

Raumfahrt

CONCRET

Euro 4,50
US\$ 5,50

AUSGABE 1/ 2006

W E L T A L L + E R D E + M E N S C H



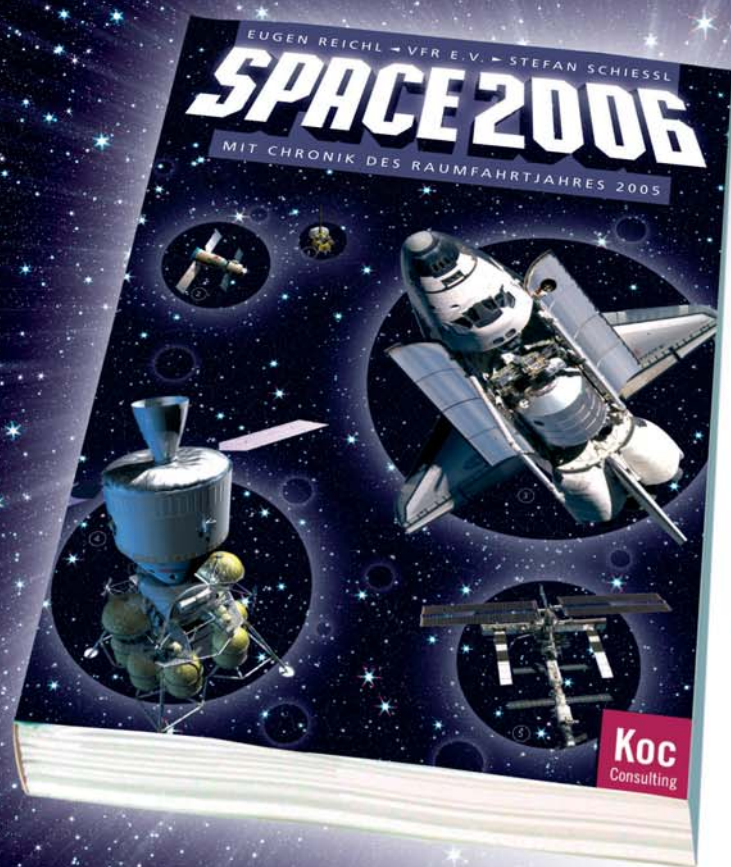
**Erdbeobachtung:
Service aus
dem All**

Heft 41

NEUERSCHEINUNG

SPACE 2006

AKTUELL • SPANNEND • VERSTÄNDLICH



Der erste Blick auf die Oberfläche des Titan, die neuesten Nachrichten vom Mars, Amerikas neuer Anlauf zum Mond, die Rückkehr des Space Shuttle, Rettung aus dem All u.v.m.

„Wer wissen will, wie Raumfahrt wirklich funktioniert und dabei noch spannend unterhalten werden möchte, der kommt an diesem Jahrbuch nicht vorbei.“ Bernhard Schmidt, 1. Vorsitzender des VFR e.V.

SPACE 2006

Koc Consulting, 332 Seiten,
ISBN 3-00-017760-4

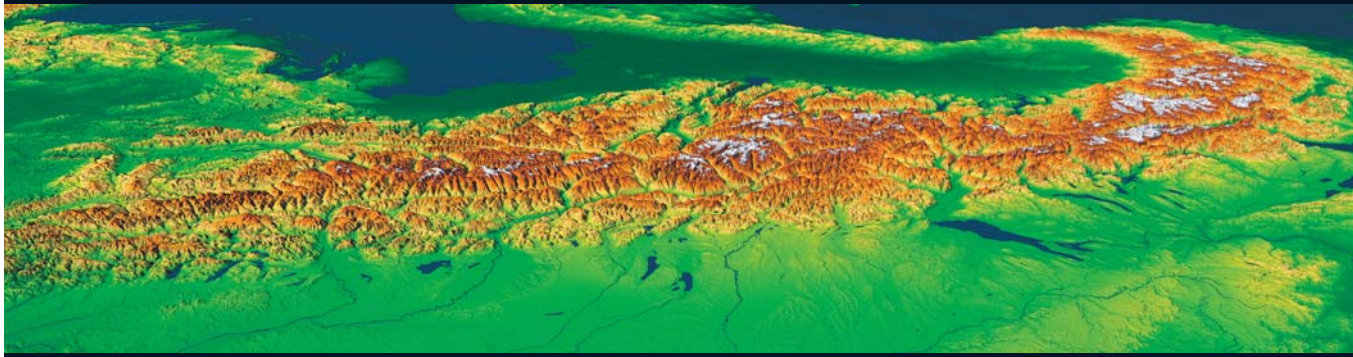
€ 14,90
(sFR 22,50)

Mit zahlreichen
Farbtafeln

Jetzt im Buchhandel oder
online bestellen auf www.vfr.de



Koc
Consulting



Eine ungewöhnliche Perspektive mit Blick von Nord nach Süd zeigt den gesamten Alpenbogen vom nördlichen Alpenvorland bis zur Adria. Es handelt sich hierbei nicht um ein Satellitenbild im klassischen Sinne, sondern um ein digitales Höhenmodell, das aus vielen unterschiedlichen Quellen, auch unter Verwendung von satellitengestützten Messungen, entstanden ist. Unterschiedlichen Höhen wurden intuitive Farben zugeordnet: Sie reichen von Dunkelgrün (Tiefeland) über Hellgrün, Gelb, Ocker, Braun bis zu Lagen um etwa 3000 m, die dunkelbraun dargestellt sind. Höhen oberhalb etwa 3000 m erscheinen in weiß. Das derart pseudocolorierte Höhenmodell wurde schließlich im Computer perspektivisch dargestellt und künstlich beleuchtet, so dass eine höhere Plastizität durch Licht und Schatten erreicht wird. Diese Abbildung befindet sich auch in dem Buch "Berge aus dem All", siehe Seite 17.



Das Stadtzentrum von Neustrelitz – hier befindet sich eine Satelliten-Empfangsanlage des deutschen Fernerkundungszentrums – mit den vom Marktplatz sternförmig abgehenden Straßen aus 817 km Höhe im April 2005 vom indischen IRS-P6-Satelliten gesehen. Fotos: DFD/DLR.

Bemannter Raumtransport

Die Werkzeuge der Forschung sind anspruchsvoller geworden. Während Christoph Kolumbus noch eine Karacke genügte um neue Welten zu entdecken, ist zum entsprechenden Fahrzeug der Neuzeit das Raumschiff geworden. Alleine ist Raumschiff nicht gleich Raumschiff und zudem verlangt das Transportgut höchst unterschiedliche Lösungen. Ein bemanntes Mondfahrzeug unterscheidet sich von einem kommerziellen Navigationssatelliten nicht nur durch das 500fache Gewicht sondern auch die vielfach größeren Anforderungen an die Zuverlässigkeit. So haben in knapp 50 Jahren inzwischen einige hundert verschiedene Konstruktionen den Weg ins All gefunden und eine noch sehr viel größere Zahl von Entwürfen die Reißbretter ausgelastet.

Wie wird es jetzt weitergehen? Entwurf und Bau eines Raumfahrzeugs brauchen wenigstens 10 Jahre. Das US Shuttle ist aber genauso in die Jahre und Kritik gekommen wie die russischen Sojus-Kapseln und vermeintlich kommerzielle Träger haben sich zu Subventionsfällen entwickelt. Also sind weltweit Entscheidungen überfällig. Da die theoretische Physik den Ingenieurbüros bisher noch keine wesentlich neueren Vorlagen liefern konnte, wird weiter um Entwicklungs- und Betriebskosten, um Konstruktionsgewichte und spezifische Impulse, um Zuverlässigkeit und Budgets gerungen werden.

Präsident George Bushs Space Exploration Initiative hat der nordamerikanischen Raumfahrt eine komplett neue Ausrichtung und dazu der NASA mit Michael Griffin einen energischen und kompetenten Chef beschert. So steht derzeit in den USA fast alles auf dem Prüfstand und selbst Boeings Atlas-Träger könnten den jetzt anstehenden Entscheidungen zum Opfer fallen. Immerhin will man auf Wunsch der Gemeinschaft die Raumstation fertig stellen, sofern es in den verbleibenden gut 4 Jahren gelingt das Shuttle noch 16-mal zu starten, ohne dass sich Isolationsbrocken selbstständig machen. Zur Planung gehört dann auch ein Lager im Außenbereich der ISS für Ersatzteile wie beispielsweise die anfälligen Gyroskope, die für die Sojus zu sperrig sein werden. Vorrang haben jetzt die neuen Entwürfe für das Mondprogramm. Man hat zwar schon einmal den Fehler gemacht den kommerziellen Raumtransport der bemannten Raumfahrt unterordnen zu wollen, allerdings gibt es in den USA derzeit kaum kommerzielle Raumfahrt. Also stehen die Chancen für Michael Griffin gut, je einen Träger für 125 Tonnen und für etwa 25 Tonnen Nutzlast aus vorhandenen Teilen realisieren zu können. Das US Militär zieht jedenfalls mit. Den Mars hat man dabei schon aus den Augen verloren. Das CEV wird immer kleiner und notwendige Technologien, wie neue Antriebe oder Robotik, sind derzeit nicht bezahlbar.

Dank kontinuierlicher Entwicklungsarbeit kann Russland eine Reihe kostengünstiger konventioneller Träger für bis zu 21 Tonnen Nutzlast anbieten. Diese sollen jetzt um ein neues wieder verwendbares bemanntes Raumfahrzeug ergänzt werden. Eine entsprechende Ausschreibung der russischen Raumfahrtagentur brachte aber noch keine zufrieden stellenden Resultate und es soll von den Anbietern nachgebessert werden. Ob man den Mut für ein Airlaunch-System wie beispielsweise MAKS haben wird, scheint aber eher unwahrscheinlich.

Derweil wird Klipper trotz des entgegengesetzten Ministerratsbeschlusses von der ESA weiter unterstützt. Natürlich wäre es für westeuropäische Astronauten eine Option mit dem Klipper auf der Spitze einer Sojus-2 von Kourou aus in den Weltraum zu starten, vielleicht in Istres in der Provence wieder zu landen und damit eine Perspektive für ein weiteres Engagement bei der Internationalen Raumstation zu bekommen. Das Geld wird der ESA aber woanders fehlen und gleichzeitig den westeuropäischen Standorten außerhalb von Kourou kaum Aufträge bringen, wie dies sowieso eine Gefahr der Strategie ist, überall ein wenig dabei zu sein.

Die westeuropäische Raumfahrt hat zudem andere Sorgen. Für die speziell auf kommerziellen Erfolg ausgelegte Ariane 5 muss weiter jeder Flug mit einigen -zig Millionen Euro subventioniert werden und so versucht man jetzt die Flucht in höhere Nutzlastbereiche anzutreten. Alleine, die Entwicklung kommerzieller Satelliten zielt wieder auf geringere Gewichte, da die Technologien inzwischen wesentlich dichter geworden sind und die notwendigen Versicherungssummen endlos teurer werdende Entwürfe verbieten. Arianespace ist als kommerzieller Betreiber auf wirtschaftlichen Erfolg angewiesen und holt deshalb Sojus 2 als aktuellen Ariane 4-Nachfolger nach Kourou. Die derzeit von Russland dafür vorgesehenen 60 Sojus-2 werden in der Lage sein je etwa 2,6 Tonnen Nutzlast in einem geostationären Transferorbit abzuliefern. Wie viele Flüge bleiben dann noch für Ariane 5 übrig? Was wird in der Folge aus Westeuropas unabhängigem Zugang zum Weltraum? In Frankreich weiß man jedenfalls um die Fragen und so haben CNES und Roscosmos gerade die gemeinsame Entwicklung eines neuen Trägers bis 2020 beschlossen. Vermutlich soll dieser dann in 3 Jahren auf der nächsten ESA-Ministerratskonferenz zur Finanzierung vorgelegt werden.

China plant dagegen äußerst konsequent seine künftige Rolle im All. Auf bewährter russischer Technologie aufbauend entwickelt man in kalkulierbaren Schritten weiter und besitzt damit das derzeit vielleicht effizienteste bemannte Raumfahrtprogramm. Wenn sich die scheinbar führenden Raumfahrtationen nicht in den Schatten stellen lassen wollen, dürfen sie sich nicht mehr viele Umwege erlauben.

Wie wird es mit der bemannten Raumfahrt also weitergehen? Bisher birgt keine der Planungen das Potenzial für eine deutliche Verringerung der Transportkosten. Wird bemannte Raumfahrt jenseits des Suborbits auch nach 45 Jahren weiter am politischen Tropf hängen? Es gilt für künftige Konzepte den richtigen Kompromiss zwischen Entwicklungsaufwand und späteren Betriebskosten zu finden. Ist dann Michael Griffins Weg der richtige? Das Mondprogramm war aber schon einmal einfach zu stoppen, weil sich die Programmkosten parallel zur Programmtdauer vervielfachten. Ist vielleicht der russische, an Hermes erinnernde, Vorschlag besser? Für eine komfortable Erschließung der Internationalen Raumstation ist der Klipper sicher geeignet und die russische Industrie hofft auf viele Aufträge für die dazu notwendigen Träger. Weiter gehende Vorschläge aber beispielsweise aus von Brauns ehemaliger Apollo-Mannschaft, aus der deutschen Forschung oder der russischen Industrie für ein Airlaunch-System mit deutlich geringeren Betriebskosten scheinen derzeit keine Rolle zu spielen – so wenig wie Deutschland selbst.

Hartmut E. Sängler



Hartmut E. Sängler

***Titel:** Erstes Farbbild des am 21. Dezember 2005 gestarteten neuen Wettersatelliten von EUMETSAT. Die Aufnahme entstand am 25. Januar 2006, um 13:30 Uhr Weltzeit. Foto: EUMETSAT.*

Vielfältige europäische Programme in der Erdfernerkundung



Ein Gespräch mit dem ESA-Direktor für Erdbeobachtung Dr. Volker Liebig



RC: *Sehr geehrter Herr Dr. Liebig, Sie sind seit über einem Jahr Direktor für Erdbeobachtung bei der ESA. Was waren bisher Ihre wichtigsten Aufgaben?*

Dr. Volker Liebig: Die mit Abstand wichtigste Aufgabe war die Vorbereitung der ESA-Ministerratskonferenz, die im Dezember letzten Jahres in Berlin stattfand. Wir haben im Bereich Erdbeobachtung drei wichtige Programme zur Zeichnung aufgelegt: den dritten Abschnitt unseres Erdbeobachtungs-Rahmenprogramms, aus dem unter anderem neue Wissenschafts-Missionen finanziert werden, das Weltraumsegment der europäischen GMES-Initiative und die Fortsetzung des sogenannten Earthnet-Programms, das uns weltweite Kooperationen ermöglicht. Der Ausgang dieser Ministerratskonferenz, die übrigens alle zwei bis drei Jahre stattfindet, war für die Erdbeobachtung, aber auch insgesamt ein ganz großer Erfolg. Außerdem haben wir im Dezember MSG-2 gestartet, den zweiten Satelliten der Meteosat-Serie der neuen Generation, die für die tägliche Wettervorhersage unabdingbar geworden sind. Ich möchte auch unsere Mission CryoSat nicht unerwähnt lassen, die nach vielen Jahren exzellenter Vorbereitung beim Start am 8. Oktober 2005 leider durch das Versagen ihrer Trägerrakete zerstört wurde.

RC: *Ist in naher Zukunft ein ständiges europäisches Satellitensystem zur Erdbeobachtung (ähnlich Galileo zur Navigation) angedacht?*

Dr. Volker Liebig: So ein System ist nicht nur angedacht, es wird bereits mit seiner konkreten Implementierung begonnen. Ich spreche von der Initiative "Global Monitoring for Environment and Security", oder kurz GMES – zugegeben ein etwas sperriger Name. Hinter der Abkürzung versteckt sich aber eines der wichtigsten Programme

europäischer Weltraumpolitik der kommenden Jahre: ein unabhängiges europäisches System der Erdbeobachtung, global und regional, aus dem Weltraum und in situ, d.h. auf der Erde, als umfassende Grundlage für die Formulierung, Implementierung und Überwachung europäischer Politikbereiche – von der Fischerei bis zur Agrarpolitik, von Emissionsschutz bis zu gemeinsamen Sicherheitsfragen. Im Dezember 2005 hat der Ministerrat der ESA die Schaffung der Weltraumkomponente von GMES beschlossen. Auch wenn sich Aufbau und Hintergrund von GMES und Galileo stark unterscheiden, kann man in gewisser Weise von zwei "Geschwister-Projekten" sprechen, da Galileo und GMES die ersten beiden großen Weltraum-Anwendungsprogramme sind, die die Europäische Union und die ESA gemeinsam etablieren.

RC: *Gemäß den ESA-Statuten dürfen keine militärischen Programme aufgelegt werden. Sie sprachen bei GMES aber gerade auch Sicherheitsfragen an. Kann und will die ESA hier neue Wege gehen?*

Dr. Volker Liebig: Der Konventionstext, die "Verfassung" der ESA, spricht von europäischer Kooperation in der Erforschung und Nutzung des Weltraumes zu "friedlichen Zwecken". Das schließt nicht aus, dass z.B. friedenserhaltende Missionen unterstützt werden. Bei GMES sprechen wir hier hauptsächlich von zivilen Anwendungen, wie Grenzsicherung oder maritime Sicherheitsfragen, Satellitentechnologien haben aber immer sog. Dual-use-Charakter. Ich bin sicher, dass es in den nächsten Jahren eine Weiterentwicklung in der Diskussion dieser Frage geben wird.

RC: *Cryosat wird neu gestartet. Welche ESA-Projekte stehen ferner auf dem Gebiet der Erdkunde in den nächsten Jahren an?*

Dr. Volker Liebig: Im wissenschaftlichen Rahmenprogramm der Erdbeobachtung stehen eine ganze Reihe außergewöhnlicher Missionen an, die in den nächsten Jahren sukzessive ins All gebracht werden: Hinter der Emission Cryosat, die, wie gesagt, aufgrund eines Fehlers der russischen Trägerrakete im vergangenen Oktober verloren wurde, warten zum Beispiel GOCE, eine Mission zur Messung des Erdschwerefeldes, SMOS, eine Mission

zur Messung des Feuchtigkeitsgehaltes des Bodens und des Salzgehaltes der Ozeane – beides wichtige Faktoren für Klimaforschung und Wassermanagement, oder ADM-Aeolus zur Messung globaler Windprofile bzw. des Verhaltens der Atmosphäre. Darüber hinaus arbeiten wir am Wiederflug von Cryosat. Aber wir beschränken uns nicht nur auf "hauseigene" Projekte: Mit dem Earthnet-Programm schaffen wir einen harmonisierten Zugang zu Erdbeobachtungsmissionen anderer Raumfahrtagenturen und Länder, auch außerhalb Europas. So bekommt der europäische Nutzer einen bestmöglichen, weil effizienten Zugang zu weltweiten Ressourcen und Daten.

RC: *Inbesondere auf dem Gebiet der Katastrophenfrühwarnung hat sich die Satellitentechnik bewährt. Was plant die ESA auf diesem Gebiet?*

Dr. Volker Liebig: Aus Anlass der großen UN-Weltraumkonferenz "Unispace III" im Sommer 1999 in Wien wurde ein Vertrag zwischen führenden Weltraumbehörden bzw. Satellitenbetreibern unterzeichnet, um im Fall des Eintrittes von Naturkatastrophen Erdbeobachtungsdaten schnell, effizient und kooperativ zur Verfügung zu stellen. Mittlerweile hat diese "Charter" zwölf Partner und wurde alleine im vergangenen Jahr 25-mal weltweit aktiviert, unter anderem bei den Hurrikan-Verwüstungen in den USA, den Überflutungen in Osteuropa letzten Sommer oder dem schweren Erdbeben in Pakistan. Dabei muss gesagt werden, dass der Schwerpunkt der Nutzung von Satellitendaten hier im Bereich des Katastrophenmanagements und der humanitären Hilfe liegt – punktuelle Vorhersagen einer Katastrophe sind seltener möglich. Was letzteren Punkt betrifft, darf allerdings die Meteorologie nicht unerwähnt bleiben, die ja eine Teildisziplin der Erdbeobachtung darstellt. Unsere europäische Kapazität der Meteosat-Satelliten, die von der ESA entwickelt und gebaut und von EUMETSAT betrieben werden, stellt ein wichtiges Element der "Überwachung" unseres Planeten dar – und es wird auch in Zukunft immer auf bestmöglichem Niveau zur Verfügung stehen. Schließlich arbeiten wir im Rahmen der Vorbereitung von GMES auch mit Firmen-Konsortien zusammen, um den Einsatz von Erdbeobachtungs-

satelliten zum Katastrophenmanagement als operationellen Service zu etablieren.

RC: *Erwarten Sie bei der Realisierung des Systems Galileo auch positive Auswirkungen auf die Vorhaben der Erdbeobachtung und wenn ja, an welchen Stellen?*

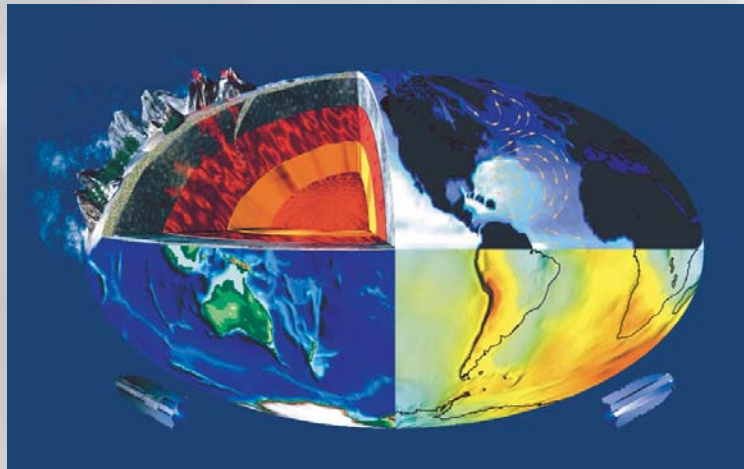
Dr. Volker Liebig: Galileo hat zweierlei Auswirkungen für die Erdbeobachtung. Zum Ersten die rein technisch anwendungsbezogene Komponente, zum anderen die politisch-programmatische Komponente. Auf technischer Ebene erwarte ich viele wichtige Synergien, wie zum Beispiel die Verknüpfung von Navigationsdaten mit Erdbeobachtungsbildern für den Katastrophen- und Sicherheitseinsatz, für Kartierungen, Schadenserhebungen, Stadtplanung, usw. Die Verknüpfung der beiden Technologien wird zu erheblichen Kostensenkungen führen und einen wichtigen Innovationsschub für Europa bewirken. Auf programmatischer Seite ist die Erfahrung mit Galileo äußerst hilfreich, da Galileo das erste große Weltraumprojekt Europas ist, das sowohl die ESA als auch Europäische Union als Partner zu gleichen Teilen involviert. Ich nahm ja persönlich an den Verhandlungen zu Galileo teil, als ich noch Programmdirektor des DLR war, und kenne den Prozess deshalb recht genau. Bei GMES versuchen wir diese Erfahrungen zu nutzen.

RC: *Wird bei künftigen Erdbeobachtungssatelliten möglicherweise auch auf die klassische fotografische multispektrale Aufnahmetechnik zurückgegriffen werden oder deckt die digitale Aufnahmetechnik inzwischen alle Felder sicher ab?*

Dr. Volker Liebig: Für Aufgaben, die Flexibilität und gute bildliche Auflösung fordern, werden Luftaufnahmen immer ihren Platz bewahren. Die analogen Aufnahmen sind allerdings schon seit langem von digitalen überholt worden, und dieser Trend wird sich unweigerlich fortsetzen. Eine Verknüpfung beider Technologien wird allerdings zunehmend einfacher, eben durch die soeben erwähnten digitalen Aufnahme- und Auswertetechnologien.

