysische experimenten.

DUC Stuurgroep

Ook organisatorisch veranderde er in 1998 het een en ander in Nederland. De wens om de verschillende typen van gebruikersonderzoek samen te brengen, kreeg gevolg in de vorm van de DUC Stuurgroep. Onder deze noemer komen diverse instituten en bedrijven regelmatig samen om hun ervaringen met betrekking tot gebruikersondersteuning te delen. Op dit moment komen nog steeds SRON, NIVR, DESC, Dutch Space en NLR ongeveer twee à drie maal per jaar bijeen.

Met de opzet van een roadmap voor Micro-g onderzoek in 2005 is ook het Micro-g Platform opgezet. De bedoeling is eens per jaar met

De Europese USOC's

De verdeling van de verantwoordelijkheden over de Europese USOC's met het type onderzoek en de faciliteit die ze ondersteunen:

- Duitsland, MUSC (DLR, Keulen): biologie met Biolab (samen met BIOTESC), en materiaalonderzoek
- Frankrijk, CADMOS (Toulouse): fysiologie met EPM (samen met DAMEC), en materiaalonderzoek
- Italië, MARS (Napels): vloeistof fysica met FSL (samen met E-USOC)
- Nederland/België, Erasmus USOC (Noordwijk): algemeen/technisch met EDR en EuTEF (samen met B.USOC en MUSC)
- België, B.USOC (Brussel): specifiek onderzoek met SOLAR (onderzoek naar de zon), en de PCDF (Protein Diagnostic Crystallisation Facility) in EDR.
- Zwitserland, BIOTESC (Zurich): biologie
- Denemarken, DAMEC (Kopenhagen): fysiologie
- Noorwegen: NUSOC (Trondheim) met een aparte experiment faciliteit voor plantenonderzoek
- Spanje, E-USOC (IDR, Madrid): vloeistof fysica



een breed scala aan lezingen de betrokkenen in het veld van micro-g onderzoek wederzijds te informeren.

Met de opbouw van de Erasmus USOC werd de implementatie van DUC als Nederlandse USOC naar de achtergrond geschoven. Voor het Columbus grondsegment werd naast het Erasmus USOC nog wel gedacht aan een nationale Nederlandse USOC – het DUC, voorlopig gelokaliseerd bij het NLR – maar met de uiteindelijke implementatie van de systemen in 2005 werd ook NLR-DUC uit de grondinfrastructuur geschrapt.

Omdat DUC sterk gekoppeld was aan operationele ondersteuning werd een aantal jaren geleden door de DUC stuurgroep de NL-USOC geïntroduceerd als toekomstige nationale USOC. Deze USOC zou geïmplementeerd kunnen worden zodra daar een noodzaak toe is in de vorm van een geïntegreerde ondersteuning voor specifiek Nederlandse experimenten.



De uitvoering van het USOC concept

Het USOC concept wordt gebruikt voor het verkrijgen van een gestructureerde opbouw en inrichting van de Europese USOC's, en voor een duidelijke organisatiestructuur met verantwoordelijkheden voor de USOC's ten aanzien van de voorbereiding en het uitvoeren van grondoperaties ter ondersteuning van payload operaties aan boord van ISS/Columbus. USOC's kunnen verschillende rollen spelen met betrekking tot de Columbus faciliteiten afhankelijk van hun rol in de operaties. Er wordt onderscheid gemaakt tussen:

- Facility Responsible Centre (FRC); die centra die verantwoordelijk zijn voor operaties op rekniveau (FSL, Biolab, MSL, EPM, EDR) en voor externe faciliteiten (EuTEF, SOLAR).
 - Facility Support Centre (FSC); die centra die verantwoordelijk zijn voor operaties op subsysteem niveau binnen het rek (bijvoorbeeld een experiment faciliteit binnen een rek).
 - User Home base (UHB); die centra die slechts één experiment bedienen, zowel monitoren als ook besturen via commando's.
- Ook wordt wel gesproken over

Experiment Support Centres (ESM) voor die centra die verantwoordelijk zijn voor operaties met een experimentfaciliteit zonder zelf wetenschap te bedrijven.

Resultaat en toekomst

Met de implementatie van de verschillende Europese USOC's, wordt het oorspronkelijke idee van utilisatie en gebruikersondersteuning goed benaderd. Met de mogelijkheid voor de onderzoeker om via zijn UHB interactief met zijn experiment bezig te zijn, is een belangrijke voorwaarde van het oorspronkelijke concept ingevoerd. Het is nog niet zo dat een ruimtestation gezien kan worden als een extra laboratoriumfaciliteit, maar met de implementatie en organisatie van het huidige concept wordt dat wel steeds meer benaderd.

Het utilisatieconcept is sterk toegespitst op het gebruik van Columbus. Maar het ISS en Columbus hebben niet het eeuwige leven. Zoals bekend is de volgende stap in de richting van planeetexploratie en ook daar wordt zeer waarschijnlijk onderzoek gedaan waarvan de resultaten verstuurd worden naar diverse onderzoekcentra verspreid over Europa. Zeer binnenkort zal een Europees onderzoek starten naar de mogelijkheden om een dergelijk type utilisatie te ondersteunen. Ook nationaal zullen in 2008 onderzoeken worden gedaan naar hulpmiddelen om op grote afstand (zoals voor Mars) onderzoeksresultaten te verkrijgen en te distribueren.