RC: *Kann man bei der zukünftigen Flughardware auch wieder einmal mit dem Einsatz bedeutender deutscher Gerätetechnik rechnen?*

Dr. Volker Liebig: Die deutsche Industrie war schon bisher ein wichtiger Partner der ESA und wird das auch in Zukunft sein. Denken Sie nur an das sehr erfolgreiche Instrument Sciamachy auf ENVISAT, mit dem wir viele wichtige Atmosphärenphänomene, wie das Ozonloch oder die zunehmende Verschmutzung über den Ballungsräumen Europas oder auch Chinas messen. Die nächste Mission, die von der deutschen Industrie geführt wird trägt den Namen SWARM, ein



GOCE (Gravity field and Steady-State Ocean Circulation Explorer), eine Mission zur Messung des Erdschwerefeldes. Foto: ESA.

Drei-Satellitensystem mit dem wir das Erdmagnetfeld untersuchen. Auch Cryosat, den wir wieder bauen möchten, wird von der deutschen Industrie geleitet.

RC: *Wie sehen die internationalen Kooperationen der ESA auf dem Gebiet der Erdbeobachtung aus, beispielsweise mit Russland oder China.*

Dr. Volker Liebig: Die ESA hat seit jeher enge Beziehungen mit anderen Weltraumagenturen gepflegt. Russland und China gehören dazu wie auch Japan, Indien und natürlich die USA. Kanada ist darüber hinaus ein sogenannter "kooperierender Staat", der seit mehr als 25 Jahren ein eigenes Abkommen und damit eine enge Anbindung an die ESA hat. Was nun Russland und China betrifft, bin ich persönlich sehr beeindruckt von deren technologischen Kapazitäten. Russland ist innerhalb der letzten 15 Jahre politisch und wirtschaftlich durch eine schwierige Phase gegangen. Trotzdem bleibt es ein starker Nutzer unserer Daten, vor allem von ERS und Envisat. Die Kooperation wird sich in den nächsten Jahren noch vertiefen, vor allem wenn Russland selbst wieder ein starkes Erdbeobachtungsprogramm etabliert hat. Auch China wird sich zu einem wichtigen Partner entwickeln: Die ESA ist eine der ersten Weltraumagenturen, die schon seit Jahrzehnten enge und intensive Kontakte zur chinesischen Raumfahrt pflegen. Es ist beeindruckend zu sehen, mit welchem Elan China im Weltraum aktiv ist, und damit meine ich nicht nur Ambitionen im bemannten Raumflug, sondern selbstverständlich auch die Erdbeobachtung. Mit beiden Ländern haben wir Kooperationsprogramme initiiert, mit Russland das Bear-Programm und mit China das Dragon-Programm. Dadurch werden Kontakte zwischen europäischen und russischen bzw. chinesischen Wissenschaftlern erfolgreich

intensiviert.

RC: *Eingangs fragten wir nach Ihren bisherigen wichtigsten Aufgaben. Was möchten Sie, wenn Sie in die Zukunft blicken, auf Ihrem Gebiet noch bewegen?*

Dr. Volker Liebig: Nach der Operationalisierung der Satelliten-Meteorologie in den siebziger Jahren sind wir jetzt an der Schwelle mit GMES einen weiteren Anwendungsbereich, die Umweltbeobachtung und die Sicherheit aus der Forschung in die operationelle Anwendung zu führen. Die Implementierung der Weltraumkomponente von GMES, die ja sämtliche Instrumente, Satelliten und das gesamte Bodensegment umfasst, ist sicher eine der ambitioniertesten und vorrangigsten Aufgaben. Den immensen Nutzen der Erdbeobachtung in konkrete Anwendungen zu überführen, sei es im Bereich humanitärer Hilfe, im Klimaschutz, in der Bodennutzung oder im maritimen Bereich, wird weiterhin ein Hauptanliegen sein. Genauso ist es mir aber wichtig, der Wissenschaft auch in Zukunft qualitative Spitzendaten durch unsere Satelliten zu liefern, und mit neuen Technologien zum immer besseren Verständnis des Systems Erde beizutragen. ESA-Satelliten sind heute weltweit führend, und das sollen sie auch morgen sein. Nicht umsonst gehört der Blick zurück auf unseren Planeten zu einem der wichtigsten Vorzüge, die uns die Raumfahrt in den letzten vierzig Jahren gebracht hat.

RC: *Herr Dr. Liebig, wir danken für das Gespräch und hoffen, dass es mit Ihrer Unterstützung noch viele neue Ideen auf diesem so wichtigen und nützlichen Feld der Satellitenanwendung gibt.*

Die Fragen stellten Karl-Heinz Marek, Achim Zickler und Uwe Schmalting.

Von TIROS 1 bis MSG-2

Die Erfolgsgeschichte meteorologischer Satelliten

Von Dipl. Meteorologe Helmut Neumeister

Wir werden von diesem Zeitalter der technisch-wissenschaftlichen Glanzleistungen eigentlich überfordert. Das Staunen des ersten Augenblicks verwandelt sich unmittelbar in Selbstverständlichkeit und Warten auf die nächste Sensation.

Versucht man die ersten Ideen für meteorologische Satelliten aufzuspüren, gelangt man selbstredend in die Zeit nach dem 2. Weltkrieg mit der aufkommenden Rivalität zwischen den zwei Hauptsiegermächten und stößt auf die militärisch geprägten Vorstufen für Satelliten, die Raketen. Mit Ende des 2. Weltkrieges fiel das diesbezüglich vorhandene Know-how samt der Experten und eine nicht geringe Anzahl A-4-Raketen in die Hände der Sieger über Nazideutschland. Unter der Bezeichnung V-2 hatten sie eine traurige Berühmtheit erlangt. Eine Kopie der V-2 wurde 1948 in der UdSSR unter der Kennung R-1 getestet. Von 1946 bis 1952 startete die US-Army ca. 50 zum Teil mit wissenschaftlichen Instrumenten versehene V-2 vom Testgelände White Sands. Sie erreichten Höhen nahe 150 km. Verbesserte Nachfolger der V-2 waren die amerikanischen Typen Aerobee und Viking. Alle 3 Typen wurden für die Ausbildung der Raketentruppen der USA genutzt. Für die Stellungskontrolle des Raketenkörpers wurden sie mit Kameras versehen. Diese ersten Fotos aus großen Höhen machten Schlagzeilen und beeindruckten besonders die Meteorologen.

Wer daraufhin zuerst den Vorschlag für die Schaffung meteorologischer Satelliten machte, ist nachträglich schwer zu ermitteln. Es dürfte etwa 1951 gewesen sein. In diesem Jahr schlugen zumindest Entwicklungsingenieure der Rand Corporation vor, Wetteraufnahmen von zu entwickelnden Satelliten zur Erde zu übertragen. Dass es etwa gleichzeitig auch in der UdSSR ähnliche Überlegungen gegeben haben dürfte, liegt nahe. Schließlich war es die UdSSR, die unter der Regie des aus einem Gulag zurückgeholten Koroljow 1957 mit Sputnik 1 für einen tiefen Schock im Westen sorgte, der in den Folgejahren mit zu den hektischen Aktivitäten geführt haben dürfte. Die USA starteten die Vorläufer meteorologischer Satelliten Vanguard 2 sowie Explorer 6 und 7. Davon war nur der letztgenannte einigermaßen erfolgreich. Umso mehr überraschte, dass mit TIROS 1 am 1.4.1960 von den USA der erste echte und gut auskonstruierte meteorologische Satellit auf eine Erdumlaufbahn gebracht wurde (siehe auch Typenblatt in RC 36).

Es folgten viele Starts von meteorologischen und meteorologisch genutzten Satelliten, zuerst - wie oben genannt - mit der ersten Serie von den USA, ab 1966 mit Kosmos 122 von der UdSSR, 1977 mit METEOSAT-1 von Westeuropa und GMS-1 von Japan, 1982 mit Insat-1A von Indien und 1988 mit Fengyun-1A seitens Chinas. Ein weiteres Land, das in die Familie der Wettersatelliteneigner eintreten wird ist die Republik Korea mit dem geplanten geostationären Satelliten COMSAT. Bei der Vielzahl von Starts im Rahmen großzügiger Projekte gab es natürlich auch Rückschläge - anfangs am ehesten aus ballistischen Gründen durch Nichterreichen der geplanten Umlaufbahn - was aber die großen Erfolge nicht schmälert.

Rückschauend kann man folgende wesentlichen Verbesserungen bei meteorologischen Satelliten in den letzten 45 Jahren feststellen :

1. Das Erreichen der geplanten Flugbahn (ballistisches Problem) und das Beibehalten der nominellen Flugbahn (u.a. ein Problem der Verfügbarkeit von Energie und Treibstoffreserven). Diese Probleme wurden in der Regel ab Ende der sechziger Jahre beherrscht.

2. Die optimale Wahl der Flugbahnen zur Sicherung der vollständigen globalen Beobachtung und zur Sicherung einer angemessenen Wiederholrate der Messungen bzw. Beobachtungen.

In der TIROS-Serie wurden bis TIROS 8 nur Flugbahnen mit einer Inklination von 48 und 58° gewählt. Bei den meisten METEOSAT-Satelliten wurden 81 bis 83° bevorzugt (möglicherweise wegen der Lage der Startbasis und der erlaubten Abschusswinkel). Durch solche Bahnen wurde nicht nur die Erde nicht vollständig erfasst, sondern die meisten dieser Satelliten, die nur oder vor allem im Bereich der reflektierten Sonnenstrahlung Bilder lieferten, verschwanden in größeren Zeitabständen bei $i = 81^\circ$ durch die Drehung der Flugbahnebene nach etwa 1,5 Jahren in den Dämmerungsgürteln, konnten also dann eine Zeit lang keine Bilder liefern, was ineffektiv war.



Den Durchbruch brachte bereits Nimbus-1 im August 1964, bald gefolgt von TIROS 9 im Januar 1965 mit einer fast sonnensynchronen Bahn von $i = 96^\circ$. Sonnensynchrone Bahnen sollten bald Standard für alle polarumlaufenden Erdkundungssatelliten werden. Bei den METEOSAT-Satelliten wurde das erstmals mit METEOSAT-1-28 1977 realisiert. Dennoch blieb man bei den Serien METEOSAT-2 und 3 bis zu deren letzten Satelliten 1990/91 bei den 81-83°-Bahnen. Erst mit METEOSAT-3M-1 wurde 2001 ein Neubeginn gemacht. Alle nachfolgenden neuen Raumfahrtationen lernten zeitig aus den Fehlern und begannen gleich mit sonnensynchronen Bahnen.

Weniger problematisch verlief die Entwicklung bei geostationären bzw. geosynchronen Bahnen, die sich generell rasch durchsetzten.

3. Die Erhöhung der Funktionssicherheit und Funktionsdauer der Satelliten und aller Teilsysteme, um nutzerseitig Ausfälle im Routinedienst sowie in der Forschung und Entwicklung zu vermeiden, aber auch um die Kosten für das Betreiben der Satellitensysteme zu senken bzw. um Mittel für weitere umfassendere Forschungsprojekte frei zu bekommen. Als Beispiel für den erreichten Stand sei hier nur auf MSG-1 und MSG-2 (= METEOSAT-8 und 9) verwiesen. Bei diesen wird durch geeignete Software ein hohes Niveau an Autonomie an Bord des Satelliten erreicht. Dazu gehört, dass die Gesamtfunktion des Satelliten für 24 Stunden ohne Intervention vom Boden im Falle eines Defektes gewährleistet wird.

4. Die Verbesserungen bei der Datengewinnung und Datenübertragung

Die ersten Satelliten verwendeten meist Kameras, die in einem bestimmten Zeitabstand momentane Einzelbilder aufnahmen - z.B. auf der Speicherfläche einer Vidikonröhre - und die Bilder nach Zwischen-speicherung auf Bodenkommando an den Satellitenbetreiber oder später auch teils öffentlich sendeten.

Aus jener Zeit ist bekannt, dass Herr Kaminski von der Sternwarte Bochum den Abrufcode knackte und den Bildspeicher eines Wettersatelliten unfairerweise und



zur Verwunderung der amerikanischen Kollegen "leerte".

Mit dem APT-System an Bord von TIROS 8 war es ab 1963 erstmals möglich Bilder von Wettersatelliten direkt durch den interessierten Nutzer zu empfangen. Die nachfolgenden geradzahigen ESSA-Satelliten sendeten ebenfalls noch Einzelbilder, die bereits ab 1966/67 in Deutschland routinemäßig an der FU Berlin, beim Meteorologischen Dienst in Potsdam und beim Wetterdienst in Offenbach empfangen wurden.

Inzwischen befanden sich geometrisch hochauflösende Kamerasysteme für den zentralen Abruf und bereits sehr zeitig multispektrale Strahlungsmessgeräte mit zunächst relativ geringer Auflösung bei den TIROS- und NIMBUS-Satelliten im Einsatz, so z.B. das 5-Kanal-Strahlungsmessgerät MRIR mit verschiedenen Messbereichen im sichtbaren Spektrum und im Infrarot. Nimbus-3 und -4 (ab 1969/70) hatten u.a. auch bereits ein Messgerät für das UV an Bord (MUSE=Monitor of UV Solar Energy). Zuvor hatten NIMBUS-2 und -3 eine wichtige Neuerung mit der öffentlichen Übertragung von IR-Scanneraufnahmen (mittels DRIR=Direct Readout InfraRed) gebracht, die bereits 1969 auch in Potsdam ebenso aufgezeichnet wurden wie Aufnahmen mit reduzierter geometrischer Auflösung vom geostationären Satelliten ATS-3 nach dem WEFAX-Verfahren für die Bildübertragung. Ab 1972 wurde an Bord von NOAA-2 ein neues Messgerät zur Ableitung vertikaler Temperaturprofile eingesetzt (VTPR=Vertical Temperature Profile Radiometer) und ein geometrisch hochauflösendes Radiometer VHRR mit 0,9 km und den Spektralbereichen 0,6-0,7 (sichtbarer Bereich) und 10,5-12,5 μm (IR-Fensterbereich). Die Zeilenzahl betrug 400 pro Minute und derartige Bilder wurden

bei 1,7 GHz als HRPT (High Resolution Picture Transmission) auch öffentlich übertragen. IR-Aufnahmen geringerer Auflösung von dem SR (Scanning Radiometer) wurden bereits kurz nach dem Start von NOAA-2 in Potsdam empfangen. Der nachfolgende NOAA-3 verfügte auch über ein VHRR, dessen Bilder hoher Auflösung ab Juli 1974 zuerst in Deutschland am Meteorologischen Institut der FU Berlin direkt empfangen wurden.

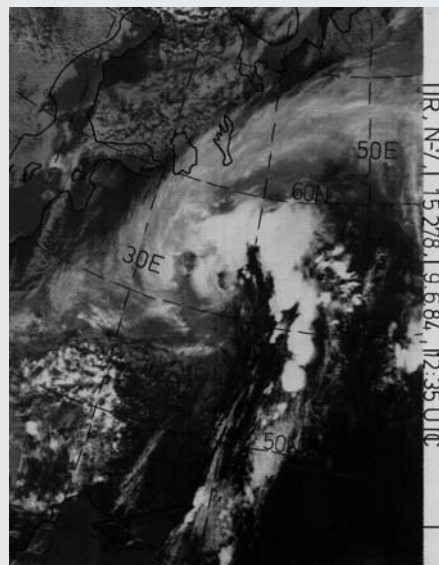
Es würde zu weit führen alle weiteren interessanten Details zu nennen. Daher sei hier noch auf einige "Meilensteine" verwiesen:

Eine weitere entscheidende Verbesserung stellten die ersten im thermischen IR an Bord von NIMBUS-3 und -4 sehr schmalbandig messenden Spektrometer dar, die u.a. der Ableitung der vertikalen Temperaturverteilung der Atmosphäre dienen. 5 verschiedene Typen wurden hierfür eingesetzt (SIRS, IRIS, FWS, SCR und BUV). Die NIMBUS-Satelliten – eigentlich zunächst nur als Forschungsatelliten geplant – wurden durch Bildübertragungen zeitweise bereits routinemäßig und öffentlich für die Wetteranalyse und -vorhersage genutzt und hatten eine Vorbildwirkung für künftige operationale polarumlaufenden Satellitenreihen wie die der ITOS/NOAA-, der Landsat-, der ERS/ENVISAT-Serie und vermutlich auch der KOSMOS- und METEOR-Serien. Dabei stand dann auch die Steigerung der geometrischen und radiometrischen Auflösung ebenso im Vordergrund wie die Vorbildwirkung der ATS-Satelliten (1966-1974) für künftige operationale geosynchrone Satelliten. Letztere verfügten erstmals über hochauflösende Kamerasysteme für die Erfassung der gesamten Erdsicht. Dabei

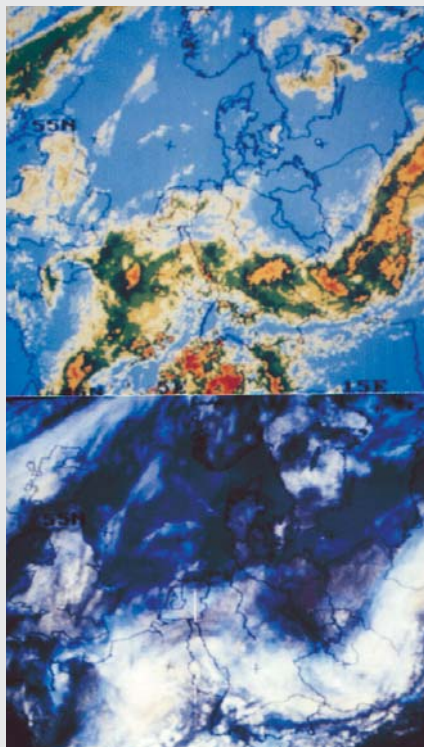
wurde die Drehstabilisierung von 100 U/min (wie später bei der METEOSAT-Serie) für die Zeilengewinnung genutzt und zwar bei der SSCC (Spin Scan Cloud Camera) bei ATS-1 mit 2.000 Zeilen/Bild, bei der ColorSSCC bei ATS-3 mit 2.400 Zeilen und schließlich bei ATS-6 mit dem GVHRR (Geosynchronous Very High Resolution Radiometer) für den VIS- und IR-Bereich.

Inzwischen ist die Gewinnung und öffentliche Bereitstellung multispektraler Daten selbstverständlich wie z.B. von dem 12-Kanal-Bilddateninstrument SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager) der MSG-Satelliten. (Ähnliches gilt zum Beispiel auch für das 10 Kanäle umfassende Instrument zur Bildgewinnung an Bord der chinesischen polarumlaufenden Satelliten FENGYUN-1C und -1D, das dem AVHRR der NOAA-Satelliten entspricht, aber mehr Kanäle umfasst.)

Das SEVIRI besitzt 4 Spektralbereiche im reflektierten Sonnenlicht und 8 im thermischen Infrarot, also insgesamt 12 Spektralbereiche anstelle der 3 bei der ersten Generation von METEOSAT und das bei deutlicher Verbesserung der geometrischen Auflösung im IR von 5 auf 3 km und bei dem neugeschaffenen hochauflösenden Kanal im visuellen Bereich, dem HRV = High Resolution Visible (genauer gesagt VIS plus nIR, da mit 0,4 bis 1,1 μm beide Bereiche erfasst werden) eine Steigerung von 2,5 auf 1 km. Die radiometrische Auflösung wurde gleichzeitig fast verdoppelt und die Wieder-



An der Zentralen Wetterdienststelle (ZWD) in Potsdam empfangene Infrarot-Aufnahme von NOAA-7 vom 9. Juni 1984 mit der Böenfront (helle zopfartige Wolkenstrukturen sind riesige Gewitterzellen), die im Raum Iwanowa, nordöstlich von Moskau, eine verheerende Tornadolage brachte und etwa 400 Menschenleben forderte.



Die Meteor-4-Aufnahme vom 24. Juni 1992 zeigt oben ein Farbmischbild aus dem sichtbaren und infraroten Bereich. Die Gewitterherde sind deutlich zu erkennen, während dies nur im sichtbaren Kanal (unten) nicht der Fall ist.

holrate von 30 auf 15 Minuten erhöht. Dieser geringere Zeitabstand ist für die Echtzeitnutzung erforderlich, da unter ungünstigen Umständen bereits innerhalb von 30 Minuten ein sehr stark wetterwirksames Gewitter oder gar ein Gewitterkomplex entstehen kann (vgl. die nachfolgend genannte "Rapid Scanning"-Technik). Generell erfolgen die Übertragungen nun digital, also selbst bei geringer Auflösung nicht mehr analog. Um Missverständnisse zu vermeiden muss betont werden, dass bei der meteorologischen Nutzung in Echtzeit nicht eine sehr hohe geometrische Auflösung im Vordergrund steht, sondern die zeitliche und gegebenenfalls noch die radiometrische. Das steht ganz im Gegensatz zur Fernerkundung der Erdoberflächencharakteristika, die zwei Größenordnungen besser sein muss, dafür aber erst Tage später Flächendeckung erreicht.

Nachfolgend seien noch einige inhaltliche Schwerpunkte für die Gewinnung

und Nutzung von Satellitendaten genannt ohne aus Gründen des Umfangs auf die einzelnen Instrumente und Geräte einzugehen:

Bei gefährlichen Wetterentwicklungen (Tropischen Wirbelstürmen, Tornadolagen, schweren Gewittern etc.) können die geostationären GOES-Satelliten der USA auf Bodenkommando ihr Standardregime der Bilddatengewinnung und -übertragung unterbrechen und von den gefährdeten Gebieten im Abstand weniger Minuten Bildausschnitte liefern. Ähnliches ist zur Zeit im Prinzip auch bei dem bei 10° Ost in Bereitschaft stehenden METEOSAT-6 möglich. Weitere wesentliche Verbesserungen sind die Gewinnung von vertikalen Profilen von Temperatur und Wasserdampf und die Gewinnung riesiger Mengen von Wind- bzw. Verlagerungsvektoren in verschiedenen hohen Wolken- und Wasserdampfschichten. Diese finden seit nunmehr mindestens 15 Jahren verstärkt Eingang in Modelle der numerischen Wettervorhersage. Sie sind besonders wertvoll in datenarmen Gebieten wie den Ozeanen, Wüsten und der Südhalbkugel. Gleichzeitig können dadurch konventionelle Sondierungen der Troposphäre und Stratosphäre reduziert werden.

Anzeige

interstellarium

Sterne und Planeten *live erleben...*

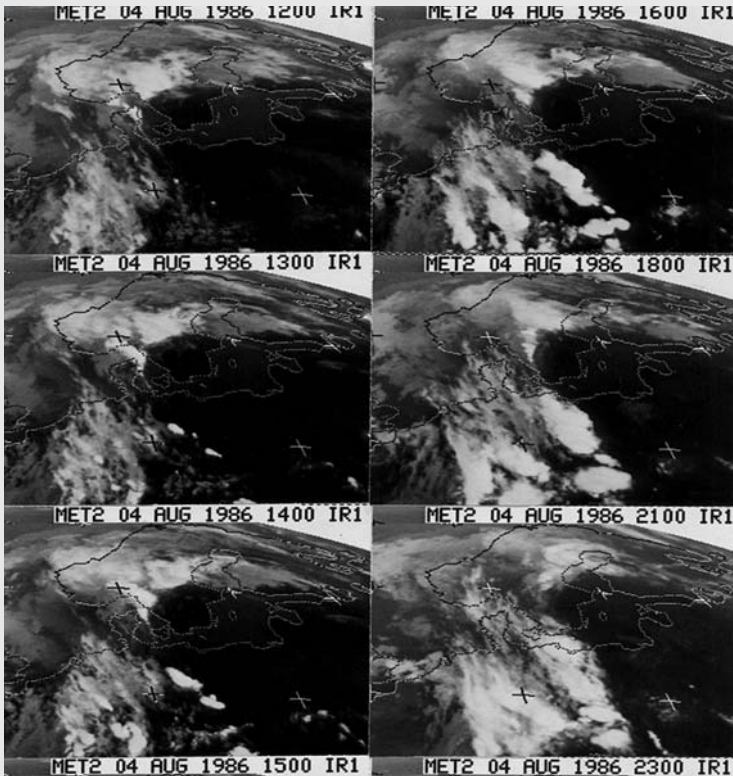
Das deutschsprachige Magazin für praktische Astronomie bietet Ihnen:

- ausführliche Vorbereitung auf alle Himmelsereignisse
- Beobachtungsempfehlungen aus der Praxis
- Tests von Fernrohren und Zubehör
- Anleitungen zu neuesten Aufnahmetechniken
- Einstieg in die beobachtende Astronomie
- aktuelle Informationen aus der Forschung
- geführte Himmelstouren mit Karten und Daten

erscheint 6x im Jahr (jeweils Anfang Februar, April, Juni, August, Oktober, Dezember) jeweils 80 Seiten A4, durchgehend farbig, Hochglanzband

Jahresabo für 37,80 € (D), 40,90 € (A), 44,80 € (CH)
Probeabo (3 Hefte) für 15,80 € (D), 19,80 € (A, CH)
Einzelheft 6,90 € (D, A), 13,50 sFr (CH), am Kiosk





Böhren- und Gewitterfront entsteht über Deutschland, förmlich aus dem Nichts heraus (rechts im schwarzen wolkenlosen Bildteil). Aufnahmen von Meteosat-2, empfangen an der ZWD Potsdam. Fotos: ZWD Potsdam, Bearbeitung: Helmut Neumeister.

Gleiches gilt mit den aus Messungen gewonnenen Daten über die Strahlungsbilanz, den Oberflächenzustand und insbesondere die Wassertemperatur. Speziell für die Geoferkundung der Erdoberfläche und der Ozeane waren die Serien LANDSAT, SPOT und ERS/ENVISAT zukunftsweisend.

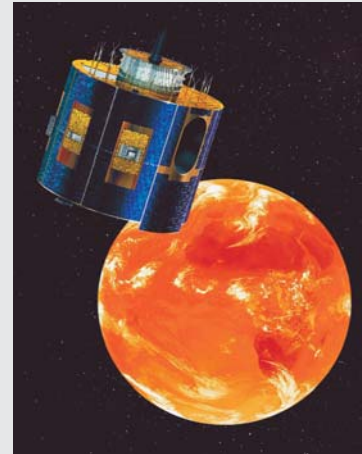
Mit Hilfe von Satelliten können Messdaten von Bodenstationen, aerologischen Aufstiegsstellen, Schiffen und Flugzeugen mit Data Collection Systems von DCP (Data Collection Platform), ASDAR (Aircraft-to-Satellite Data Relay), ASAP (Automated Shipboard Aerological Programme) etc. gesammelt werden. Hierzu kann die Positionsbestimmung, z.B. mit dem System ARGOS an Bord der NOAA-Satelliten und den S&R (Search and Rescue)-Programmen bei verschiedenen Satelliten gekoppelt werden. Es können hochgenaue Abbildungen des Niveaus der Land- und Wasseroberflächen, des Seegangs und bestimmter Starkniederschlagsituationen (z.B. in den Tropen) mittels Scatterometern, Seitensichtradar und passiven Mikrowellensystemen gewonnen werden.

Es werden Daten über Spurengase (Treibhausgase, Umweltverschmutzung etc.) aus Messungen in zahlreichen schmalbandigen Spektralbereichen abgeleitet.

Die Gestaltung aller Detailkomplexe steht in der Regel auch unter der Zielstellung der Einsparung von Kosten und Aufwand für die boden- bzw. erdgebundene Beobachtung.

5. Ein Beispiel für vorbildliche Zusammenarbeit, Arbeitsteilung und Aufgabenkoordination stellen die für Nutzung der Daten der MSG-Satelliten geschaffenen Auswertezentren SAFs (Satellite Application Facilities) dar:

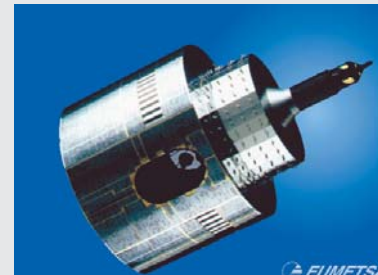
Damit nicht in jedem Land die Doppelarbeit bestimmter parameterorientierter Auswertungen erfolgen muss, was in vielen kleineren Länder nach Umfang und Qualität auch gar nicht möglich oder vertretbar wäre, wurde ein System von Auswertezentren geschaffen, die SAFs. Diese gehören zum Bodensegment von EUMETSAT, nutzen die Erfahrungen und Gutachten von Experten der Mitgliedsstaaten und sind für die anwenderbezogene Datenverarbeitung zuständig. Jedes SAF wird von einem internationalen Konsortium entwickelt und betrieben, das unter der Leitung eines bestimmten nationalen Wetterdienstes steht (siehe unten). Häufig arbeiten aber mehrere Länder in einem SAF zusammen. Die Forschungsergebnisse und Dienstleistungen



MSG-2.



Künftiger europäischer Wettersatellit METEOP.

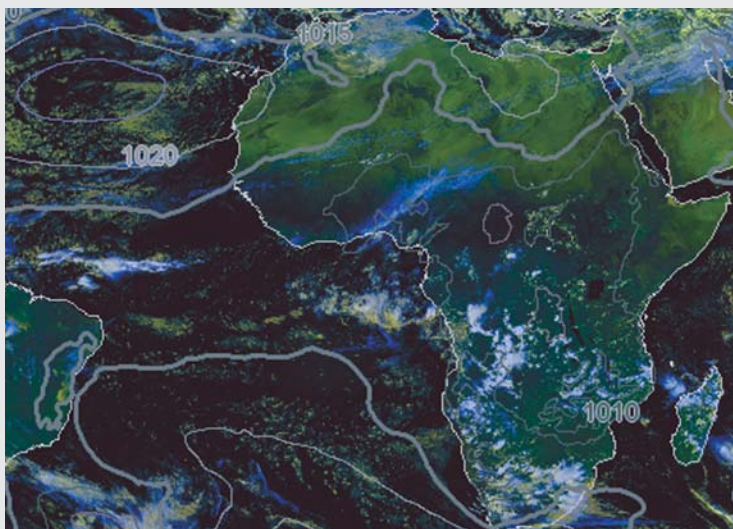


Meteosat-5.

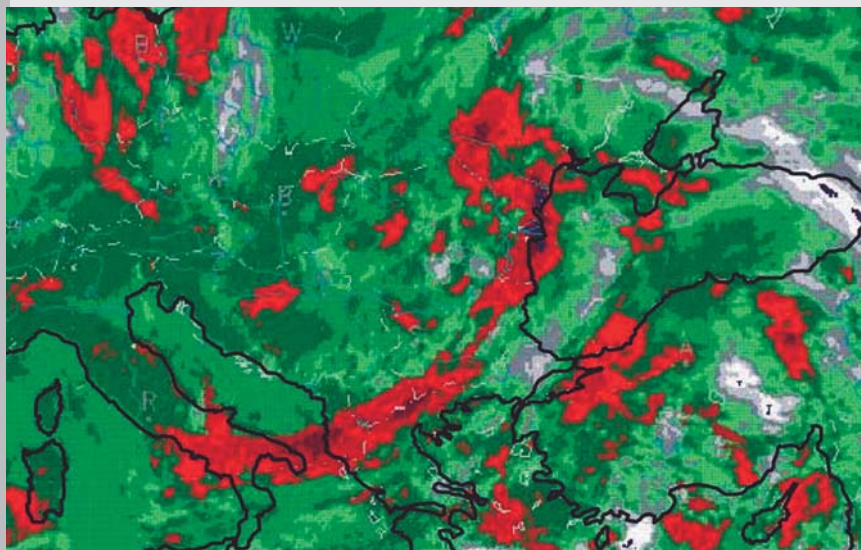
der SAFs ergänzen die Tätigkeit von EUMETSAT in Darmstadt.

Folgende SAFs befinden sich bereits in operativer Erprobung:

- SAF zur Unterstützung von Nowcasting (momentaner Wetterzustand und Extrapolation bis 2 Stunden) und der kurzfristigen Wettervorhersage (bis 12 Stunden im Voraus) unter Leitung von Spanien,
- SAF für Ozean und Meeresis (Frankreich),
- SAF für die Klimaüberwachung (Deutschland),
- SAF für die numerische Wettervorhersage (UK),
- SAF für die Landoberflächenanalyse (Portugal).



Farbkomposit von MSG-1 (=METEOSAT-8) vom 26.01.06, 13 h UTC mit den Spektralbereichen 0,6 μm (ROT), 0,8 μm (GRÜN) und 12,0 μm (BLAU) mit überlagertem Bodendruckfeld von 12 h UTC (auf NN korrigiert). Überwiegend tiefe Bewölkung erscheint gelb (z.B. in Hochdruckgebieten), nur hohe Bewölkung erscheint violett bis blau, Randzonen ohne oder ohne ausreichendes Sonnenlicht erscheinen blau, da hier die beiden anderen Farbkanaäle nicht vertreten sind, vertikal mächtigere und dichtere Bewölkung geht zunehmend in Richtung weiß über. Quelle: DWD, Ausschnitt reduziert vom Verfasser.



Differenzbild von METEOSAT vom 19.1.06, (12-09) h UTC im IR-Kanal bei 12 μm . Das mittlere Grün zeigt den unveränderten Zustand an mit einer Temperaturänderung kleiner plus/minus 2 K (besonders über wolkenfreien Meeresgebieten wie dem Italien benachbarten Mittelmeer), in Richtung größerer Änderungen vergrößern sich die Intervalle der Temperaturänderung um je 2 K pro Farbstufe. Die 3 Rotstufen bedeuten folglich zusammen Erwärmungen zwischen 10 und 42 K (ein Tiefausläufer zwischen dem westlichen Schwarzen Meer und Süditalien schwächt sich stark ab!), während die 3 Grau- bis Weißstufen eine Abkühlung von -10 bis -42 K bedeuten = Verstärkung eines Tiefausläufers am Ostrand des Schwarzen Meeres. Solche Differenzbilder sind besonders nützlich bei konvektiven Prozessen im Sommer bzw. in den Tropen, da sie Änderungen viel klarer abbilden als die üblichen Zeitrasteraufnahmen. Zeitrasteraufnahmen von Differenzbildern zeigen dann sogar die Tendenz der Tendenz. Diese Art der Darstellung stammt vom Verfasser dieses Artikels. Quelle: DWD, nachbearbeitet vom Verfasser.

Weitere SAFs befinden sich noch in Entwicklung:

- SAF zur Ozonüberwachung (Finnland),
- SAF für die operationale Hydrologie und Wasserwirtschaft (Italien),
- SAF für die meteorologische Nutzung der GRAS-Sensoren (GRAS=GNSS Receiver for Atmospheric Sounding, GNSS ein Gerät namens "Global Navigation Satellite System") unter Leitung von Dänemark.

Das globale meteorologische Satellitensystem

Eine wesentliche Rolle bei der Gesamtkoordinierung der Satellitenbeobachtung

spielte frühzeitig die Meteorologische Weltorganisation WMO (World Meteorological Organization) und zwar im Rahmen der WWW (World Weather Watch) und des GOS (Global Observing System) Satellite Sub-System (siehe Veröffentlichung WMO-No. 411 von 1975 mit 12 Supplements im Zeitraum 1975-85 und den Neuaufgaben der Gesamtveröffentlichung. Danach werden 3 Basistypen von Satellitenbeobachtungen unterschieden: Man vergleiche hierzu die nebenstehende Abbildung mit der Anordnung der verschiedenen Satellitentypen relativ zur Erdkugel).

Äquatoriale geostationäre bzw. geosynchrone Satelliten mit $i \leq 1$ Grad und der erforderlichen kreisförmigen Flugbahn in knapp 36.000 km Höhe. Nominell sollte das System aus 5 - 6 Satelliten bestehen, die im Abstand von rd. 60 - 70 Grad geografischer Länge über dem Äquator positioniert sein sollten. Dabei gab es zeitweilige Probleme, weil die Position über dem Indischen Ozean weder durch GOMS (Nr. 1 1994 von Russland gestartet) noch durch die mehr nationalen Zwecken dienenden indischen INSAT-Satelliten (nachfolgend nicht bezüglich ihrer Äquatorposition genannt) zuverlässig abgedeckt wurde. Diese Lücke wird seit etlichen Jahren von ESA/EUMETSAT durch ihre METEOSAT- und neuerdings MSG-Satelliten geschlossen. Die MSG-Flotte besteht aus insgesamt vier Satelliten, die im Abstand von einigen Jahren ins All geschossen werden und dann von einer geostationären Position in 36.000 Kilometern aus Daten für die Wettervorhersage und Klimaforschung liefern. Der erste dieser Wettersatelliten, MSG-1, ist bereits seit mehr als drei Jahren erfolgreich im Einsatz. Das Gesamtprogramm inklusive der vier Satelliten, des Bodensegments und des Betriebs, kostet rund zwei Milliarden Euro. Davon trägt EUMETSAT 1,7 Milliarden, die ESA zahlt 300 Millionen. Die Beiträge von EADS Astrium für die Hauptinstrumente und die weiteren Untersysteme der vier MSG-Satelliten haben einen Auftragswert von insgesamt rund 350 Millionen Euro.

Derzeit (Stand Anfang 2006) nehmen die folgenden meteorologischen Satelliten äquatoriale Positionen ein und sind teils operationell tätig, teils dienen sie als Havariatsatelliten:

- GOES-9 (USA) bei 155° O, war bis zur Verfügbarkeit von MTSAT-1R (Japan) zeitweilig als Ersatzsatellit eingesetzt, dann als "GOES-West"
- GOES-10 bei 135° W, teils als "GOES-West" mit gewissen technischen Einschränkungen, später eventuell dafür der geplante GOES-N (= Nr. 13)

- GOES-11 bei 105° W in Bereitschaft als Reserve für GOES-10 oder -12
- GOES-12 bei 75° W als "GOES-East", später evtl. dafür GOES-N (= Nr. 13), s. oben
- METEOSAT-8 = MSG-1 (EUMETSAT) bei 3,4° W (z. Z. parallel zu METEOSAT-7 operationell tätig)
- METEOSAT-7 bei 0°, wurde durch METEOSAT-9 = MSG-2 ersetzt.
- METEOSAT-6 bei 10° O als Ersatz, liefert "Rapid Scanning Service"
- METEOSAT-5 bei 63° O, wird später durch METEOSAT-7 ersetzt
- KALPANA-1 = METSAT-1 (Indien) bei 74° O, Indiens erster Satellit, der ausschließlich meteorologisch-internationalen Zwecken dient
- GOMS-N1 bei 76° O, seit 9/98 im "Stand-by"-Modus, GOMS-N2 ist für 2007 für die gleiche Position geplant
- FENGYUN-2A bei 86,5° O und FENGYUN-2B bei 123,5°, beide als Ersatz in Bereitschaft für FENGYUN-2C
- FENGYUN-2C (China) bei 105° O
- MTSAT-1R (Japan) bei 140° O

Wie man sieht existiert derzeit - auch dank der deutlich gesteigerten Funktionsdauer der meisten Satelliten - eine großzügige Belegung mit geostationären meteorologischen Satelliten trotz mancher Probleme. Das entspricht auch der erfolgreichen Gesamtstrategie der von der WMO koordinierten Startländer.

Polnah auf sonnensynchronen Bahnen fliegende Satelliten mit $i = 97...100^\circ$ und Flughöhen, die meist zwischen 800 und 900 km Höhe liegen. Mit diesen Bahnen wird das System Erdoberfläche/Atmosphäre von oben zwar nur 2-mal täglich, aber dafür eben im Gegensatz zu den geosynchronen äquatorialen Satelliten global lückenlos und meist mit deutlich höherer geometrischer Auflösung erfasst. Anfang 2006 befanden sich folgende Satelliten im Einsatz, z.T. aber mit Einschränkungen in der Funktion und Verfügbarkeit von Instrumenten für die Datengewinnung:

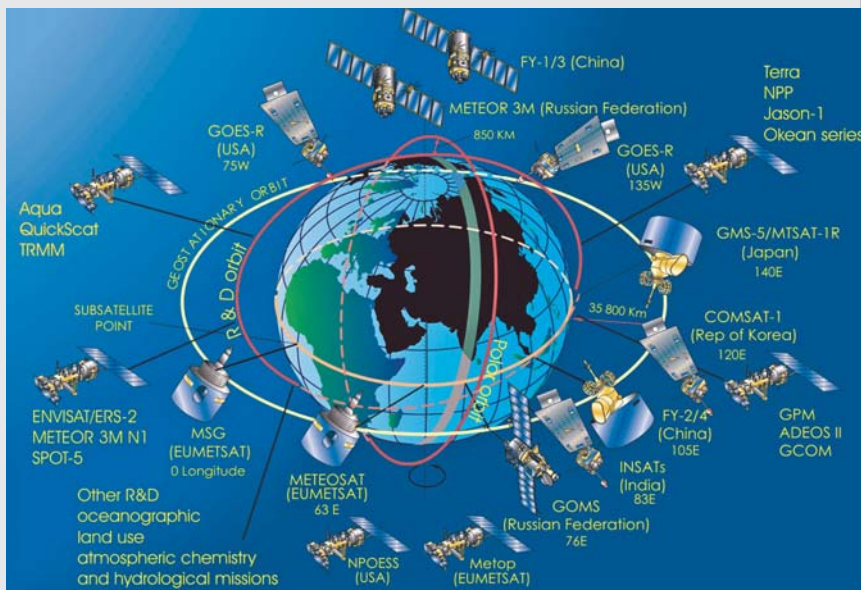
a) Sonnensynchrone Vormittagssatelliten mit Wiederkehr in der ersten Nachthälfte mit entgegengesetzter Äquatorüberquerung.

Operationell tätig: Von den USA: NOAA-17 (künftig NPOESS) sowie DMSP-F16 und DMSP-F13 (fliegt allerdings schon frühmorgens), letztere beides militärische Satelliten mit ziviler Nutzung von Daten über die Organisation NOAA.

Von Russland: METEOR-3M-1 mit Einschränkungen.

Von China: FENGYUN-1D.

Von EUMETSAT ist für Juni der erste Satellit



Grafik: WMO.

der neuen Serie METOP (EPS) geplant.

Als Ersatz (E) oder mit reduzierter Verfügbarkeit (R): DMSP-F14 und -F15 (beide E), NOAA-15 (E) sowie NOAA-12 (R).

b) Sonnensynchrone Nachmittagssatelliten :

Operationell tätig: NOAA-18.

Als Ersatz mit reduzierter Verfügbarkeit: NOAA-14 u. -16 (beide R), künftige NPP/NPOESS.

Satelliten für die Forschung und Entwicklung (R & D = Research and Development). Dabei handelt es sich um polnah umlaufende Satelliten mit überwiegend sonnensynchronen Bahnen mit Flughöhen meist zwischen 550 und 900 km Höhe, in Einzelfällen bei 400, 1.000 und 1.400 km. Bei sehr hoher geometrischer Auflösung und zwangsläufig geringerer Scanbreite wird eine vollständige globale Überdeckung oft erst nach einer Vielzahl von Tagen erreicht. Die Serien, die sich bereits über einen längeren Zeitraum erstrecken, sind die für verschiedene Geowissenschaften nutzbaren eigentlichen Fernerkundungssatelliten LANDSAT (USA), (anfänglich ERTS genannt, 7 Starts von 1972 bis 1999) und SPOT (Frankreich, mit 5 Starts von 1986 bis 2002). Obwohl von der WMO als Raumfahrtprogramme geführt, betreffen sie im Prinzip alle dafür in Frage kommenden Geowissenschaften. Neuere Satelliten, oft Einzelsatelliten oder mögliche Prototypen für künftige Serien (siehe Abbildung der Position bzw. Anordnung der Satelliten in Bezug auf die Erdkugel) wurden erst in den letzten 10 Jahren für spezielle Forschungsprojekte gestartet wie z.B.

PARASOL (CNES, Frankreich), ERS 1 und 2 (ESA, 1991 und 1995), ENVISAT-1 (ESA, 2002), TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission, USA/Japan, 1997), TERRA, UARS und AQUA (NASA) und JASON-1 (NASA/CNES) oder befinden sich noch in Entwicklung.

Ausblick

Die Meteorologie ist noch stärker als andere Wissenschaften von der Sache her auf internationalen Datenaustausch und internationale Zusammenarbeit angewiesen. Ähnliches gilt für die meisten Geowissenschaften. Sie können sich erst richtig entfalten, wenn keine Hindernisse zwischen den Staaten oder durch politische Blockbildungen bestehen. Insofern hat die Entwicklung seit 1990 weltweit, aber besonders auch in Europa, zu mehr Freizügigkeit und Kooperation geführt und sollte weiterhin wirken und ebenso auf andere Gebiete und Bereiche ausstrahlen. Wie man sieht kann die Globalisierung auch zu positiven Ergebnissen führen. Damit dürfte auch immer deutlicher werden, dass wir mit den von der Natur gegebenen Ressourcen besser haushalten müssen, um so auch die Lebensbedingungen für viele nachfolgende Generationen nicht nur nicht zu erschweren, sondern eher sogar zu erleichtern. Das gilt auch und gerade für die Gefahren, die mit Klima- und Wetteränderungen einhergehen.

Helmut Neumeister war von 1961 bis 1999 in Potsdam zuerst beim Meteorologischen Dienst und ab 1990 beim Deutschen Wetterdienst tätig, zunächst bis 1966 als Vorhersagemeteorologe, dann auf dem Gebiet der Satellitenmeteorologie.



Satellitengestützte Erdbeobachtung

Aufgaben des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums im DLR

Von Prof. Dr. Stefan Dech, Gunter Schreier, Dr. Robert Meisner



Was ist Fernerkundung?

Die Beobachtung der Erdoberfläche aus der "Ferne", die Sicht von "Oben", ist so alt wie die Möglichkeiten des Menschen, den Erdboden zu verlassen und Aufnahmen des Gesehenen zu erstellen. Der Siegeszug der Luftfahrt förderte die systematische Erfassung gesamter Länder aus der Luft und das damit verbundene ingenieurtechnische Rüstzeug der Bildmessung ("Photogrammetrie"). Mit der Möglichkeit, Satelliten in den Weltraum zu bringen, hat auch die Fernerkundung diese neue Dimension menschlichen Wirkens erobert. Getragen vom "Kalten Krieg" lieferten sich die Großmächte auch ein Wettrennen um die besten Aufklärungssysteme im Weltraum. Zunächst wurden diese Systeme mit traditioneller, analoger Filmtechnologie betrieben. Die Filmkapseln wurden abgeworfen und von speziellen Flugzeugen aufgefangen. Die Sicht aus dem Weltraum wurde danach auch von den Meteorologen entdeckt. Die uns heute aus

dem Wetterbericht vertraute Wolkenkarte über Europa stellte einen gewaltigen Durchbruch zur Verbesserung der Genauigkeit der Wettervorhersage dar. Analog arbeitende und modifizierte Videokameras lieferten hier die ersten Bilder. In ca. 36.000 Kilometern Höhe – dem geostationären Orbit – ist die Dauer eines Umlaufs des Satelliten um die Erde gleich 24 Stunden. Wetter-satelliten verharren deshalb scheinbar über einem Punkt der Erdoberfläche und ermöglichen eine kontinuierliche Gesamtübersicht über die Wettersituation eines gesamten Kontinents.

Die Trennung der Bilder der Oberfläche der Erde in verschiedene Farben (Spektralkanäle) und die Verbesserung der geometrischen Auflösung erlaubte es seit 1972 dem ersten zivilen US-Fernerkundungssatelliten Landsat-1 in vier Spektralkanälen Bilder mit einer Auflösung von 80 Metern zu liefern. Diese "Bilder" standen nun schon digital zur Verfügung. Solche abbildenden Satellitensensoren fliegen in Höhen zwischen 450 km und ca. 900 km und umkreisen die Erde in ca. 70 bis 120 Minuten. Da diese Fernerkundungssatelliten über die Polgebiete der sich drehenden Erde fliegen, wickeln sich die Bildstreifen ihrer elektronischen Kameras nach einigen Tagen komplett um die Erde und ermöglichen so die Aufnahme jeden Punktes auf der Erde in regelmäßigen Zeitintervallen von Tagen oder Wochen.

Die Entwicklung neuester optischer und elektronischer Bildsensoren ermöglicht heute zivil verfügbare, digitale Aufnahmen mit einer Auflösung von besser als einem Meter. Neben den USA hat sich vor allem Europa mit der Europäischen Weltraumagentur ESA und ihren Mitgliedsländern als technologischer Vorreiter in der Satelliten-Fernerkundung etabliert. Die bildhafte Aufnahme der Erdoberfläche mit Radarfrequenzen (Synthetic Aperture Radar =

SAR) wurde in Europa und vor allem in Deutschland bis zum operationellen Einsatz im Weltraum weiterentwickelt. Während optische Systeme auf wolkenfreie Sicht auf die Erdoberfläche angewiesen sind, können Radarsysteme Wolken durchdringen und auch bei Nacht Bilder liefern. Andere Nationen – vor allem die aufsteigenden Staaten Indien, Brasilien und China – betreiben ein ambitioniertes Satellitenprogramm, welches vor allem der Erdbeobachtung einen hohen Stellenwert einräumt.

Die Beobachtung der Erde mit Satelliten nutzt heute einen weiten Bereich von Sensortechnologien. Die traditionelle optische Fernerkundung wird durch die Erweiterung der Auflösung im spektralen Bereich durch "hyperspektrale" Sensoren erweitert. Gemessen in bis zu 256 Spektralkanälen liefern so Mineralien, Vegetation und Werkstoffe einen "spektralen Fingerabdruck", der die chemische Zuordnung des Stoffes auch aus der Entfernung des Erdorbits ermöglicht.

Der "globale Wandel" erfordert auch die Beobachtung des Zustandes der Erdatmosphäre. Von Interesse ist dabei eine Reihe von Gasen, die nur in "Spuren", d.h. in extrem geringen Mengen in der Atmosphäre vorkommen. Ein solches Spurengas ist beispielsweise Ozon (O_3), welches die gefährliche ultraviolette Strahlung abschwächt. Es macht jedoch an keiner Stelle der Erde mehr als ein 100.000stel der Zusammensetzung der Atmosphäre aus. Durch Vermessung des Lichtspektrums, das von diesen Molekülen ausgesendet wird, oder durch Bestimmung der Abschwächung der solaren Strahlung beim Durchgang durch die Atmosphäre kann auf die Menge des in der Atmosphäre vorhandenen Ozons geschlossen werden. Die Verknüpfung dieser Messungen mit einem Modell der Atmosphäre ermöglicht überdies Aussagen über Parameter, die der Satellit selbst gar nicht direkt messen kann. Die Technik und der Betrieb des Satelliten im Weltraum werden als "Raumsegment" bezeichnet. Derzeit sind etwa 100 Erdbeobachtungssatelliten für zivile Anwendungen im Einsatz. Firmen sind zumeist im Auftrag nationaler und europäischer Organisationen (ESA und EUMETSAT) für den Bau des Satelliten und seiner Fernerkundungs-Nutzlast verantwortlich. Gewinnbringende Anwendungen dieser Satellitentechnologie lassen in zunehmender Zahl auch kommerzielle Betreiber in den



Das Forschungszentrum des DLR in Oberpfaffenhofen aus Sicht des Satelliten IKONOS der Firma Space Imaging. Das Zentrum liegt westlich der deutlich erkennbaren Landebahn des Werksflughafens. Im Nordosten des Bildes liegt die Ortschaft Gilching, im Südosten Wessling.

Markt eintreten.

Das "Nutzlast-Bodensegment" beginnt mit der Übermittlung der digitalen Messdaten des Satelliten an eine Bodenstation während der Satellit diese Station überfliegt. Aufgeprägt auf eine Frequenz im Mikrowellenbereich werden diese Daten mit einer Datenrate von bis zu 350 MBit/sec von Parabolantennen empfangen. Bilder mit einer Auflösung von bis zu 11.000 mal 11.000 Bildpunkten, einem Informationsinhalt von bis zu 11 Bit pro Bildpunkt und mehreren Farbkämlen sind das Resultat einer solchen Aufnahme. Diese Roh-Daten müssen mittels komplexer Kalibrations- und Prozessierungsverfahren in nutzernahe Produkte umgewandelt werden. Die Daten werden in digitaler Form archiviert und als Bild- und Informationsprodukte den Anwendern zur Verfügung gestellt. Schritt haltend mit der technologischen Entwicklung werden hier neue Medien (z.B. DVD) und das Internet als Distributionsmedium benutzt.

Das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)

In Oberpfaffenhofen, in der Nähe von München, liegt das Raumfahrtzentrum des DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt). Als Einrichtung des DLR agiert das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) als Bodensegment für nationale und internationale Fernerkundungsmissionen sowie das Institut für Methodik der Fernerkundung (IMF) zur Entwicklung neuer Fernerkundungsverfahren. Mit seinen 160 Mitarbeitern hier und in der Außenstelle Neustrelitz nördlich von Berlin, deckt das DFD die gesamte Palette des Bodensegments vom Empfang der Daten bis hin zur Anwendung ab. Geographisch im Zentrum Europas gelegen, eignen sich die deutschen Stationen ideal zum Empfang aller Satelliten, die Gesamt-Europa abdecken. Diesen geographischen Vorteil und die langjährige Erfahrung bei internationalen Satellitenmissionen nutzen sowohl öffentliche Auftraggeber, die ESA und private Firmen, um das DFD mit der Aufnahme der Daten Ihrer Satelliten zu beauftragen. Initiiert durch nationale Projekte für die Umwelterkundung hat das DFD schon Anfang der 90er Jahre damit begonnen Empfangsstationen auch dort aufzubauen, wo Umweltinformationen dringend benötigt werden. So betreibt das DFD auch eine Bodenstation in der Antarktis und ermöglicht bald auch mit einer Station in Mexiko die Kartierung großer Teile des karibischen Raumes.

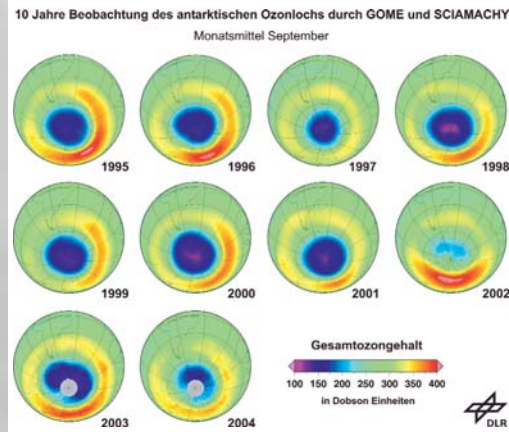
Die weitere Verarbeitung dieser digitalen Informationen erfolgt ebenfalls am Datenzentrum. So beauftragte die ESA das DFD als "Processing and Archiving Centre" (PAC) für

die wichtigsten europäischen Fernerkundungsmissionen ERS-1, ERS-2 sowie ENVISAT zu dienen. Die komplizierte Verarbeitung der Radarbilder dieser Missionen sowie deren Archivierung und Verteilung an weltweite Anwender findet in Oberpfaffenhofen statt. Die Datenmengen nicht nur solcher Radarsensoren addieren sich schnell zu Hunderten von TeraByte (1 TeraByte = 1.000 Gigabyte). In Zusammenarbeit mit der Industrie entwickelten die Ingenieure des DFD deshalb ein "Daten- und Informations-Management System" (DIMS). Herzstück von DIMS ist das "on-line" Archiv, ein robotergestütztes Archiv-System, welches in der Lage ist, digitale Daten auf verschiedensten neuen Medientypen zu speichern und zu verwalten. Gesteuert von der DIMS-Software laufen die Vorgänge vom Empfang der Daten, deren Verarbeitung und Katalogisierung bis hin zur Auslieferung über das World Wide Web (<http://www.eoweb.dlr.de>) weitgehend automatisch ab. Als "National Remote Sensing Data Library" der Bundesrepublik Deutschland (NRSDL) dient dieses Archiv als Quelle für Satellitenbilder über Deutschland, Europa und von nationalen Projekten seit Beginn der Fernerkundung in den 70er Jahren.

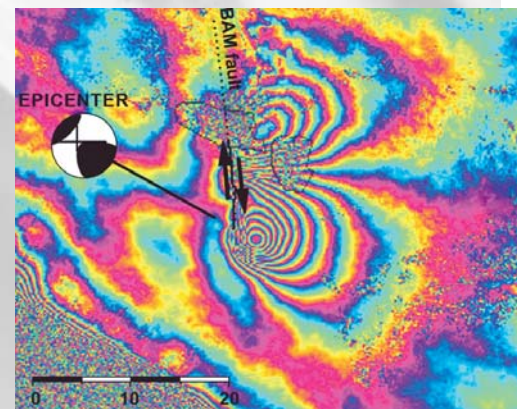
Ergänzend zu den operationellen Diensten des Bodensegments engagiert sich das DFD in der Weiterentwicklung der Anwendung von Satellitendaten. In Zusammenarbeit mit internationalen Organisationen und der Industrie wird dabei ein weites Spektrum abgedeckt. Kartierungen der Umwelt, die Gefährdung der Biodiversität und der Zustand der globalen Atmosphäre gehört dabei ebenso zu den Aufgaben wie die Erfassung der Höhen der Erdoberfläche, die mediengerechte Visualisierung der Aufnahmen und der Einsatz von Satellitendaten im Katastrophen- und Krisenmanagement.

Anwendungen für Umwelt und Sicherheit (GMES)

Parallel zu der Entwicklung eines eigenständigen Satellitennavigationssystems (Galileo) hat Europa das Projekt "Global Monitoring for Environment and Security" (GMES) als Leitprojekt der Nutzung des Weltraums ins Leben gerufen. Neben der Erhebung von Umwelt- und Geo-Daten mit konventionellen Mitteln steht hier vor allem der Auf- und Ausbau der Nutzung von Fernerkundungssatelliten und der dazu notwendigen Infrastruktur im Vordergrund. Getragen vom Bedarf vor allem der Direktorate und Agenturen der Europäischen Kommission werden in Zusammenarbeit mit der ESA, den nationalen Raumfahrtorganisationen und der Industrie Dienste eingerichtet, welche den Entscheidungsträgern maßgeschneiderte Geoinformations-Produkte liefern.



Die Ozonverteilung über dem Südpol aus Messungen der Sensoren GOME und Sciamachy an Bord von ERS-2 bzw. des ENVISAT-Satelliten.



Die Ozonverteilung über dem Südpol aus Messungen der Sensoren GOME und Sciamachy an Bord der ERS-2 bzw. ENVISAT Satelliten. Die Ozonverteilung über dem Südpol aus Messungen der Sensoren GOME und Sciamachy an Bord der

Eine regelmäßige Kartierung der Landnutzung, des Forstbestandes, der urbanen Zersiedelung, der Qualität der Luftgüte in der Atmosphäre und Satelliten-Dienste zur Unterstützung im Katastrophenfall gehören zu den Projekten, in denen deutsche Firmen und das DFD eine führende Rolle übernommen haben. Nach dem Abschluss der Studien- und Orientierungsphase, geht GMES nun in die Implementierung, um bis 2008 mit ersten Diensten operationell zur Verfügung zu stehen.

Wichtige Parameter in den Veränderungen des Klimas lassen sich nur durch globale Beobachtungen erfassen und durch internationale Koordination zusammenführen. Auf Basis seiner Aufgaben und Expertise in der Satellitenerkundung der Atmosphäre, betreibt das Fernerkundungsdatenzentrum des DLR deshalb ein Weltzentrum für die Fernerkundung der Atmosphäre. Über Deutschland und Europa hinaus werden hier Klimaforscher und Agenturen auf der ganzen Welt mit neuesten Satellitenmessungen



Das Bild zeigt Ergebnisse, wie sie die Deutsche TerraSAR-X Mission liefern kann. Die Farbe der Punkte stellt die Geschwindigkeit der Wagen auf der Autobahn nahe Ludwigshafen dar. Grafik und Fotos: DFD/DLR.

aber auch historischen Zeitreihen versorgt (<http://wdc.dlr.de/>).

Schnell und unbürokratisch müssen auch Rettungs- und technische Hilfsdienste im Katastrophenfall mit Informationen über das Ausmaß eines Unglücks und die jeweilige Lage vor Ort informiert werden. Während große Waldbrände schon in den grob aufgelösten Daten von Wettersatelliten zu erkennen sind, benötigt man zur Kartierung einer Überschwemmung oder der Zerstörung nach einem Erdbeben geographische Informationen mit einer Detailgenauigkeit von bis zu einem Meter und besser. In Zusammenarbeit mit der Firma European Space Imaging (EUSI, München) stehen dem DFD solche Daten kurz nach deren Aufnahme zur Verfügung. In Kooperation mit anderen Satellitenbetreibern, auch außerhalb Europas, übernimmt das DFD in erklärten Krisenfällen die Aufgabe, solche Daten zu empfangen und den Hilfskräften vor Ort in geeigneter Form schnell zukommen zu lassen. Neben seiner internationalen Vernetzung arbeitet ein eigenes Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) im DFD eng mit nationalen Behörden und Dienststellen zusammen (www.zki.caf.dlr.de)

Der Begriff der "Sicherheit" in der europäischen Strategie zur Erschließung von Weltraumtechnologien wird auch auf Krisen und Bedrohungen im humanitären und politischen Kontext erweitert. In der gemeinsamen Außen- und Sicherheitspolitik (CFSP = Common Foreign and Security Policy) spielt die Aufklärung mittels Satelliten eine bedeutende Rolle. Während die ökologische Kartierung der Umwelt im GMES-Programm fortgeführt wird, wird darüber hinaus auch der Zugriff Europas auf entsprechende, zum Teil militärisch genutzte Satellitensysteme ausgebaut.

Projekte und Herausforderungen

In der kommerziellen Verfügbarkeit solcher hochauflösender Satellitensysteme sind momentan noch US-amerikanische Firmen führend. Im Auftrag des europäischen Lizenznehmers der US Firma "Space Imaging", empfängt das DFD die Daten des Satelliten IKONOS. Objekte von der Größe eines Meters lassen sich in den Bildern erkennen, welche von Oberpfaffenhofen aus an Anwender in alle Welt verschickt werden. In Zusammenarbeit mit der Firma GAF AG (München) und ihrer Tochter Euomap

(Neustrelitz) empfängt das DFD in Neustrelitz ebenso die Daten der Indischen Erdbeobachtungs-Satelliten. Während die derzeitigen Sensoren noch eher für die Umweltkartierung eingesetzt werden, stößt die nächste indische Satelliten-Generation – mit CartoSat – in den Meter-Bereich der Auflösung vor. Gleich zwei Kameras nehmen hier Bilder im Stereo-Modus auf, welche in dreidimensionale Höhenmodelle umgerechnet werden.

Mussten bislang Stereo-optische Luftaufnahmen manuell ausgewertet werden, wird die Kartierung der Topographie der Erde nun zunehmend mit Weltraumtechnologien erstellt und automatisiert. Neben der stereo-optischen Methode hat hierbei die Radar-Interferometrie den Vorteil, unabhängig von der Witterung zu arbeiten. In einer zweiwöchigen Mission wurde im Jahre 2000 auf dem Space Shuttle neben einer NASA-Antenne auch eine DLR-Radarantenne im "interferometrischen" Modus betrieben. Die Daten dieser "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM) wurden am DFD verarbeitet und liegen nun als globales Höhenmodell vor.

Deutschland hat auch beim Aufbau europäischer Satelliten die Führung bei hochauflösenden Radarsystemen übernommen. Fünf SARLupe Satelliten werden ab 2005 Radarbilder mit einer Auflösung von besser als einem Meter von jedem Punkt der Erde liefern. Neben diesem primär für militärische Nutzer zugänglichem System, startet das DLR in Partnerschaft mit der Firma Infoterra GmbH (EADS-Astrium) das kommerzielle Radarsystem TerraSAR-X. Ab 2006 dient die DFD-Empfangs- und Verarbeitungskette in Neustrelitz und Oberpfaffenhofen als globaler Knoten eines Netzes von TerraSAR-Kunden und Empfangsstationen. Neben den Radar-Bildern – auch diese mit bis zu etwa einem Meter Auflösung – ermöglicht TerraSAR-X auch die Messung von Geschwindigkeiten von Objekten am Boden. Vereinfacht gesagt, kommt hier das Prinzip der "Radarfalle" bei der Geschwindigkeitskontrolle im Straßenverkehr zum Einsatz. Die Messung von Meeresströmungen aus dem Weltraum soll aber auch die optimale Position für Gezeiten- und Strömungskraftwerke liefern.

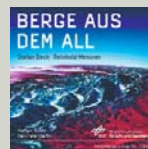
Die regelmäßige Beobachtung von land- und forstwirtschaftlichen Gebieten, um zum Beispiel den Einsatz von Düngern und Pestiziden zu optimieren, ist Aufgabe des Systems "RapidEye". Ab 2008 sollen fünf Satelliten für eine schnelle Wiederholung von multispektralen Aufnahmen vor allem während der Vegetationsperiode sorgen.

Industrielle Partner des DFD

Das Forschungszentrum des DLR wurde während der Shuttle-Missionen, bei denen

auch deutsche Astronauten beteiligt waren, als das "Deutsche Houston" bekannt. Neben der Kontrolle von Satelliten und bemannten Missionen repräsentieren die Institute und Einrichtungen des DLR mittlerweile auch eine über Deutschland hinaus wirkende Expertise in der Erdbeobachtung. Wissenschaftliche Grundlagen werden nahezu nahtlos in technische Systeme und operationelle Anwendungen umgesetzt. Die Zusammenarbeit mit Universitäten und der Industrie stellt dabei sicher, dass das Potenzial der Fernerkundung über die Grenzen der Grundlagenforschung erkannt und neue Möglichkeiten erschlossen werden. Das DLR beteiligt sich aktiv an Foren und Einrichtungen zur Förderung solcher Zusammenarbeit. Im "Anwendungszentrum Satellitennavigation" in Oberpfaffenhofen schuf z.B. das Bayerische Wirtschaftsministerium zusammen mit dem DLR eine Plattform für die Förderung neuer und innovativer Firmen auch im Bereich der Fernerkundung und Geomatik.

Umgekehrt erfordert das Management der digitalen Bilder aus dem Weltraum neue Lösungen in der Informationstechnologie. Die Entwicklung des "Daten- und Informations-Management Systems" (DIMS) wurde am DFD gemeinsam mit einer mittelständischen Firma betrieben (WERUM AG), welche DIMS nun für den internationalen Einsatz vermarktet. Neue Satellitensysteme und Anwendungsdienste werden in "Public Private Partnership" mit der Industrie realisiert. Satellitensysteme wie TerraSAR-X stärken die Vernetzung des DLR in industriellen und internationalen Partnerschaften. Anwendungsprojekte wie GMES sichern einen Transfer des Know-hows in operationelle Dienste und stellen eine Plattform für nationale und internationale Partner des DFD, sich in einem zusammenwachsenden Europa eine führende Position zu schaffen.



Berge aus dem All

Herausgegeben vom DLR, 244 Seiten mit 3 Ausklapp-tafeln, 148 Farbfotos, 128 Bildlegendenfotos, 80 Karten, 28,8 x 28,8 cm, ISBN: 3-89405-652-5

EUR 50,00 [D], 51,40 [A], sFr 86,00.

Aus der distanzierten Perspektive des Satelliten erlebt der Betrachter vertraute Ansichten völlig neu: Die ganze Himalaja- oder Andenketten auf einem Bild; oder eine Ansicht der Hawaii-Inseln einschließlich der Konturen unter Wasser. Aber auch weniger vertraute Ansichten bekommen faszinierende neue Facetten: der geheimnisvolle Ayers Rock in der australischen Wüste; der massive Damavand, der sich gleich hinter der iranischen Hauptstadt Teheran erhebt; der stets schneebedeckte Doppelgipfel des Elbrus im Kaukasus; der Tafelberg und der Lions Head mit den sie umfließenden Siedlungen von Kapstadt. Ergänzt werden die Satellitenaufnahmen durch einmalige Fotos, die von Astronauten direkt aus Raumkapseln und Shuttles aufgenommen wurden.

Der **Kalender (2007)** zum Erfolgsbildband, mit 12 heraustrennbaren Postkarten und 13 Farbfotos, ist ab **Juni 2006** erhältlich.

Spiralbindung; 51,0 x 48,0 cm, EUR 29,90 [D], 30,80 [A], sFr 52,00. ISBN: 3-89405-729-7.

Die Zukunft der optischen Fernerkundung in Deutschland

Die hyperspektrale Satellitenmission EnMAP

Von Dr. Timo Stuffer, Kayser-Threde GmbH



Zurückblickend auf eine lange und erfolgreiche nationale Historie im Bau und Einsatz optischer Komponenten und der zugehörigen zum Teil komplexen Systeme, finden diese auch in der Satellitenindustrie als Nutzlast, wie Spektrometer und Kamerasysteme, verstärkt ihren Einsatz. In der Erdbeobachtung ist hierbei im Zeitraum von über 20 Jahren ein weltweiter operationeller Markt entstanden, indem optische Satelliten in Langzeitprogrammen wie Landsat und Spot kontinuierlich im Orbit platziert und über die Zeit von verbesserten Satelliten ersetzt wurden. Parallel hierzu hat sich in der weiteren Folge ein entsprechender In-

dustriezweig zur Datennutzung und -kommerzialisierung mitentwickelt. Nationale Beispiele für optische Satellitenkonstellationen und Datenveredler sind RapidEye AG und GAF AG. Im Folgenden soll anhand des Beispiels der EnMAP Mission (Environmental Mapping and Analysis Program) ein Ausblick in die Zukunft der optischen satellitengestützten Fernerkundung gegeben werden.

Wohin entwickelt sich die optische Fernerkundung?

Wichtige Treiber bei der Optimierung der optischen Satelliten lagen bisher vorrangig in einer Erhöhung der Bodenauflösung und der Empfindlichkeit der Kamerasysteme. So kann heute je nach Anwendung auf optische Bilder der Erde mit Auflösungen von einem Meter und besser zurückgegriffen werden. Diese Systeme liefern allerdings Daten in einer beschränkten Zahl von Spektralbändern, typischerweise in einer Größenordnung von fünf bis acht Bändern. Die Zukunft der optischen Fernerkundung liegt hier nicht nur in einer weiteren

Verbesserung der Bodenauflösung, sondern speziell in einer Erhöhung der Anzahl der Spektralbänder. Nur mit diesen sogenannten Multi- oder Hyperspektralsensoren lassen sich entsprechende, detaillierte Aussagen über Art und Zustand der unterschiedlichen aufgenommenen Materialien auf der Erdoberfläche treffen, wobei mit Hyperspektralsensoren mit hoher Präzision deutlich spezifischere Aussagen über die aufgenommenen Bilddaten möglich sind. Somit kann auf aktuelle und dringend benötigte Informationen zurückgegriffen werden, die zur Beantwortung globaler, geologischer sowie umwelt- und biospezifischer Fragestellungen unabdingbar sind. Durch die Planung und Realisierung der nationalen Kleinsatellitenmission EnMAP – eine Mission, die durch neuere technische Entwicklungen jetzt mit der benötigten Datenqualität konzipierbar ist – hat Deutschland alle Chancen, eine Führungsrolle in den zukünftigen Entwicklungen der Raumfahrtoptik zu halten und in einer Spitzenposition neue Märkte bei der kommerziellen Datenvermarktung zu nutzen.





Abbildung 1: EnMAP-Darstellung mit farblich kodiertem, hyperspektralem Datenkubus.

Hintergrund EnMAP Programmatik und Systemstudie

Getrieben durch hochaktuelle, wissenschaftliche und kommerzielle Fragestellungen zum System Erde entstand der Vorschlag für die hyperspektrale Satellitenmission EnMAP. Dieser wurde der nationalen Raumfahrtagentur Ende 2003 im Rahmen eines Aufrufs für die nächste Kleinsatellitenmission vorgelegt. EnMAP hat sich in diesem Wettbewerb gegen neun weitere Vorschläge durchgesetzt und so für eine Phase A-Studie (Feasibility Studie) qualifiziert. In den ersten Planungsansätzen hatte das Team unter industrieller Führung der Kayser-Threde GmbH und wissenschaftlicher Leitung am Geo-Forschungszentrum Potsdam (GFZ) unter Begleitung des DLR versucht, das weltweite Interesse an der Hyperspektralthematik in die Missionsrealisierung mit einzubinden und so vorrangig zunächst einen internationalen kooperativen Ansatz untersucht. Schlussendlich kristallisierte sich aber eine reine nationale Variante in einem Verbund von sogenannten mittelständischen und Non-Prime-Firmen als bevorzugte und bezahlbare Lösung heraus. Dieser Ansatz stellt das Thema auf eine breite, nationale, industrielle und wissenschaftliche Basis, indem vorhandenes Wissen der wichtigsten Schlüsselpartner optimal genutzt und somit die Zukunft der weltweit expandierenden Raumfahrtoptik in Deutschland gesichert wird.

Nach dem erfolgreichen Abschluss der EnMAP-Phase A-Studie Ende 2005 befindet

sich die Raumfahrtagentur zur Zeit der Erstellung dieses Artikels noch im Endauswahlprozess zur Definition des weiteren Vorgehens.

EnMAP Leistungsfähigkeit und technische Hintergrundinformationen

In Abbildung 2 (links) sind Messdaten eines Multispektralsensors gezeigt, die nur eine geringe Möglichkeit zur Identifikation des Materials (hier Minerale) zulassen. Zur Validierung der Daten müssen vor Ort Bodenanalysen durchgeführt werden. Im Vergleich hierzu sind in Abbildung 2 (rechts) beispielhaft die entsprechenden hyperspektralen Messsignale (Spektren) dargestellt. Diese sind klar voneinander differenziert und ermöglichen eine eindeutige Diagnose und verbesserte Klassifikation des entsprechenden Materials. Mit EnMAP werden diese Daten flächendeckend und global aufgezeichnet.

In Abbildung 3 ist EnMAP, charakterisiert über das Auflösungsvermögen und die Anzahl der Spektralbänder, im Vergleich mit anderen Multi- und Hyperspektralsystemen dargestellt. EnMAP bietet die globale Erfassung von Ökosystemparametern mit hoher spektraler und räumlicher Auflösung bei vergleichsweise hoher Wiederholrate. EnMAP liefert damit einzigartige Daten und hebt sich durch seine Leistungsfähigkeit eindeutig von allen existierenden ähnlichen Satellitensystemen ab (roter Kasten, rechts im Diagramm). Neben neuen Antworten auf zeitgemäße wissenschaftliche Fragestellungen haben die hyperspektralen Daten-

sätze von EnMAP großes Potenzial für viele zukünftige kommerzielle Anwendungen.

Wissenschaftliche und kommerzielle Applikationen

Geführt vom GFZ Potsdam und unterstützt von einer großen, zum Teil internationalen Wissenschaftsgemeinde, werden durch EnMAP bisher nicht bestimmbar Umweltparameter erfasst und über unterschiedlichste Modelle in wissenschaftliche Applikationen umgesetzt. Davon profitieren so unterschiedliche Anwendungsfelder wie Geologie, Land- und Forstwirtschaft, Binnengewässerklassifizierungen, Städteplanung und viele mehr. Im Rahmen der Realisierung von EnMAP werden zusätzlich Prozesse und Formate entwickelt, welche die Basis für kommerzielle Anwendungen liefern. Ein Teil der EnMAP-Daten soll hierbei bereits in der Betriebsphase einer entsprechenden kommerziellen Nutzung zugeführt und kontinuierlich optimiert werden.

EnMAP wurde gezielt als nutzergetriebene Mission ausgelegt, wodurch eine optimale Datengrundlage zur detaillierten Analyse und damit zum verbesserten Verständnis der auf unserer Erdoberfläche ablaufenden Prozesse gegeben wird. Durch die Interaktion zwischen Wissenschaft und kommerziellen Anwendern in der EnMAP-Nutzergemeinschaft werden sowohl die nationale Wissenschaft als auch die Value-Adding-Industrie deutlich gestärkt und in die Position versetzt, eine internationale Führungsrolle in der zukunftsweisenden optischen Fernerkundung zu übernehmen.

Missionsparameter für EnMAP

Orbit		
- Sonnensynchron	:	bei 643 km
- Inklination	:	97,96°
Äquator-Überflugzeit	:	11:00 h LTDN
Abbildungskonzept	:	"push-broom" mit 30 km Streifenbreite, ± 30 Grad schwenkbar
Beobachtungswiederholzeit (Schwenkwinkel)	:	< 4 Tage (± 30°), 23 Tage (± 5°)
Maximale Bodenabdeckung		
pro Tag	:	5.000 km x 30 km
Datenspeicherkapazität	:	512 Gbit
Datenübertragungsrate	:	100 bis 300 Mbps via X-Band
Instrument-Masse	:	< 200 kg
Instrument-Leistungsaufnahme	:	< 200 W
Messkanäle		
- VNIR	:	420 – 1.030 nm (96 Kanäle)
- SWIR	:	950 – 2.450 nm (122 Kanäle)
Startmasse Satellit	:	766 kg
Satellitenausrichtung		
- Genauigkeit	:	besser als 500 m
- Kenntnis	:	besser als 100 m
Lebensdauer	:	5 Jahre

Einige wichtige Anwendungsbeispiele sind exemplarisch im Folgenden kurz dargestellt:

- **Forstwirtschaft:** EnMAP ermöglicht durch die hohe Aussagekraft der Hyperspektraldaten eine Verbesserung bei der klassischen Forstzustandsüberwachung, beim Forstmanagement, von der Bewertung von Regenerationsflächen bis hin zur Waldnutzung.

- **Landwirtschaft:** Hyperspektraldaten ermöglichen im Vergleich zu derzeit verwendeten Multispektraldaten eine signifikante Verbesserung bei der Bewertung von Quantität und Qualität des Pflanzenwachstums. Dies erlaubt entsprechende hochwertige statistische Dienstleistungen (Vorhersagen), eine verbesserte Subventionskontrolle und ermöglicht landwirtschaftliches Risikomanagement bis hin zum ‚Precision Farming‘.

- **Binnengewässer und Küstenbereiche:** Satellitengestützte Hyperspektraldaten ermöglichen eine zeitnahe und flächige Gewässerzustandsüberwachung wie sie bislang nur an punktuellen Messstellen mit entsprechendem Personaleinsatz möglich ist. Dies führt zu Kosteneinsparung bei gleichzeitiger Qualitätsverbesserung bei Bewertung und Vorhersage.

- **Boden- und Land-Management:** Die klassischen Aufgaben der öffentlichen Institutionen werden unterstützt durch bessere Differenzierung, höhere Qualität und Reduktion der Kosten.

- **Geologie und Prospektion:** Das Anwendungspotenzial der Hyperspektraldaten geht weit über jenes von bislang verfügbaren Multispektraldaten hinaus. Es ermöglicht die effiziente diagnostische Kartierung und Analyse, wie sie bei der Rohstoffsuche bis hin zur Entsorgung von Altlasten und der Umweltüberwachung erforderlich wird.

Missionsrealisierung in ausgesuchten Kooperationen

Zur Realisierung von EnMAP wird aufbauend auf den langjährigen Erfahrungen der Hyperspektralanalyse am GFZ auch auf vorhandenes Institutswissen und Infrastruktur der DLR-Institute sowohl im Satellitenbetrieb, als auch in der Datenspeicherung und -verarbeitung und der Expertise bei optischen Systemen zurückgegriffen. EnMAP stellt einen entsprechenden Datenlieferanten für das Forschungsnetzwerk ‚Integriertes Erdbeobachtungssystem‘ (Helmholtz-EOS) dar, welches interdisziplinär in allen Bereichen auf hyperspektralen Messdaten aufbaut. Durch die Integration des

zwischen GFZ und DLR-DFD (Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum) gemeinsam angeschafften hyperspektralen Flugzeugsensors ARES in das Szenario für einen hyperspektralen Verbund bzw. eines hyperspektralen Netzwerks, werden hier gezielt Datenaustausch und -auswertung für spätere globale Anwendungsszenarien unterstützt. Diese Netzwerke und Verbünde formen die breit gefächerte Basis für eine direkte und optimale Integration der EnMAP-Daten in der Wissenschafts- und Nutzergemeinde, deren Anforderungen bereits in der Konzeption des Satellitensensors berücksichtigt wurden.

Auf der technisch-industriellen Seite werden verschiedene Subsystementwicklungen für eine optimierte Realisierung von EnMAP begleitet. Der Teamverbund berücksichtigt nationale industrielle Stärken, wie die Integration des kosteneffektiven und leistungsstarken Busses von OHB Technology AG als Beispiel zeigt. Auch in der Nutzerindustrie werden eine Vielzahl von Unternehmen wie die GAF AG, Definiens Imaging GmbH und VISTA GmbH mit ihren jeweiligen Stärken integriert – schlussendlich treibende Motoren weltweit konkurrenzfähiger Spezialisierungen. Dieser Weg steht generell für einen **kosteneffektiven und innovativen Einsatz öffentlicher Mittel**.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit EnMAP bietet sich der deutschen Raumfahrt- und Datennutzerindustrie eine einmalige Möglichkeit, in der Erdbeobachtung und Optik eine Führungsrolle zu behaupten, indem die bestehenden Erfahrungen nationaler Industrie- und Wissenschaftscluster direkt in die Realisierung integriert werden.

Der Hyperspektralsatellit EnMAP

- stärkt die Spitzenstellung nationaler Wissenschaftsgruppen
- unterstützt den Ausbau der führenden Position deutscher Unternehmen für optische Systeme
- bietet breit gestreute Beteiligungsmöglichkeiten für eine Vielzahl mittelständischer Unternehmen
- verfügt über ein großes Potenzial für vielfältige kommerzielle Applikationen
- stellt eine starke Basis für Verhandlungen möglicher internationaler Kooperationen dar.

EnMAP muss **zeitnah realisiert werden**. Eine größere Verschiebung des Missionstermins gefährdet den Vorsprung, den sich das mittelständische deutsche Satellitenkonsortium und die Nutzerindustrie gegenüber weltweit agierenden Konkurrenten erarbeitet haben. Neben z.B. Indien, Kanada,

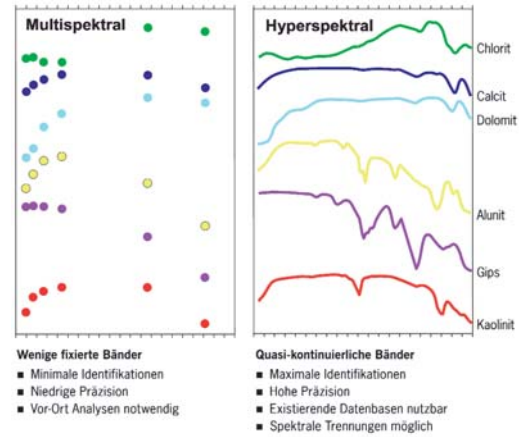


Abbildung 2: Vergleich von multispektralen und hyperspektralen Messdaten.

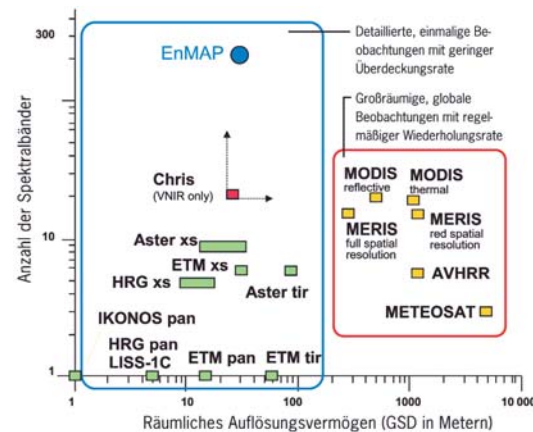


Abbildung 3: Darstellung der EnMAP-Leistungsfähigkeit im Vergleich mit anderen weltraumgestützten Multi- bzw. Hyperspektralsystemen. Fotos: Kayser-Threde.

Italien, Südafrika und USA, plant Japan bereits eine hyperspektrale Satellitenkonstellation nach dem RapidEye-Modell.

Deutschland darf die Zukunft nicht verschlafen und muss wieder vermehrt auf die in der Historie gewachsenen Stärken in der Optik setzen. Schlussendlich entscheiden wir heute über das Morgen und hier haben wir nun die einmalige Chance, optische Schlüsseltechnologien gezielt für ein konkurrenzfähiges Morgen national auf breiter Basis zu verankern.

Der Kreis schließt sich

Erdbeobachtung bei Jena-Optronik

jenaoptronik
Aerospace and Security

Von Dietmar Ratzsch, Geschäftsführer Jena-Optronik GmbH



Die Raumfahrt hat viele Facetten. Die Sehnsucht des Menschen, das Weltall zu erkunden, und die Suche nach neuen Erkenntnissen trägt ihn weit hinaus ins All und bringt ihn dabei der Erde selbst ganz nah – mit Antworten, Informationen und neuen Visionen.

Vor 30 Jahren, am 12. September 1976, erfolgte der erste Weltraumeinsatz der Multispektralkamera **MKF-6** an Bord des Raumschiffes Sojus-22. Sie war der erste Schritt der damaligen DDR zur kosmischen Fernerkundung der Erdoberfläche (siehe auch RC 36). Die gleichzeitige Aufnahme von sechs verschiedenen Multispektralbereichen des Lichts auf speziellen hochempfindlichen Schwarz-Weiß-Filmen ermöglichte eine Detaillierbarkeit am Boden von 10 m x 10 m bei 265 km Flughöhe. Die entstandenen Kamerabilder wurden zur Beurteilung von land- und forstwirtschaftlichen Kulturen und Flächen, von Wasser- sowie Bodenqualität, aber auch zur Be-

stimmung des Erntezeitpunktes, zur Umweltforschung und für meteorologische Aussagen genutzt. Sein Pendant für die luftgestützte Fernerkundung fand das System in der Luftbildkamera **MSK-4** mit vier Farbkämen, welche mehr als 40-mal gebaut und international vermarktet wurde. Beides waren Entwicklungen der Abteilung Raumfahrt des damaligen Unternehmens VEB Carl Zeiss Jena.

Eben diese multispektralen Erdbeobachtungskameras stellten – neben den ersten autonomen Sternsensoren – das Kernwissen der Mannschaft dar, die 1991 die Jena-Optronik GmbH gründete. Das Unternehmen gehört zu den Pionieren der Weltraumforschung und entwickelt heute optoelektronische Instrumente für verschiedenste Anwendungen im Bereich der Raumfahrt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Entwicklung opto-elektronischer Systeme zur Erdbeobachtung. Ob meteorologische Satelliten oder Kameras zur Erfassung von Infrastruktur- und Vegetationsdaten – die Lösungen sind als Langzeit-Informationsquelle ausgelegt.

Diesen Technologietrend unterstützt auch eine der neuesten Entwicklungen: die multispektrale Luftbildkamera Jena Airborne Scanner **JAS 150** (Objektiv mit 150 mm Brennweite). Mit diesem digitalen Scanner können Stereobildaufnahmen mit einer bisher unerreichten Auflösung von etwa 15 cm aus 4.000 Metern Höhe erreicht werden. Beim Überflug eines Gebiets können mit den neun CCD-Zeilen vier Spektralkanäle und fünf panchromatische Stereokanäle in voller Auflösung gleichzeitig aufgenommen werden. Mit der integrierten Software Jena Stereo können die gewonnenen Daten zur Herstellung von Karten und Höhenmodellen sowie zur Boden- bzw. Vegetationsklassifizierung verarbeitet werden. Dieses Systempaket erweitert das Anwendungsspektrum für den Nutzer beträchtlich. Besonders in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, im Städteplanungsbereich, in der Meteorologie und zur Telekommunikation mit Mobilfunknetzen finden die gewonnenen Daten vielfältigen Einsatz. Die Jenaer Ingenieure legen bei der Entwicklung von Instrumenten und Geräten nicht nur großen Wert auf zukunftsweisende Technologien, praxiserprobte Funktionalität, modularen Aufbau und ein ansprechendes Design, vielmehr geht es um kosteneffiziente Lösungen von technisch exzellenten und stabilen Systemen.

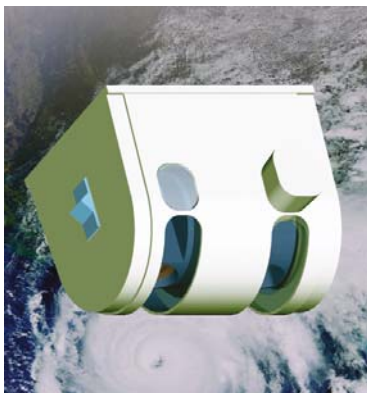
Mit dem 2004 abgeschlossenen Vertrag über die Entwicklung und Herstellung der Multispektralkameras für die RapidEye-Satelliten knüpft die Jena-Optronik an Tradition und Erfahrungen der ersten Generation Jenaer Raumfahrtentwicklungen an. Basierte die MKF-6 auf Linsenoptiken und Nassfilmentechnik, so sind es heute Pushbroom-Scanner mit hochmodernen Dreispiegeloptiken, welche für verschiedene Erdbeobachtungsmissionen genutzt werden können. Der Jena Spaceborne Scanner **JSS 56** (die Zahl 56 repräsentiert die fünf Spektralkanäle im sichtbaren Wellenlängenbereich und nahen Infrarot sowie die 6,5 m Abtastweite auf dem Boden) ermöglicht die ständige globale Datenabdeckung. Eine wichtige Eigenschaft der JSS 56 ist die große Schwadbreite von 70 km in einer Höhe von 620 km. Die Daten liefern Informationen für Landwirtschaft und Kartografie. Anwender sind so etwa Versicherungsagenturen (Prognose und Schadensermittlung), Großagrarbetriebe, Institutionen der EU und Agrarhändler (Warenterminbörsen).

Die Produktfamilie der Jena Spaceborne Scanner umfasst darüber hinaus das Konzept der JSS 54 und JSS 95. Letztere beinhaltet neben den fünf Spektralkanälen im VIS und NIR und einem panchromatischen Kanal auch drei Spektralkanäle im kurzwelligen Infrarotbereich (SWIR). Der panchromatische Kanal liefert 5 m Abtastweite am Boden, die übrigen Kanäle 30 m. Die Ergänzung um SWIR-Kanäle böte beispielsweise eine risikoarme und kosteneffektive Lösung für ein Instrument auf der zweiten Satellitenfamilie (Sentinel 2) innerhalb der europäischen Initiative zur Umwelt und Sicherheitspolitik GMES (Global Monitoring for Environment and Security). Sentinel 2 wird für die Beobachtung von Landoberflächen und Ozeanen eingesetzt. Insbesondere Vegetationsentwicklungen und die Wasserqualität in Küstenregionen werden dabei untersucht. Im Rahmen der GMES-Satelliten ist darüber hinaus Sentinel 3 zur direkten Beobachtung der Ozeane geplant. Die Ergebnisse werden einen Beitrag zum Verständnis des Klimawandels liefern. Die Jena-Optronik arbeitet hier an Instrumententeilen zur Messung der Oberflächentemperatur des Meeres (Sea Surface Temperature Instrument).

Im Bereich der meteorologischen Instrumente werden Spektralkanäle im mittleren



Eine der neuesten Entwicklungen: die multispektrale Luftbildkamera JAS 150 (Jena Airborne Scanner).



METImage. Das Instrumentkonzept der Jena-Optronik für Meteorologie- und Umweltsatelliten. Hintergrundbild: Hurrikan Rita im Golf von Mexiko.

und thermischen Infrarot-Bereich gefordert. **METImage** ist ein multispektrales abbildendes Radiometer. Durch ein rotierendes Teleskop wird eine sehr große Schwadbreite von 2.300 km bei einer Abtastweite von unterhalb einem km gemäß des Whiskbroom-Scanprinzips abgedeckt. Das Instrument zeichnet sich durch seine große Flexibilität hinsichtlich der radiometrischen Empfindlichkeit, die Bedienung aller Spektren von VIS bis TIR in separaten Empfängerbausteinen der Bildebene und seine große Flexibilität hinsichtlich der Anzahl der Kanäle aus. METImage bietet bis zu 20 Spektralkanäle in verschiedenen, teilweise kryogenen Fokalebene.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. und der Deutsche Wetterdienst unterstützen das Instrumentkonzept als nationalen Beitrag zu Meteorologie- und Umweltsatelliten, welches geeignet sein soll, voll operationell in einem Nachfolgesystem zum derzeitigen EUMETSAT Polar System (EPS) von EUMETSAT zum Einsatz zu kommen.

Die Erfahrungen der Jena-Optronik in der raumgestützten Erdbeobachtung beschränken sich jedoch nicht nur auf Instrumenten-Hardware; darüber hinaus ist die Firma bereits seit ihrer Gründung eines der führenden Unternehmen auf dem Gebiet der Erdbeobachtungs-Datenprozessierung. Es ist diese Kombination aus Know-how im Hardware- und Software-Bereich, die unter den einschlägigen Firmen relativ selten, für den Nutzer aber besonders interessant und vorteilhaft ist.

Die anwendungsorientierte Erdbeobachtung erstreckt sich u.a. über die Beobachtung von Umwelt- und Klimaveränderungen, Überwachung von Ressourcen, Messung von Reife- und Feuchtigkeitsgraden bis hin zum Katastrophenmanagement.

Das von der Jena-Optronik geleitete **Projekt ENVILAND** soll synergetische Aspekte der derzeitigen deutschen Schwerpunkte in der

Erdbeobachtung aufgreifen und wesentliche Beiträge liefern zur Entwicklung skalenerfreier, übertragbarer sowie stabil und ökonomisch realisierbarer Methoden zur Auswertung von Fernerkundungsdaten für die Bodenbedeckungsproblematik. Ziel ist die Entwicklung neuer Verfahren zur segmentbasierten Klassifikation (entgegen der sonst üblichen pixelbasierten Klassifikation) und die operationelle Erstellung von Landnutzungskarten. ENVILAND versucht den Klassifikationsprozess zu automatisieren und durch die Kombination von optischen Daten und Radardaten eine maximal mögliche Vielfalt an Landbedeckungsklassen zu identifizieren. Das Projekt greift auf Envisat-Daten mit einem Auflösungsbereich um 30 m zurück.

Herauszufinden, wie Umweltveränderungen die Entstehung von Krankheiten beeinflussen, ist eine weitere Einsatzmöglichkeit von Fernerkundungsdaten. Im **Projekt EPIDEMIO** der Europäischen Weltraumorganisation ESA fungiert die Jena-Optronik als Hauptauftragnehmer und koordiniert ein europäisches Team. Ziel der Auswertung von Satellitendaten ist die verbesserte Vorhersage von Epidemien. EPIDEMIO besteht aus acht verschiedenen Fernerkundungsprodukten, welche zusammen mit den Endnutzern definiert wurden. Sie unterscheiden sich in Auflösung und Maßstab. Die Integration von zeitlich versetzten Daten ermöglicht es, Krankheitsausbreitungen mit ihren geografischen Bezügen besser nachvollziehen zu können.

Die Technologiekompetenzen der Jena-Optronik erstrecken sich über diese Applikationsanwendungen hinaus und umfassen die Produktion von Geodaten, die Installation, Konfiguration und Wartung kommerzieller **Geoinformationssysteme** (GIS), die Ergänzung kommerzieller GIS-Systeme mit speziellen Funktionen zu Verarbeitung, Anzeige und Bedienung sowie die Integration, Verifikation und Adaption von Geodaten verschiedener Quellen in einheitliche Systeme. So erstreckt sich das Leistungsspektrum im Bereich der **Satellitendatenauswertung** über Geo-Referenzierung und Geo-Kodierung, die Klassifikation der Landbedeckung, stereographische Bestimmung von Höhenmodellen, interferometrische Vermessung mit Radardaten bis hin zur GPS-Datenauswertung.

Die lange Erfahrung beim Management komplexer Projekte, Tradition und das Know-how kennzeichnen die Arbeit der Jenaer Ingenieure. Die Kernkompetenzen der **Jena-Optronik** liegen auf der Entwicklung und Herstellung opto-elektronischer Systeme in den Gebieten des sichtbaren und



Die Welt ist voller
Rätsel, für diese aber
ist der Mensch die
Lösung.*

* Joseph Beuys

Die Jena-Optronik entwickelt und fertigt optoelektronische Systeme und Instrumente für Raumfahrt und Erdbeobachtung:

Die digitale Kamera JSS 56 wird ab 2007 erstmals auf den RapidEye-Satelliten eingesetzt und hochauflösende Multispektralaufnahmen für die Gewinnung von Umweltdaten, Landwirtschaft und Katastrophenschutz liefern.

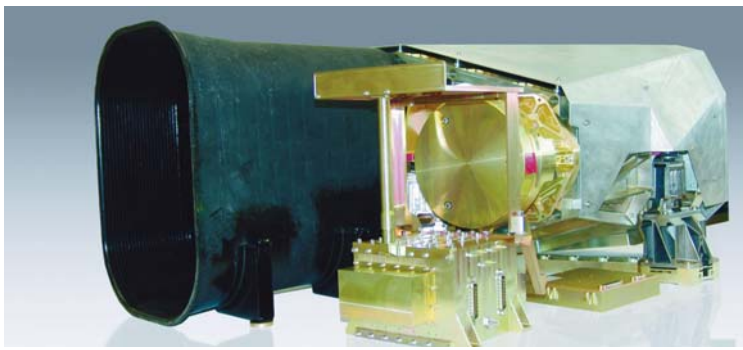
Jena-Optronik GmbH

Telefon: 03641 200-110 | Fax: 03641 200-222

E-mail: info@jena-optronik.de

www.jena-optronik.de

jenaoptronik
Aerospace and Security



JSS 56. Multispektralkameras für Erbeobachtungsmissionen: Die Produktfamilie der Jena Spaceborne Scanner. Die JSS 56 wird auf den RapidEye-Satelliten fliegen. Fotos: Jena Optronik, Hurrikan Rita: ESA.

infraroten Bereichs des Lichts, sowie des notwendigen Datenmanagements und der -verarbeitung.

Mit zukunftsweisenden Technologien gehört das Unternehmen zu den führenden

Instrumenten- und Systemanbietern auf dem internationalen Luft- und Raumfahrt-Markt. Langjährige Erfahrungen und punktgenaue Lösungen stehen für erfolgreiche Produkte und Projekte im All sowie auf der

Erde. Die Jena-Optronik mit ca. 130 hoch qualifizierten Mitarbeitern am Standort in Jena ist eine 100-prozentige Tochtergesellschaft der JENOPTIK AG im Unternehmensbereich Photonics.

Dabei besitzt der Standort Jena nicht nur als Optical Valley einzigartiges Potenzial. Der Mix aus theoretischer und angewandter Forschung und einer starken Industrie ist einmalig in Deutschland.

Mit den Kamerasystemen JAS 150 und JSS 56, dem Instrumentkonzept METimage sowie den Projekten ENVILAND und EPIDEMIO leistet die Jena-Optronik wesentliche Beiträge zur luft- und raumgestützten Erbeobachtung. Sie nutzt ihre Erfahrungen aus den letzten 30 Jahren zur Entwicklung neuer Produkte, Verfahren und Technologien.

Der Kreis erweitert sich.

Die andere Deutsche Raumfahrt (Teil 5)

Die MKF-6 und bunte Bilder waren nicht alles

Entwicklung der Weltraumfernerkundung in der DDR (2. Folge)

Von Prof. Dr. Karl-Heinz Marek



In den etwa eineinhalb Jahrzehnten ihrer Entwicklung hatten sich die Schwerpunkte der DDR-Weltraumfernerkundung sowohl hinsichtlich der methodischen Forschung, als auch der praktischen Nutzung signifikant verändert. Dieser Wandel betraf in erster Linie das Verständnis ihrer Zielstellung und ihres inhaltlichen Konzepts und war die Folge der Fortschritte auf wissenschaftlich-methodischem, technologischem und innerstaatlich-organisatorischem Gebiet. Dabei lassen sich drei, an den jeweiligen methodischen Schwerpunkten bzw. wissenschaftlichen Hauptaufgaben orientierte Entwicklungsphasen erkennen [2/:

1976-1980

Entwicklung grundlegender Methoden und Technologien zur analogoptischen Auswertung und thematischen Analyse multispektraler Fernerkundungsdaten

1980-1985

Entwicklung physikalisch-mathematischer und geowissenschaftlicher Grundlagen, Methoden und Softwarelösungen für eine naturwissenschaftlich begründete rechnergestützte Interpretation und Nutzung von Fernerkundungsdaten

1985-1990

Entwicklungen zur Integration von Fernerkundungsdaten in fachspezifische Informationsprozesse, insbesondere im Zusammenhang mit der Entwicklung raumbezogener Informationssysteme (GIS) und der Automatisierung kartographischer Prozesse.

Für die danach folgende Entwicklung zeichnete sich als ein Schwerpunkt die Einbeziehung der Fernerkundung in moderne geowissenschaftliche Aufgaben zur Lösung von Problemen mit gesamtgesellschaftlichen Dimensionen ab, wie z.B. Katastrophenwarnung, operative Umweltüberwachung, Ernteprognose, seismotektonische Gefährdungsanalyse, automatisierte Kartographie u.ä.

Mit den o.g. Entwicklungsphasen war jeweils eine Erweiterung des inhaltlichen Verständnisses der Weltraumfernerkundung als in gleicher Weise natur- wie ingenieurwissenschaftlicher Disziplin verbunden:

- von der zunächst lediglich qualitativen interdisziplinären Methode zur Informationsgewinnung über natürliche Objekte der Erdoberfläche
- über einen quantitativen und formalisierbaren Erkennungsprozess auf der Basis physikalischer Messungen und geo- bzw. biowissenschaftlicher Zusammenhänge
- bis zum Bestandteil moderner raumbezogener Informationstechnologien, die die Aktualisierung von Datenbeständen über komplexe geowissenschaftliche Sachverhalte beinhalten.

Es ist erkennbar, dass die Entwicklung der Weltraumfernerkundung zu einer eigenständigen Arbeits- und Forschungsrichtung ganz entscheidend von den inhaltlich-methodischen Fortschritten geprägt war. Die methodischen Forschungen dienten dabei neben der Verbesserung von Technologie und Geräteentwicklung vor allem einem besseren inhaltlichen Verständnis der gemessenen Daten. Die Grundlagenforschung war, wie bekannt, in allen ihren Entwicklungsphasen auf die Einheit von wissenschaftlichen Fragestellungen und gesellschaftlichen Nutzenwendungen orientiert. Wie bereits erwähnt, mussten in der Praxis Grundlagenforschungen und Erprobungen von Nutzungstechnologien gleichzeitig erfolgen, was eine kurzfristige Bereit-

stellung der erarbeiteten Prinziplösungen für die gesellschaftliche Nutzung ermöglichte.

Erreichter Stand

Der Erfolg des Fernerkundungssystems der DDR basierte auf

- der gesamtstaatlichen Organisation auf der Grundlage der Regierungsabkommen, besonders zum IK-Programm,
- der kontinuierlichen Weiterentwicklung der wissenschaftlich-methodischen und technologischen Grundlagen des Fernerkundungsprozesses und
- den Interessen und Aktivitäten der Nutzerbereiche in der Praxis.

Arbeiten des MdZ-Fernerkundung

Zu den o.g. drei Faktoren hat das MdZ-Fernerkundung (Methodisch-diagnostisches Zentrum) am ZIPE wichtige Arbeiten geleistet und damit zur Beschleunigung der Nutzung von Fernerkundungsdaten in den betreffenden Volkswirtschaftsbereichen unmittelbar beigetragen. Das MdZ hatte sich durch seine umfangreichen Aktivitäten als Leiteinrichtung für die AGNGF zum wissenschaftlichen Koordinierungs- und Konsultationszentrum zur Entwicklung und Nutzung der Fernerkundungstechnologie profiliert. Neben der primären Aufgabe zur Entwicklung von methodisch-technologischen Grundlagen erfolgten durch das MdZ für die Nutzerbereiche – speziell in den Anfangsjahren – u.a. auch Dienstleistungen bei der Ausbildung von Fachleuten, der Datenbeschaffung (z.B. durch Organisation von Flugzeug- und Satellitenmesskampagnen) und der Koordinierung abgestimmter Forschungsprojekte einschließlich von Großexperimenten sowie ein umfassender Know-how-Transfer, die Wahrnehmung staatlicher Beratungsaufgaben usw.

Das MdZ hat darüber hinaus mit eigenen wissenschaftlichen Arbeiten besonders die inhaltlich-methodische Entwicklung der Auswertung und Nutzung von Fernerkundungsdaten wesentlich beeinflusst. Dazu gehörten insbesondere die Arbeiten zu den physikalisch-mathematischen Grundlagen und zur Signaturforschung (Dr. R. Söllner, Dr. H. Weichelt), zur photographischen (Dr. V. Kroitzsch) und digitalen Bildbearbeitung und -interpretation (Dr. H. Wirth), zur Methodik von Flugzeug- und Satellitenexperimenten (Prof. K.-H. Marek), zur Geoinformatik (Dr. G. Schilbach), zur Nutzung der Fernerkundung in Geologie und Seismotektonik (Prof. P. Bankwitz) u.a.

Von den Leistungen des MdZ sollen beispielhaft hervorgehoben werden:

- a)** Koordinierung der Auswertearbeiten des

Experiments RADUGA zur Multispektralphotographie auf der Basis der ersten hochauflösenden Multispektralaufnahmen des DDR-Territoriums aus dem Weltraum. Die Aufnahmen mit der MKF-6 erfolgten im Zeitraum 15. - 23.9.1976 von Bord des Raumschiffs SOJUS-22 (Bahnneigung 64,8°, Bildstreifenbreite 140 km, Bildmaßstab 1 : 2.060.000). Obwohl während dieses Fluges insgesamt 14.000 Aufnahmen (20 Mio. km²) erhalten wurden, konnten wegen extrem ungünstiger meteorologischer Bedingungen vom DDR-Territorium nur wenige Aufnahmen des Bereichs an der Ostseeküste (ca. 4 % des DDR-Territoriums) gewonnen werden [3]. Im Zeitraum 17. - 20.9.1976 erfolgten im Rahmen des RADUGA-Experiments synchrone Bodenmessungen und Flugzeugaufnahmen von DDR-Testgebieten mit dem Reservergerät der im Weltraum befindlichen MKF-6. Die Auswertearbeiten zum RADUGA-Experiment wurden im Juni 1977 mit einem vorläufigen Bericht offiziell abgerechnet.

b) Durchführung von 5 komplexen Flugzeugmessprogrammen in den Jahren 1977-1981 auf 14 landschaftlich unterschiedlichen DDR-Testgebieten zur Erprobung verschiedener Fernerkundungsverfahren unter Einbeziehung von MKF-6, topographischer Luftbildkameras, Spektrometer, eines Multispektralscanners S-500 und des Radarsystems TOROS. Durch die Nutzerbereiche wurden während dieser Befliegungen ausgedehnte Bodenmessprogramme realisiert.

c) Bereitstellung von Verfahren und Rahmentechnologien zur Datenauswertung und -nutzung sowie von Interpretationsbeispielen für ausgewählte wissenschaftliche und volkswirtschaftliche Aufgaben. Ab 1977 erfolgten am MdZ-Fernerkundung die ersten routinemäßigen Arbeiten in der DDR auf dem Gebiet der digitalen Bildbearbeitung auf einer amerikanischen OPTRONIX-Anlage. Als wesentlichste Anwendungsbereiche der Weltraumfernerkundung für die DDR wurden identifiziert: Kartographie, Geologie und Bergbau, Wasserwirtschaft und Umweltschutz, Meteorologie, Land- und Forstwirtschaft, Geographie und Territorialplanung, Ozeanologie.

d) Vorbereitung und Herausgabe des Methodenwerkes "Atlas zur Interpretation von Multispektralaufnahmen – Methodik und Ergebnisse" und "Atlas zur Interpretation multispektraler Scannerdaten" [4] in deutscher, englischer und russischer Sprache. Dieses Werk beinhaltet die Ergebnisse der langjährigen Zusammenarbeit von deutschen und sowjetischen Instituten bei der Entwicklung von Methoden zur visuellen und rechnergestützten Auswertung von multispektralen photographischen und Scanneraufnahmen. Die Akzeptanz dieses Werkes wird allein



Mobiles Bodenmesslabor des MdZ-Fernerkundung zur synchronen Messung spektraler Objektsignaturen im optischen, mittleren Infrarot- und Mikrowellenbereich (Faltmast mit Radiometern in Arbeitsstellung).

dadurch bestätigt, dass dieses Produkt zur Methodik auf die gleiche Stufe gestellt wurde, wie die MKF-6 auf dem Gerätesektor und dass die gesamte englischsprachige Auflage bereits unmittelbar nach Erscheinen von amerikanischen Einrichtungen aufgekauft wurde.

e) Vorbereitung und Auswertung der wissenschaftlichen Experimente zur Fernerkundung beim bemannten DDR-UdSSR-Weltraumflug 1978. Die globalen Aufnahmeprogramme zur Multispektralphotographie mit der MKF-6 sowie für das Experiment "Biosphäre" zur visuell-instrumentellen Erderkundung unter Nutzung einer 6 x 6-Handkamera von PENTACON wurden methodisch und technologisch vorbereitet und ausgewertet. Die gemeinsamen Arbeiten zu diesem Weltraumflug mit dem ersten deutschen Kosmonauten Dr. S. Jähn sind in [5] ausführlich beschrieben. Eine Vielzahl von Ergebnissen der Bildinterpretationen aus dem Experiment "Biosphäre" enthält das Buch [6]. Dieses Experiment wurde in den Jahren 1978-1982 als internationales Forschungsprogramm "Biosphäre" durch die Stammesatzungen auf SALUT-6 und SALUT-7 sowie von vier INTERKOSMOS-Besatzungen fortgesetzt. Diese internationalen Raumflüge wurden außerdem von der DDR durch synchrone MKF-6-Befliegungen von Testgebieten dieser IK-Länder unterstützt.

f) Vorbereitung und Durchführung von insgesamt 6 wissenschaftlichen Konferenzen "Zu Stand und Entwicklungstendenzen der Fernerkundung" [7] im Zeitraum 1981-1991. Diese Konferenzen (ab 1984 mit internationaler Beteiligung) waren die wichtigsten Veranstaltungen in der DDR auf dem Gebiet der Weltraumfernerkundung.



Teilnehmer der 17. Jahrestagung der StAG-Fernerkundung im Mai/Juni 1991 in Potsdam mit den Leitern der Delegationen aus Bulgarien (Prof. D. Mischew), CSSR (Dr. J. Kalar), DDR (Prof. K.-H. Marek), Kuba (Dr. E. Perez Garcia), Mongolei (Dr. C. Tulgaa), Polen (Prof. B. Ney), Rumänien (Prof. N. Oprescu), UdSSR (Prof. N. Armand), Ungarn (Prof. G. Sass) und Vietnam (Prof. Bui Zoon Throng). Fotos: Autor.

Weitere Forschungsarbeiten und Arbeiten der Nutzerbereiche

Wesentliche Forschungsarbeiten zur thematischen Interpretation und fachbezogenen Datennutzung erfolgten auch in anderen AdW-Instituten und Hochschuleinrichtungen im Rahmen der Hauptforschungsrichtungen (HFR) Physik der Erde, Interkosmos und Geographie/ Hydrologie/ Meteorologie, darunter zur Geographie und Geoökologie im IGG (Prof. Krönert), zur Ozeanographie im IfM (Dr. Brosin), zur Problematik Ozean-Atmosphäre im IKF (Prof. Zimmermann), zur Forstwirtschaft an der TUD (Dr. Pelz), zur Landschaftsökologie an der PHP (Prof. Barsch), zur Geomorphologie an der MLU (Prof. Kugler) u.a.

Aufgaben der angewandten Forschung wurden in den Forschungseinrichtungen der interessierten volkswirtschaftlichen Nutzerbereiche durchgeführt, darunter auf den Gebieten Umweltschutz und Wasserwirtschaft (Prof. Seidel / IfW), Geologie und Rohstoffe (Dr. Zelt / ZGI, M. Vieweg / SDAG Wismut), Landwirtschaft (Prof. Weise / AdL), Kartographie (J. Krämer / KGK, R. Schmidt / MfNV), Meteorologie (Dr. Leiterer / MD) u.a. Diese Bereiche hatten etwa ab 1978 eigene Mitarbeitergruppen formiert und Auswertelabors eingerichtet.

Durch die verschiedenen Einrichtungen konnten bereits nach kurzer Zeit fachspezifische Grundlagenuntersuchungen, technologische Entwicklungen und eine Vielzahl experimenteller thematischer Kartierungen von Testflächen durchgeführt werden, darunter zur Dynamik der Flächennutzung, zur Vegetationsentwicklung, zur Erfassung und Früherkennung von Waldschäden, zur Bewertung agrotechnischer und städtischer

Ökosysteme und Naturraumpotenziale, zur Strukturgeologie u.ä.

Multispektrale Fernerkundungsdaten wurden in der Folgezeit für regionale geologische Kartierungen, die Untersuchung geologischer und tektonischer Strukturen, bei der geologischen Erkundung, der Umweltüberwachung, der Laufendhaltung topographischer Karten im Maßstabbereich 1 : 50.000 – 1:100.000 und für die Schorrekartierung der Ostseeküste systematisch genutzt. In der Landwirtschaft wurden Fernerkundungsdaten routinemäßig bei Inventuren und Qualitätsbewertungen von Nutzflächen, zur Kennzeichnung von Bestandsparametern in agrotechnischen Geosystemen, für Zustands- und Produktivitätsschätzungen, bei der Planung von Bearbeitungsmaßnahmen, für großräumige Ernteprognosen u.a. eingesetzt. Auf dem Gebiet des Umweltschutzes erfolgte eine Nutzung dieser Daten u.a. für das Monitoring von Oberflächengewässern und Renaturierungsflächen in Braunkohlenfolgelandschaften sowie bei der Überwachung der Küstdynamik. Systematische Anwendungen in der Ozeanologie betrafen insbesondere Untersuchungen zur Ozeandynamik und zur Entwicklung der Bioproduktivität.

Eine routinemäßige Einbeziehung von Fernerkundungsdaten in den Komplex der geowissenschaftlichen Informationsverarbeitung war verstärkt ab etwa Mitte der 1980er Jahre erkennbar. Insgesamt verlief der Übergang von der Experimentalphase der Datennutzung in die Routineanwendung in den verschiedenen Fachrichtungen – übereinstimmend mit internationalen Erfahrungen – recht unterschiedlich. Bekanntlich ist dieser Prozess auf einigen Gebieten auch heute noch nicht vollständig

abgeschlossen. Ende der 1980er Jahre wurden in der DDR nach /2/ ca. 20 kommerzielle Nutzerbereiche von Fernerkundungsdaten registriert.

Geräteexport

Seit Mitte der 1970er Jahre erfolgten durch den VEB Carl Zeiss Jena Geräteentwicklungen zur photographischen und optisch-elektronischen Datengewinnung von Bord sowjetischer Raumflugkörper und von Flugzeugen sowie zur Aufbereitung und kartographischen Umsetzung der Aufnahmen (MKF-6 und deren Flugzeugvariante MSK-4, Komponenten für den Weltraumscanner FRAGMENT auf METEOR-Satelliten 1980, System zur analog-optischen Bildbearbeitung und Auswertung von Multispektralfotos, Präzisionsscanner FEAG u.a.). Durch das IKF wurden Geräte zur Ozean- und Atmosphärenforschung aus dem Weltraum (Mehrkanalespektrometer MKS, abbildendes Spektrometer MOS u.a.) entwickelt. Nach /1/ wurden im Zeitraum 1969-1991 durch die DDR u.a. 169 Bordgeräte für gemeinsame Weltraumprojekte mit der UdSSR bereitgestellt.

Eine der Hauptaufgaben des bilateralen Regierungsabkommens Fernerkundung mit der UdSSR von 1978 war die Erschaffung von valutagünstigen Erlösen aus dem Export von technischen Mitteln (Bord- und Bodengeräte). Der MKF-6-Einsatz auf SOJUS-22 erfolgte noch kostenlos, die Exporte des MKF-6/MSP-4-Gerätesystems in die UdSSR ab 1978 (u.a. ca. 15 MKF-6) erbrachten nach /8/ einen Erlös von ca. 200 Mio. Mark. Die Flugzeugkamera MSK-4 wurde u.a. in der CSSR, UdSSR, Kuba und Vietnam eingesetzt. Obwohl die MKF-6 zur Standardausrüstung auf sowjetischen Welt-

raumstationen deklariert wurde /9/, sind nach den nichtkommerziellen Raumflügen der Interkosmonauten von Vietnam (1980), Kuba (1980) und der Mongolei (1981) auf der MIR-Station bis 1986 keine weiteren MKF-6-Einsätze erfolgt. Damit blieb die wirtschaftliche Ausbeute aus Kameraexporten insgesamt doch unter den Erwartungen. Es bestand auch die Auffassung, dass dies nicht nur ausschließlich auf das gern (u.a. in /8/) in den Vordergrund geschobene Exportverbot durch die UdSSR, sondern auch auf in der Folgezeit nicht realisierbare Weiterentwicklungen der MKF-6 (größeres Bildformat, größerer Bildmaßstab, einfachere Weiterbearbeitung u.ä.) zurückzuführen war. Darüber hinaus war weltweit eine steigende Praxiswirksamkeit optisch-elektronischer Multispektralsysteme (1983: Landsat-TM, 1986: SPOT) und der sowjetischen hochauflösenden panchromatischen (1980: KATE-200, 1983: KFA-1000) und multispektralen (1989: MK-4) Kameras festzustellen. Es ist ebenfalls bemerkenswert, dass auch die in der 1. Hälfte der 1980er Jahre eingesetzten photographischen panchromatischen Weltraumkameras der BRD (1983: METRIC-Kamera) und der USA (1984: LFC-Kamera) nur jeweils einen einzigen Weltraumeinsatz erlebten.

Die Auflösung des Systems und das Ende der Zusammenarbeit

Die mit der politischen Wende 1989/1990 erfolgte Zerschlagung des DDR-Wirtschafts- und Wissenschaftssystems führte ebenso zur Auflösung des DDR-Fernerkundungssystems, wie der Zerfall der sozialistischen Staatengemeinschaft zur Auflösung der IK-Zusammenarbeit führte.

Die IK-Zusammenarbeit war jedoch zunächst nicht sofort beendet. Die 23. Beratung der Vorsitzenden der Nationalen IK-Koordinierungsorgane der Teilnehmerländer (Moskau, 22. - 26.4.1991) hatte noch die Fortsetzung der Zusammenarbeit auf der Grundlage des Abkommens von 1976 bekräftigt. Mit dem Ende der DDR war jedoch bereits am 3.10.1990 ihre Mitgliedschaft am IK-Programm offiziell erloschen. Die Aufgaben des IK-Koordinierungskomitees der DDR fielen damit in den Verantwortungsbereich der Deutschen Agentur für Raumfahrtangelegenheiten (DARA), die bemüht war, die von der DDR eingegangenen Verpflichtungen zur Mitarbeit an IK-Projekten zu erfüllen. Aus heutiger Sicht muss man anerkennen, dass die DARA die sich für sie daraus ergebenden Chancen erfolgreich genutzt hat.

Vom 31.5. - 5.6.1991 fand in Potsdam - organisiert vom MdZ-Fernerkundung am ZIPE - die 17. Jahrestagung der StAG-Fernerkundung mit Teilnehmern aus allen 10

INTERKOSMOS-Ländern statt. Infolge der politischen Situation konnte selbst der Leiter dieser Veranstaltung Prof. K.-H. Marek, der seit der vorausgegangenen Jahrestagung (Mai 1990 in Metne, Polen) turnusmäßig das Amt des Vorsitzenden dieses höchsten Gremiums der IK-Länder auf dem Gebiet der Fernerkundung ausübte, lediglich als "Beobachter" teilnehmen. Diese recht skurrile Situation wurde von den ausländischen Teilnehmern nicht nur mit großem Interesse, sondern auch mit erheblicher Erheiterung aufgenommen. An der Jahrestagung, die unmittelbar im Anschluss an die 6. Wissenschaftliche Konferenz zu "Stand und Entwicklungstendenzen der Fernerkundung" /7/ stattfand, nahm innerhalb der deutschen Delegation auch ein offizieller Vertreter der DARA teil. Später wurde zur Gewissheit, dass die nächste, für das Folgejahr in Havanna/Kuba geplante Jahrestagung auf Grund der politischen Veränderungen in den Teilnehmerländern nicht mehr stattfinden konnte und damit die Potsdamer Veranstaltung zur letzten größeren Zusammenkunft der Fernerkundungs-Spezialisten der IK-Länder wurde.

Am 16.7.1991 verwies das Bundesforschungsministerium auf die Festlegungen des Einigungsvertrages Art. 12 Abs. 3 vom 31.8.1990 bezüglich der Behandlung mehrseitiger Verträge, darunter des zwischenstaatlichen Regierungsabkommens zur IK-Zusammenarbeit von 1976 und des bilateralen Regierungsabkommens zur Fernerkundung von 1978. Danach war eine Teilnahme deutscher Vertreter an IK-Veranstaltungen und eine Mitarbeit in IK-Gremien nicht mehr möglich. Eine weitere Mitgliedschaft des vereinten Deutschland im IK-Programm wurde ausgeschlossen. Es wurde vorgeschlagen, die Vorhaben der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Weltraumforschung mit der UdSSR künftig im Rahmen des existierenden bilateralen WTZ-Abkommens zwischen BMFT und AdW der UdSSR vom 25.10.1988 abzuwickeln sowie mit anderen Ländern ggf. solche WTZ-Abkommen zu vereinbaren. Damit fand die internationale Zusammenarbeit der deutschen Wissenschaftler auf dem Gebiet der Fernerkundung im Rahmen des IK-Programms ihr Ende. Im Jahre 1994 erfolgte dann auch offiziell die endgültige Auflösung der gesamten IK-Zusammenarbeit.

Am 31.12.1991 wurde die AdW der DDR aufgelöst. Durch das Ausscheiden seiner Mitarbeiter aus dem ZIPE hatte sich das MdZ-Fernerkundung bereits Anfang August 1991 aufgelöst. Einzelne Mitarbeiter bzw. ganze Mitarbeitergruppen aus ehem. DDR-

Einrichtungen konnten ihre Arbeiten auf dem Gebiet der Fernerkundung z.T. in bestehenden oder neu formierten Bundes- bzw. Landeseinrichtungen oder in der Privatwirtschaft fortsetzen. Dafür gibt es eine Reihe sehr positiver Beispiele. So wurden z.B. Mitarbeiter des IKF von DARA bzw. DLR oder Mitarbeiter des MdZ von der uve GmbH übernommen. Auf diese Weise konnte die hohe Qualifikation dieser Mitarbeiter mit einem enormen Umfang an Fachwissen und wissenschaftlich-methodischen und organisatorischen Erfahrungen, Technologien und z.T. auch noch aktuellen Projekten in die neue Fernerkundungs-Society des vereinten Deutschland eingebracht werden.

Geblieben sind bei den seinerzeit an der Entwicklung der DDR-Fernerkundung aktiv Beteiligten nicht nur deren unikale Erfahrungen in der nationalen und internationalen Zusammenarbeit während einer gesellschaftlich sehr bewegten Zeit und eines rasanten technischen Fortschritts auf dem Gebiet der Weltraumfernerkundung. Bestand haben aber vor allen Dingen auch die vielfältigen und später leider oft ungenutzt gebliebenen wissenschaftlichen und technologischen Kenntnisse und Fähigkeiten der Beteiligten auf einem damals neuen, sich in den Anfängen seiner Entwicklung befindlichen, faszinierenden Arbeits- und Forschungsgebiet.

Literatur

- / 1 / H. Hoffmann : Die andere deutsche Raumfahrt. Edition Ost, Berlin 1998.
- / 2 / K.-H. Marek: Zur Entwicklung der Fernerkundung in der DDR. Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung, Heft 4. Wichmann Verlag, Karlsruhe 1990.
- / 3 / AdW der DDR / AdW der UdSSR (Hrsg.): SOJUS-22 erforscht die Erde. Akademie-Verlag, Berlin 1980.
- / 4 / AdW der DDR / AdW der UdSSR (Hrsg.): Atlas zur Interpretation aerokosmischer Multispektralaufnahmen - Methoden und Ergebnisse (deutsch, russisch, englisch). Akademie-Verlag, Berlin 1982 und 1988.
- / 5 / K.-H. Marek: Ein echter Forschungskosmonaut. In: H. Hoffmann: Sigmund Jähn. Verlag Das Neue Berlin, Berlin 1999.
- / 6 / K.-H. Marek, A. Kowal (Schriftleitg.): Photographische Fernerkundung der Erde - Experimente auf der Orbitalstation SALUT-6. Akademie-Verlag, Berlin 1983.
- / 7 / o.V.: Fernerkundung - Stand und Entwicklungstendenzen. Proceedings 1.-6. Konferenz. Veröffentl. ZIPE Nr. 74, 76, 82, 93, 106 und 118. Potsdam 1982-1991.
- / 8 / K. Hein-Weingarten: Das Institut für Kosmosforschung der AdW der DDR. Duncker & Humblot, Berlin 2000.
- / 9 / A. Zickler: Die Multispektralkamera MKF-6 aus Jena. Raumfahrt Concret, Heft 36, Neubrandenburg 2005.



Abo-Erneuerung nicht vergessen!

Für einige unserer Leser liegt diesem

Heft ein Hinweis bei, das

RC-Abonnement zu verlängern.

All-Tagsservice Satellitennavigation

Von Hartmut E. Sänger

Am 28. Dezember letzten Jahres war es soweit. Gerade drei Tage bevor die international vereinbarten Sendelizenzen verfallen wären, startete vom russischen Weltraumbahnhof Baikonur aus der erste Satellit für das europäische Navigationssystem Galileo. Der 600 Kilogramm schwere Erdtrabant wurde von einer Sojus-Rakete in eine Umlaufbahn in 23.000 km Höhe geschossen. Mit dem Satelliten GIOVE-A sind erste Tests für das 3,8 Milliarden Euro teure Navigationssystem geplant, das bis 2010 in Betrieb gehen soll.

Die heute kostenlos angebotenen Dienste des US Global Positioning Systems, dessen Satelliten auch gerade mit zu Galileo vergleichbaren Eigenschaften in die nächste Generation gehen, das derzeit ebenfalls entstehende russische GLONASS sowie das von China konzipierte Beidou (siehe RC 39/40) bekommen damit Konkurrenz. Außer der EU und der ESA sind derzeit auch China, Indien, Israel, Marokko, Saudi-Arabien und die Ukraine an Galileo beteiligt.

Die Anfänge der Satellitennavigation gehen

noch auf Ende der 50er Jahre mit dem US-System Transit zurück. Ob die Erfahrungen von Christoph Kolumbus oder Charles Lindbergh dabei den Ausschlag gaben, das buchstäbliche Stochern im Nebel nicht identifizierbarer Landstriche sollte vorbei sein. Das Militär übernahm wieder einmal die Initiative und so waren bis 1995 dann 24 Satelliten des neuen Global Positioning Systems im Einsatz und somit die Funktionsbereitschaft sichergestellt.

Dazu gehört der Empfang von mindestens vier Satelliten. Aus den Empfangsdaten werden die Signallaufzeiten der in 20.000 km Höhe fliegenden Sender gemessen und daraus eine Position errechnet. Die Datenübertragung im 12- und 1.500 MHz-Bereich erfordert dabei theoretisch eine direkte Sichtverbindung zum Satelliten. Daher ist die Funktion beispielsweise in Häuser-schluchten, dichten Wäldern oder bei starkem Regen nur eingeschränkt möglich.

Der private Nutzer kann heute ein Navigationssystem für den Straßenverkehr mit einem neuen Auto bestellen oder nachru-

sten. Letzteres ist interessant, da ein Automobil üblicherweise länger aktuell bleibt als dies selbst von dem neuesten Navigationssystem zu erwarten ist. Dabei gibt es inzwischen ein großes Angebot in Form von kleinen Geräten mit Kartendarstellung und einer Routenberechnung mit entsprechender Wegweisung, um ein vorgewahltes Ziel zu erreichen. Aber auch das schon vorhandene Handy, der PDA, oder der Laptop eignet sich oft zur Navigation zusammen mit einer Kartensoftware und eben einem GPS-Empfänger.

Je einen Empfänger der aktuellsten Bauweisen führender Anbieter lagen uns für einige Versuche vor. Wie in vielen Bereichen der Elektronik geht auch hier die Entwicklung in Riesenschritten voran. Während noch vor vielleicht zwei Jahren die Empfänger schon Schwierigkeiten hatten, unter einer Baumallee die Position zu bestimmen, hat sich das inzwischen deutlich geändert. Erstmals unter freiem Himmel in Betrieb genommen, dauert es bei beiden Geräten keine Minute bis erste Positionsdaten aus-



Die Rikaline R 6033 und die Holux GR-236 sind beide hochempfindliche und schnelle GPS-Empfänger, die die errechneten Positionsdaten drahtlos an ein Handy, einen PDA oder einen PC weitergeben können. Hier werden bei schlechtem Wetter noch 2 m hinter einem Fenster jeweils 3 GPS-Satelliten ausgewertet.
Foto: Hartmut E. Sänger.

CeBIT 9.3. - 15.3.06
HANNOVER HALLE: 11 STAND G 67

o.j.import gps GmbH

+ Klindworthsteig 2a + 14193 Berlin + Tel.: 030 36400720 + Fax: 030 36400722 +



CMJ - 300



"you better get it!"



HOLUX

RIKALINE

DESTINATOR

CMJ



SIRF
GR-236



neueste Firmware



Bluetooth

6033 32 Kanäle

CMJ ALL in ONE Cradle

- + incl. vollwertiger Freisprecheinrichtung
- + incl. fester, stabiler Halterung
- + unterstützt NMEA und SIRF Protokoll
- + 12 parallele Satellitenverfolgungskanäle
- + verfügbar für alle gängigen PDA's

- + WAAS/EGNOS-Demodulator
- + Hochgeschwindigkeits-Signalerfassung
- + unterstützt NMEA und SIRF Protokoll
- + 20 parallele Satellitenverfolgungskanäle

- + 32 Satellitenverfolgungskanäle
- + NMEA 0182 V2.2 Protokoll
- + 1920 Zeit/Frequenz-Suchkanäle
- + schnelles Time-to-First-Fix

www.oj-import.de

info@oj-imports.de

gewiesen und dann auch zuverlässig weiter verfolgt werden. Selbst in einem Lokal, einige Meter hinter dem Fenster sitzend, gibt es inzwischen immer noch eine gültige Ortsbestimmung. Beide Geräte schenken sich dabei sehr wenig. Der Rikaline-Empfänger ist vielleicht eine Idee schneller und genauer, dafür ist aber auch der Stromverbrauch etwas höher. Eine persönliche Präferenz lässt sich eher über ergänzende Eigenschaften ausmachen.

Für den Straßenverkehr, zu Fuß in fremden Großstädten, für Wanderungen in unbekannter Landschaft ist GPS jedenfalls zum wirklich verlässlichen Helfer geworden. Allerdings ist die Entwicklung auch Kompromisse eingegangen. Wer beispielsweise hinter einem Flussdamm die potenzielle Hochwassergefährdung ausloten will hat schlechte Karten. Die genaue Höhenangabe ist generell schwierig, da einige Meter Höhenunterschied auf dem Erdboden für den Weg zum Satelliten im Zehnmillionstelbereich

liegen. Zudem ignoriert die Rikaline Korrektursignale wie sie beispielsweise in Europa von der ESA mit dem EGNOS-Programm als Zusatzdienst zum GPS-System inzwischen angeboten werden. EGNOS liefert dieses Signal, das von ESA-Bodenstationen errechnet, über geostationäre Satelliten ausgesandt, und von den Empfängern zur Korrektur der empfangenen Positionsdaten verwendet werden kann. Das Korrektursignal soll die Abweichung des angezeigten vom tatsächlichen Standort reduzieren. Diese Abweichung entsteht unter anderem durch die Qualität der Zeitmessung auf den Satelliten, durch Beeinflussungen der speziellen und der allgemeinen Relativitätstheorie auf die Ortszeit der Satelliten, durch Störungen in der Ionosphäre und Turbulenzen in der dichteren Atmosphäre, die das Signal beeinflussen.

In erster Linie wurde EGNOS für professionelle Aufgabenbereiche wie die Luftfahrt entwickelt, aber es ist eben generell in der

Lage, die derzeitigen maximalen Toleranzen bei der Ortsbestimmung von vielleicht 25 m auf etwa 5 m zu reduzieren. Unter guten Bedingungen liegt so mit der Holux die horizontale Genauigkeit schon im Dezimeterbereich. Ein entsprechendes Korrektursignal für Galileo ist allerdings als kostenpflichtiger Dienst geplant.

Was wäre sonst noch möglich? Es gibt heute schon winzige Gyroskope die, in so einem Empfänger eingebaut, auch nach abgerissemem Satellitenempfang, beispielsweise in Tunnels, die Position weiter interpolieren könnten. Die Politik verspricht sich jedenfalls im Navigationsbereich außer den Nutzenanwendungen einen kräftig aufblühenden Markt mit vielen Tausenden von Arbeitsplätzen.

RC wird künftig über die verschiedenen Nutzungen von Galileo ausführlich berichten.

Die tollkühnen Männer in ihren rasselnden Raketen

(Folge 1)

Private Anbieter drängen auf den Markt

Von Eugen Reichl



Paul Allen, Mike Melville and Burt Rutan (von links nach rechts) nach dem ersten privaten Raumflug am 29. September 2004. Foto: Scaled Composites.



Brian Binnie im Al. Wiederholungsflug für den X-Prize am 4. Oktober 2004. Foto: Vulcan / Discovery Channel Productions.

Beginnend mit dieser Ausgabe wird Raumfahrt Concret in etwa jedem zweiten Heft über die Fortschritte der "Privaten Raumfahrt" berichten, einem Feld, auf dem seit kurzem eine ungemein dynamische Entwicklung eingesetzt hat. Im vorliegenden Beitrag stellen wir zunächst einige grundlegende Betrachtungen zum Thema an, und

präsentieren das gegenwärtige "Teilnehmerfeld" um die vorderen Ligapläätze dieser neuen Disziplin. In den folgenden Artikeln beschäftigen wir uns mit den aktuellen Fortschritten dieser Unternehmen und den Newcomern in der Szene.

Eine der nicht ganz so seriösen Paradigmen des technischen Fortschritts lautet: "Eine

neue Idee ist dann reif für ihre Realisierung, wenn mindestens fünf Jahre vergangen sind, seit zuletzt jemand darüber gelacht hat". Seriös oder nicht, auf die Private Raumfahrt passt dieses Muster: Die meisten Manager haben ausgiebig darüber gelacht, und die fünf Jahre sind eben um.

Ich selbst habe in der Vergangenheit unzählige Raumfahrt-Ingenieure verächtlich mit dem Zeigefinger an die Stirne tippen sehen, sobald das Thema angesprochen wurde. "Private Raumfahrt" wurde mit pyroman veranlagten, verschrobene Bastlern in Verbindung gebracht, etwa in der Art wie sie die Filmklamotte "Die tolldreisten Kerle in ihren rasselnden Raketen" mit Gerd Fröbe in der Hauptrolle recht unterhaltsam kolportiert.

Sucht man in der Fachliteratur oder im Web nach einer Definition dieses Begriffes, dann stellt man schnell fest, dass die Auslegungen recht unterschiedlich sind. "Private Raumfahrt" wird derzeit überwiegend im Sinne von bemannter suborbitaler oder orbitaler Raumfahrt zu touristischen Zwecken mittels auf rein privater Basis entwickelter Trägerfahrzeuge verstanden.

Dabei macht die "Private Raumfahrt" nichts anderes als die "Institutionelle Raumfahrt". Ihre Aufgabe ist der Transport von Nutzlasten aller Art in den Weltraum. Seien sie bemannt oder unbemannt. Sie tut dies aber mit Hilfe von Transportgeräten, die ausschließlich auf die Initiativen privater Unternehmer zurückgehen, also weder ganz noch teilweise staatlich oder institutionell gefördert sind.

Das Ziel der privaten Raumfahrt ist es, den Zugang zum Weltraum nicht nur für einige wenige Privilegierte zu eröffnen, sondern für jedermann. Eben das zu erreichen, was den institutionellen Einrichtungen und den Aerospace-Giganten in bislang fast fünf Jahrzehnten Raumfahrtpraxis nicht gelang.

Das Lachen ist verstummt

Dass diese Szene nun ernst genommen wird hat in erster Linie Burt Rutan mit seinem Unternehmen Scaled Composites bewirkt. In

den letzten Jahren konnte eine staunende Öffentlichkeit die Entwicklung, die ersten Testflüge und schließlich den erfolgreichen Einsatz eines bemannten suborbitalen Raumfahrzeugs bis in Höhen von über 110 Kilometer verfolgen.

Im Jahre 2004 gewann Burt Rutan mit seinen beiden Piloten Mike Melville und Brian Binnie den X-Price, nachdem sie innerhalb weniger Tage mit ihrem kleinen Raumfahrzeug SpaceShipOne bis an die Grenze zum Weltraum vorgestoßen waren. Und dies mit einem finanziellen Einsatz, der kaum 30 Millionen Dollar betrug. Für dieses Geld bekommt man bei der NASA noch nicht mal die Blaupausen für ein Raumfahrzeug, geschweige denn irgendwelche Hardware.

Seit den Tagen des Kalten Krieges war Raumfahrt das uneingeschränkte Herrschaftsgebiet von Aerospace-Giganten wie Boeing, Lockheed Martin oder Northrop Grumman, oder die Unternehmung von speziell dafür eingerichteten Raumfahrtagenturen technisch fortschrittlicher Nationalstaaten. Stets wurde die Entwicklung von Trägerraketen vom Steuerzahler aufgebracht. Erst in jüngerer Zeit wurden der Serienbau oder die Modifikation von vorhandenen Raumtransportsystemen in wenigen Fällen von der Industrie bezahlt. Aber die Grundlagen dafür, wie Infrastruktur, Komponenten, Subsysteme und Systeme, wurden zuvor mit staatlichen Mitteln und auf staatliche Initiative hin entwickelt und finanziert.

Das amerikanische Raumfahrtunternehmen Orbital Sciences behauptet beispielsweise von sich, die Trägerraketen Pegasus und Minotaur ausschließlich mit Firmennitteln entwickelt zu haben. Tatsächlich aber hat Orbital nichts anderes gemacht, als vorhandene Hardware wie die Antriebsstufen ausgemusterter Minuteman-Interkontinentalraketen (die sie vom Militär kostenlos zur Verfügung gestellt bekommen haben) neu kombiniert und so modifiziert zu haben, dass man damit nicht mehr einen Gefechtskopf sondern einen Erdsatelliten in den Orbit transportieren kann. Diese militärischen Antriebsstufen sind zuvor mit hohem Einsatz von Steuergeldern entwickelt worden. Beispiele wie diese gibt es eine ganze Reihe. Weltweit gab es bislang jedenfalls kein Unternehmen, das sich nicht mindestens 90 % einer Trägerraketenentwicklung vom Staat bezahlen ließ. Doch dann kam Elon Musk.

Elon Musk und die erste privat entwickelte Trägerrakete

Elon Musk ist der erste Unternehmer, der eine komplette Satellitenträgerrakete entwickelt, und dafür keinen Cent staatlicher Leistungen in Anspruch genommen hat. Seine Firma - Space X - existiert gerade mal seit dreieinhalb Jahren. In dieser kurzen Zeit hat Musk den Falcon 1 gebaut, den ersten vollständig neu konstruierten Orbitalträger weltweit in über einem Jahrzehnt. Für Aerospace-Giganten wie Boeing, Lockheed oder EADS wäre das ein unvorstellbar kurzer Zeitraum. Die Entwicklung von Trägerraketen, selbst von kleinen wie der VEGA, wird dort bislang eher in Jahrzehnten bemessen. Dabei hat Elon Musk fast alles komplett neu konstruieren lassen. Triebwerke, Tanks, Elektronik. All das, was bei den großen Firmen hunderte und tausende von Menschen beschäftigt. Elon Musk hat das mit 120 Mitarbeitern geschafft.

Zum Zeitpunkt, als diese Zeilen entstehen, steht der Falcon unmittelbar vor seinem Erstflug. Der soll am 8. Februar vom Omelek-Atoll auf den Marshall-Inseln erfolgen. Der Falcon ist übrigens teilweise wieder verwendbar. Ein wichtiger Aspekt in der zukünftigen "Privatisierung" des Weltraums, denn die Wiederverwendbarkeit (wenn sie nicht gerade in einem monströs komplexen System wie dem Shuttle betrieben wird) senkt ab einer bestimmten Startfrequenz die Preise.

Elon Musks zentrales Mantra gilt für alle Unternehmen der privaten Raumfahrtszene: "Runter mit den Startkosten". Private Raumfahrt kann sich nur entwickeln, wenn der finanzielle Aufwand für den Transport in den Weltraum dramatisch sinkt. Die heutige Situation in der Raumfahrt ist eine "Henne-und-Ei-Problematik", wie sie typischer nicht sein kann: Die Startkosten sind so hoch, weil es so wenige Nutzlasten für den Weltraum gibt. Und es gibt so wenige Nutzlasten, weil die Startkosten so hoch sind.

Elon Musk steht übrigens nicht allein. Ein Privatunternehmen, das etwas hinter Space X liegt, ist Masten-Space Systems. Masten betreibt ein noch vorsichtigeres, inkrementelles Vorgehen, als Space X. Mastens erstes Produkt wird das XA-1.0 Space Vehicle sein, mit dem eine Nutzlast von 100 Kilogramm auf eine suborbitale Bahn in maximal 100 Kilometer Höhe gebracht werden soll. Mit diesem "Build-a-little, Test-a-little"-Vorgehen will sich Masten Space im Windschatten von Elon Musk letztendlich aber auch dem Orbit nähern.

Der Einsatz eines ungemein effizienten, dabei aber verblüffend kleinen Teams ist auch ein Markenzeichen des X-Price Gewinners Burt Rutan. Auch er hat das



gesamte X-Price-Equipment bestehend aus dem riesigen Trägerflugzeug White Knight, dem Raumfahrzeug SpaceShipOne und der kompletten Bodeninfrastruktur einschließlich Testständen mit gerade über 50 Mitarbeitern geschaffen.

Runter mit den Preisen

Elon Musk hat durch den Einsatz modernster Konstruktions- und Managementtechniken, und durch radikale Vereinfachung aller Systeme den Falcon zum mit weitem Abstand billigsten Trägerfahrzeug gemacht. Er kann preislich sogar mit den russischen Interkontinentalraketen mithalten, die seit dem Zusammenbruch der Sowjetunion zu hunderten auf Halde liegen. Die aber sind notorisch unzuverlässig, und werden mit den Jahren auch nicht besser. Und hier sieht Elon Musk seine kommerzielle Chance.

Verglichen mit westlichen Trägern dieser Leistungsklasse ist der Preis für den Falcon märchenhaft niedrig: 5,5 Millionen Euro wird Musk für einen Start nehmen. Die vorhin erwähnte Pegasus von Orbital Sciences kostet das Dreifache, obwohl, wie geschildert, der Staat die Entwicklung zu 90 Prozent bezahlt hat. Und die ebenfalls erwähnte, nur wenig stärkere Minotaur kostet das Vierfache. Der zukünftige europäische Kleinträger VEGA wird 15 Millionen Euro pro Start kosten aber dies nur, weil die ESA aus Gründen der politischen Unabhängigkeit Europas jeden einzelnen Start massiv finanziell stützen wird. Sonst läge der Preis pro Start bei 25 Millionen Euro.

Der Falcon ist aber nur der erste Schritt. Elon Musk hat größere Pläne. Und ist auch schon dabei, sie umzusetzen. Das Design des



Der XERUS von XCOR. Foto: XCOR.

Falcon 1 ist die Grundlage für den wesentlich leistungsfähigeren Falcon 5, der in nur zwei Jahren fliegen soll und den noch mal größeren Falcon 9. Und der Falcon 9 wird in wenigen Jahren in der Lage sein, eine privat entwickelte bemannte Raumkapsel in den Orbit zu bringen. Und vielleicht sogar noch vor dem mit Unsummen an staatlichen Mitteln entwickelten Crew Exploration Vehicle der NASA zum Einsatz kommen. Damit für Privatunternehmen auch wirtschaftliche Anreize für die Entwicklung eines privaten bemannten Orbitalsystems existieren, hat der amerikanische Hotel-Tycoon Andrew Bigelow nach dem Vorbild des X-Price jetzt den "Americas Space Price" ins Leben gerufen. Und Bigelow will noch mehr für die Förderung der privaten Raumfahrt tun: Er will eine private Raumstation errichten, und damit ein Ziel, einen Hafen, für ein privates bemanntes Orbital-system bereitstellen. Schon in wenigen Monaten soll ein erstes Testelement dieser Privat-Raumstation in den Weltraum transportiert werden.

Suborbitaler Weltraumtourismus: Treiber der Entwicklung

Bevor es in den Orbit geht, müssen aber die industriellen Fähigkeiten aufgebaut werden. Vor allem aber muss ein genügend großer Markt für das Produkt "Raumtransport" geschaffen werden. Sonst landet man wieder in der vorhin beschriebenen "Henne-und-Ei-Problematik". Die aufwändige Entwicklung von Weltraumtechnologie lohnt sich für Privatunternehmen nur, wenn die Entwicklungskosten auch amortisiert werden. Und das erste Produkt der neuen privaten Dienstleistung "Raumtransport" wird der Weltraumtourismus sein.

Auch über diesen Begriff wurde übrigens bei den "Profis" noch vor Jahren viel und herzlich gelacht. Und auch hier ist das Lachen in der Zwischenzeit verstummt. Auch dafür war der X-Price der entscheidende Eis-

brecher.

SpaceShipOne war ein suborbitales Vehikel, das auf einer parabelförmigen Flugbahn wie ein sehr hoch geworfener Stein an die Grenze zum Weltraum vorstieß. Weit davon entfernt, eine Umlaufbahn um die Erde erreichen zu können. Trotzdem aber ein vollständiges Raumfahrzeug. Der Weltraumtourismus wird sich, das zeichnet sich klar ab, über suborbitale Flüge den Weg in den Orbit und darüber hinaus bahnen. Und dies aus einem einfachen Grund:

Suborbitale Raumflüge können mit einem Bruchteil des Aufwandes für einen Orbitalflug realisiert werden. Für ein Fahrzeug, das 100 Kilometer Höhe, fünf Minuten Schwerelosigkeit und 4.000 Kilometer pro Stunde erreicht ist nur ein Siebtel des Aufwandes nötig, den ein Orbitalfahrzeug braucht. In jeder Hinsicht. Angefangen von den Entwicklungskosten bis zu den Flugkosten pro Passagier. Manche Dinge braucht man sogar überhaupt nicht: Raumanzüge, komplexe Lebenserhaltungssysteme oder einen aufwändigen Thermal-schutz.

Ein suborbitaler Flug ist zwar nur kurz, beinhaltet aber alles, was ein Orbitalflug auch bietet: Den Andruck bei Start und Landung. Die Sicht auf die Erde. Schwerelosigkeit, wengleich nur kurz. Die ganze Palette der Empfindungen. Und es ist absehbar, dass der Markt suborbitaler Touristenflüge auch dann weiter bestehen bleiben wird, wenn mittelfristig orbitale Touristenflüge angeboten werden. Suborbitale Flüge werden dann als preiswerte "Raumfahrt light" verkauft.

In diesem neuen Marktsegment ist inzwischen ein spannender Wettbewerb zwischen drei Unternehmens-Paarungen entbrannt, die Erfolg versprechende Konzepte aufweisen.

Von den drei Gruppierungen dürften derzeit Incredible Adventures und Rocketplane am

weitesten sein. Virgin Galactic und Scaled Composites sind nur wenige Monate hinterher, haben aber ein wesentlich fortschrittlicheres und leistungsfähigeres Produkt.

Im übernächsten Heft werden wir einen Statusreport über die Fortschritte der hier vorgestellten Unternehmen geben.

Space Tourismus - Die Oberliga

Die wichtigsten Unternehmen, die in Kürze mit bemannten suborbitalen Raumflügen beginnen werden.

Hier haben sich in der jüngeren Vergangenheit drei Paarungen ergeben, die Erfolg versprechende Konzepte aufweisen. Jeweils ein Vermarktungsunternehmen hat sich mit einer Entwicklungsfirma zusammengetan.

Virgin Galactic & Scaled Composites

Virgin Galactic ist eine von Richard Bransons Virgin Group gegründete Firma (Bekanntestes Unternehmen dieser Gruppe: Virgin Airways).

Virgin Galactic war schon einer der Sponsoren, der SpaceShipOne zum Gewinn des X-Price verhalf. Nun hat Branson Burt Rutan beauftragt, in seiner Firma ein Touristenraumschiff zu entwickeln. Es entsteht derzeit unter strikter Geheimhaltung in den Hangars von Scaled Composites auf dem Mojave-Spaceport. Branson will gleich fünf Einheiten davon bauen lassen.

Die Flüge werden, nach den Berechnungen von Virgin Galactic, anfangs etwa 160.000 Euro kosten. Im fünften Betriebsjahr, so nehmen die Experten an, wird der Flugpreis auf etwa 40.000 Euro gesunken sein. Im zehnten Jahr, weiter steigende Nachfrage vorausgesetzt, sollten es nur noch 20.000 Euro sein.

Im ersten Jahr der Passagierflüge, und das sollte nach jetziger Planung das Jahr 2008 sein, erwartet Virgin Galactic 104 Flüge, bei denen 520 Passagiere auf eine Höhe von 150 Kilometern transportiert werden, und dabei eine Schwerelosigkeitsphase von etwa 6 Minuten Dauer erleben.

Incredible Adventures & Rocketplane Ltd.

Im Mai 2004 eröffnete Rocketplane auf dem Oklahoma Spaceport ein Büro mit ganzen drei Angestellten. Ein Jahr später beschäftigte Rocketplane bereits mehr als 30 Mitarbeiter und hat die Entwicklung ihres ersten Raumfahrzeugs in Angriff genommen, der Rocketplane XP. Die Firma wuchs weiter und gegen Ende des letzten Jahres

nahm Rocketplane den Ex-NASA Astronauten John Herrington unter Vertrag um das Testprogramm durchzuführen.

Das Fluggerät basiert auf der Zelle eines Learjet, bekommt einen Deltaflügel, wird strukturell verstärkt, mit Tanks und einem Rocketdyne RS 88-Raketentriebwerk ausgestattet. Der Rollout des Fluggerätes soll Mitte dieses Jahres stattfinden. Bald danach wird ein etwa 25 Flüge umfassendes Testprogramm beginnen. Danach kann der Passagierbetrieb aufgenommen werden. Bei jedem der Einsatzflüge wird der Rocketplane XP einen Piloten und drei Passagiere aufnehmen können.

Incredible Adventures wird die Flüge der XP vermarkten.

Space Adventures & XCOR Aerospace

Space Adventures ist das etablierteste Unternehmen auf dem Gebiet des Weltraumtourismus und XCOR der wahrscheinlich angesehenste Triebwerksentwickler in der Szene der privaten Raumfahrt.

Space Adventures hat sich weltweit einen Namen gemacht, weil sie bei der russischen Raumfahrtagentur die "Touristenflüge" zur ISS vermittelt. Dabei kann bei einigen wenigen Besatzungstransfers (maximal einmal pro Jahr) ein "Gast-Kosmonaut" mitfliegen. Dennis Tito war der erste dieser "Touristen", Greg Olson vor einigen Monaten der bislang letzte. Obwohl diese Flüge pro Person um die 20 Millionen Dollar kosten ist auch hier die Nachfrage bei weitem größer als das Angebot.

Das Fluggerät, das XCOR für seine suborbitalen Touristenflüge einsetzen will, ist der XERUS, natürlich ausgestattet mit dem feinsten und neuesten Raketentriebwerk aus der Fertigung von XCOR.

Auf dem Weg in die "Oberliga"

Hinter den vorher vorgestellten Unternehmen gibt es ein Verfolgerfeld, in dem alle schon in einer fortgeschrittenen Hardware-Phase sind und zum Teil bereits beachtenswerte Tests durchgeführt haben. Auch diese Firmen wollen bereits in ein bis zwei Jahren bemannte suborbitale Flüge durchführen.

Armadillo Aerospace

Armadillo ist in der Szene hoch beliebt, weil es bei ihnen immer kracht und raucht. Ein furchtloses Trüppchen unverdrossener Bastler. Sie schrecken auch im frühen technischen Stadium nicht vor bemannten Versuchen zurück. Sie sind auch deswegen beliebt, weil sie über ihren Arbeitsfortschritt stets ausführlich im Web berichten. Das

Team besteht aus einem knappen Dutzend junger Ingenieure und Techniker, einer Frau die den ganzen Laden kommerziell zusammenhält und darauf achtet, dass die Jungs in ihrer Begeisterung nicht mehr Geld ausgeben als sie einnehmen, und dem Maskottchen Widget. Schon wegen des hohen Unterhaltungswertes ist Armadillo Aerospace unbedingt zu beachten.

Starchaser Industries

Die britischen Starchaser arbeiten unter dem Motto: "Dedicated To Putting Britain Back Into Space". Ambitioniertes Unternehmen, das sich von einem Verein reiner Amateure zu einem ernsthaften Mitspieler in der Szene entwickelt hat. Auch Starchaser geht nach einem "Step by Step approach" vor und will sich dem Ziel, Menschen in den Weltraum zu bringen, vorsichtig nähern. Sie haben schon einige beachtenswerte Flugversuche hinter sich, aber nichtsdestotrotz noch einen langen Weg vor sich.

Da Vinci Project

Diese kanadische Unternehmung verfolgt ein interessantes Konzept. Ihr Raumfahrzeug mit Namen "Wild Fire" wird zunächst mit einem Helium-Ballon auf große Höhe geschleppt (etwa 30 Kilometer). Dort feuert das Triebwerk und die Kapsel steigt auf über 100 Kilometer Höhe. Die Landung erfolgt am Fallschirm. Der Projektleiter und Firmengründer Brian Feeney will den Erstflug höchstpersönlich absolvieren.

Canadian Arrow

Mit der gleichnamigen Rakete, praktisch der Nachbau einer V2, will Canadian Arrow in Kürze mit Versuchsstarts von Cape Rich, in Kanada, beginnen. Die Astronauten dafür sind jedenfalls schon ausgewählt. Die Triebwerkstests mit dem Einsatztriebwerk verliefen Erfolg versprechend. Nun steht zunächst eine Reihe unbemannter Testflüge an. Canadian Arrow ist vielleicht der derzeit vielversprechendste Kandidat für den Aufstieg in die Oberliga und bereits auf der Suche nach einem Marketingpartner.

Die Spaceports

Spaceports, die vor allen Dingen in Amerika derzeit wie die Pilze aus dem Boden schießen:

Um den zukünftigen privaten Raumfahrzeugen auch in den Weltraum zu verhelfen, entstehen derzeit vor allem in den USA die ersten sogenannten "Spaceports" - Flughafenanlagen in abgelegenen Gegenden, die nur sehr geringen "normalen" Luftfahrtbetrieb aufweisen. Die Genehmigung, einen Spaceport zu betreiben, muss man sich dabei - zumindest in den USA - bei der

Nationalen Luftfahrtbehörde einholen.

Der bekannteste, weil als erster aktiv bei den Test- und Wettbewerbsflügen des X-Price, ist der Mojave-Spaceport in Kalifornien, der nördliche Nachbar der Edwards Airforce Basis. Als nächstes wird sich der New Mexico Spaceport darauf einrichten, den ab 2007 alljährlich stattfindenden X-Price Cup auszutragen, und als Heimatbasis für Virgin Galactic zu dienen. Virgin will dafür ab dem nächsten Jahr einen futuristischen Gebäudekomplex hinstellen. Auch der New Mexico Spaceport hat einen berühmten Nachbarn, das historische Raketenversuchsgelände von White Sands, auf dem schon Wernher von Braun die aus Deutschland mitgebrachten V 2-Raketen testete.

Als weiteres Startgelände für bemannte suborbitale Raketen hat sich der Oklahoma Spaceport eingerichtet. Er wird die Heimatbasis für die Flüge der Rocketplane Ltd. werden.

In Kanada wird ein Gelände in Cape Rich eingerichtet, an dem der Canadian Arrow an die Grenze zum Weltraum aufbrechen will, und Brasilien meldet sich mit dem Startgelände Alcantara auf dem Markt.

Aber auch die traditionellen Startanlagen wie Cape Canaveral wollen künftig ein Wort mitreden.

Space X hat bereits eine eigene Startanlage in Vandenberg, Kalifornien, gebaut, und eine zweite auf dem Mini-Atoll Omelek, das zu den Marshall-Inseln gehört.

Internet-Adressen

Informieren Sie sich im Internet über die Fortschritte der Privaten Raumfahrt

Armadillo Aerospace:
<http://armadilloaerospace.com/n.x/Armadillo/Home>
 Bigelow Aerospace:
<http://www.bigelow-aerospace.com/>
 Canadian Arrow:
<http://www.canadianarrow.com/index.htm>
 Incredible Adventures:
<http://www.incredible-adventures.com/sub-orbital.html>
 Masten Space Systems:
<http://masten-space.com/>
 Mojave Spaceport:
<http://www.mojaveairport.com/>
 New Mexico Spaceport:
http://www.space.com/news/060102_nm_spaceport.html
 Oklahoma Spaceport:
<http://www.state.ok.us/~okspaceport/>
 Rocketplane:
<http://www.rocketplane.com/flash.asp>
 Scaled Composites:
<http://www.scaled.com/index.html>
 Space Adventures:
<http://www.spaceadventures.com/>
 Space X:
<http://spacex.com>
 Starchaser:
<http://www.starchaser.co.uk/index.php>
 Virgin Galactic:
<http://www.virgingalactic.com/de/Default.asp>
 XCOR:
<http://www.xcor.com/>



Outer Space - Der Kosmos-Bildatlas des Sonnensystems

Von Hermann-Michael Hahn, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., 200 Farbfotos und 5 Farbillustrationen, 208 Seiten, 34,90 Euro, ISBN: 3-440-09166-x.

Outer Space - das sind unsere Nachbarplaneten, die Sonne, Kometen, der Mond und die Monde anderer Planeten, kurzum: Unser Sonnensystem.

Der Astronom Hermann-Michael Hahn gilt als anerkannter Wissenschaftsjournalist und hat bereits zahlreiche Werke veröffentlicht, darunter den Bestseller "Astronomie für Einsteiger". Mit dem vorliegenden Bildband wird zweifellos wieder eine Lücke in diesem Genre geschlossen, denn fast täglich erhalten wir neue spektakuläre Fotos aus unserem Planetensystem. Allerdings kann die Bildauswahl in "Outer Space" den Rezensenten nicht überzeugen. Wenn man schon die Erde mit aufnehmen muss, dann wären traumhafte Bilder, fotografiert von den Astronauten aus der Internationalen Raumstation, sicher ansprechender gewesen. Die sechs Mondfotos machen beim

Komplex "Erde" auch nicht so richtig Sinn. Die erste Steigerung erwartet den Leser im Abschnitt "Venus". Obwohl es hier kein neues Material gibt hat es der Autor verstanden, aus den bisherigen Fotos die besten auszusuchen. Kapitel "Mars" beeindruckt zwar durch die ausklappbaren Panoramabilder, aber die Auswahl der amerikanischen Rover-Aufnahmen hätte bedeutend effektvoller sein können. Das Jupitersystem wird relativ knapp abgehandelt und die Fotos sind allesamt schon des öfteren durch die Presse gegangen. Auch vom Saturnsystem existieren neuere Bilder, die auch schon vor Drucklegung des Buches vorrätig waren.

Hervorzuheben bleibt der begleitende Text, der, wie bei Hahn üblich, verständlich und informativ ist.

Britta Peters



Die Geschichte der NASA

Von Michael Gorn, mit einem Vorwort von Edwin Aldrin.

Knesebeck Verlag, gebunden, 304 Seiten, 500 meist farbige Abbildungen. 39,95 Euro [D] / 41,40 Euro [A] / sFr 69,00. ISBN 3-89660-308-6

Es ist immer ein schwieriges Unterfangen die Historie eines Ereignisses in einem limitierten Umfang so aufzuarbeiten oder darzustellen, das der Leser ein klares und verständliches Bild bekommt. Noch komplizierter wird es, wenn das Ereignis ein Jahrzehnte andauernder Prozess ist, wie die Entwicklung der NASA.

Michael Gorn gelingt dieser Spagat in bewundernswerter Weise Gorn zeichnet die vielen Ereignisse mit dem Wissen des Insiders nach: Vom ersten Überschallflug über den verlorenen Wettlauf mit der Sowjetunion um den ersten bemannten Raumflug, die glanzvolle Apollo 11-Mission, mit der 1969 zwei Astronauten der NASA auf dem Mond landeten, bis zu den tragischen Spaceshuttle-Unglücken aus jüngerer Zeit. Darüber hinaus werden die einflussreichsten Persönlichkeiten aus Politik und Wissenschaft vorgestellt, welche die NASA

Voranbrachten. Umfangreiches Bildmaterial aus den Archiven der NASA, welches den auch für Laien verständlichen Text begleitet, lässt dieses Buch zu einer wertvollen Lektüre werden.

Benno Lewuwa

Anzeige

RAUMFAHRT UND HRTFACHVERSAND ANDROMEDA

Marswalk One- First Steps on a new planet,

D.J. Shayler/A. Salomon/J.M.D. Shayler; Springer Verlag 2005; 244 Seiten mit zahlreichen S/W Abbildungen. Soft Cover
Was passiert genau, wenn der erste Mensch den Fuß auf den Mars setzt? Was kann der Mensch besser als automatische Sonden? Wie wird die Mission aus dem Orbit heraus unterstützt? Welche Ausrüstung wird voraussichtlich verwendet? Diese und weitere Fragen beantwortet der neue Band aus der bekannten Springer Praxis-Serie! € 26,70



Space Shuttle Columbia, Springer Verlag 2005.

512 Seiten mit vielen S/W Bildern, Soft Cover.
Am 1. Februar 2003 verglühte das erste wirklich wiederverwendbare Raumschiff der Menschheit, die Raumfähre Columbia, am Himmel vor Texas. Der Band blickt zurück auf alle 28 Missionen der Columbia. Mit Berichten der beteiligten Techniker, Wissenschaftler und Astronauten. € 34,90

First Man- The Life of Neil A. Armstrong; J.R. Hansen, Simon & Schuster;

USA 2005. 784 Seiten mit S/W Abb., gebunden.
Der ehemalige NASA-Historiker Hansen blickt auf die beispiellose Karriere von Neil Armstrong zurück: seine Kampfeinsätze in Korea, die Testflüge mit der X-15, den fast Katastrophenflug von Gemini VIII bis hin zur triumphalen Mondlandung im Jahre 1969. Eine einzigartige Biografie eines Mannes, der heute weitgehend zurückgezogen lebt. Ein MUSS für jede Raumfahrtbibliothek. € 27,90



Geschichte der NASA; Michael H. Gorn; Knesebeck 2005; 304 S. mit 500 meist farbigen Abb. 24 x 28 cm.
Der NASA-Experte Michael H. Gorn zeichnet alle Ereignisse nach: vom ersten Überschallflug über den verlorenen Wettlauf mit der Sowjetunion um

den ersten bemannten Raumflug, die glanzvolle Apollo-11-Mission bis hin zu den tragischen Spaceshuttle-Unglücken der letzten Jahrzehnte. Reiches Bildmaterial aus den Archiven der NASA lässt eines der größten Abenteuer des 20. Jahrhunderts vor unseren Augen lebendig werden. € 39,95

Galileo, Cassini, Giotto-Raumsonden erforschen unser Sonnensystem.

Wolfgang Engelhardt; Verlag Harri Deutsch 2005, 500 Seiten mit vielen Abbildungen, gebunden. Die beiliegende CD enthält über 450 aktuelle, farbige Aufnahmen. Der Autor gibt nicht nur einen Überblick über die Entwicklung der Planetenforschung, sondern beschreibt auch die vielfältigen Raumsondenmissionen. Mit vielen technischen Details. € 58,00



Brockhaus ASTRONOMIE; Brockhaus Verlag Mannheim 2005. Kompetent, informativ, aktuell - wie immer von Brockhaus. 1. Auflage, 544 Seiten, gebunden; ca. 3.300 Stichwörter, 12 Sonderartikel, ca. 200 Schlaglichtkästen, Zitate. € 34,95



Lunar Rover, exzellentes Modell aus dem Smithsonian National Air & Space Museum, äußerst detailliert - beste Museumsqualität: ein absolutes SPITZENPRODUKT Maßstab: 1/18 = ca. 22,5 x 17,5 x 27,5 cm € 139,00
Passende Acryl-Abdeckung für € 42,95
ebenfalls lieferbar!

Volksrepublik China - die dritte Weltraummacht (Teil 6)

Shenzhou 6 bahnt den Weg in die Zukunft

Von Chen Lan

Einst hat ein Raumfahrtanalytiker Chinas bemannte Raumfahrt als eine sich langsam fortmühende Schildkröte bezeichnet, die alle Jubeljahre einen Raumflug macht. Die bemannte Raumfahrt der USA verglich er mit einem schlafenden Hasen, da die Space-Shuttle-Flotte zu diesem Zeitpunkt der Aussage schon lange vom Startverbot betroffen war. Es liegt wohl etwas Wahrheit in beidem.

Im Folgenden sind die Hauptereignisse der fünf Tage des Shenzhou 6-Fluges aufgelistet (alle Angaben in Pekinger Zeit).

1. Tag (12. Oktober 2005)

Ähnlich wie beim Flug von Shenzhou 5 vor zwei Jahren, haben die chinesischen Verantwortlichen die Namen der Flugmannschaft und der Doubles lediglich 24 Stunden vor dem Start bekannt gegeben. Die beiden Taikonauten, Fei Junlong und Nie Haisheng, wohnten der Tradition gewordenen Verabschiedungszeremonie gegen 5:30 Uhr bei, als plötzlich Schneefall einsetzte. Es wurde als ein gutes Omen betrachtet, dass der Schnee just in dem Moment aufhörte, als die beiden sich zum Startplatz begaben. Das Duo stieg durch die Seitenluke des Orbitalmoduls in das Raumschiff ein und begab sich um 6:15 Uhr auf ihre Sitze innerhalb der Rückkehrkapsel. Shenzhou 6 hob um 9:00 Uhr ab und verschwand bereits 40 Sekunden später in den dichten Wolken über dem Startplatz. Als ein Novum hat Chinas offizieller Fernsehsender CCTV den Start live übertragen und kontinuierlich über die gesamte Dauer der fünftägigen Raumfahrtmission berichtet.

Der Start verlief reibungslos und das Raumschiff separierte nach 583 Sekunden von der letzten Raketstufe.

Shenzhou 6 vollführte um 15:54 Uhr das erste automatische Manöver, als es durch einen 63 Sekunden langen Triebwerksimpuls von der anfänglichen 200 x 347 km Flugbahn auf einen 340 km hohen kreisförmigen Orbit einschwenkte. Um 17:29 Uhr öffnete Fei die kopfüber befindliche Luke, die zum Orbitalmodul führt und schwebte mit Hilfe seines Mannschaftskameraden Nie hinein. Fei entledigte sich dann seines Skaphanders und wechselte in den blauen Arbeitsanzug. Alle diese Aktivitäten waren Erstleistungen eines Chinesen. Fei schwebte um 19:59 Uhr zurück in die Landekapsel und gab somit das Orbitalmodul für Nie Haisheng frei, damit er sich umkleiden



Das Innere der Landekapsel vom Orbitalmodul aus gesehen. Foto: CCTV.



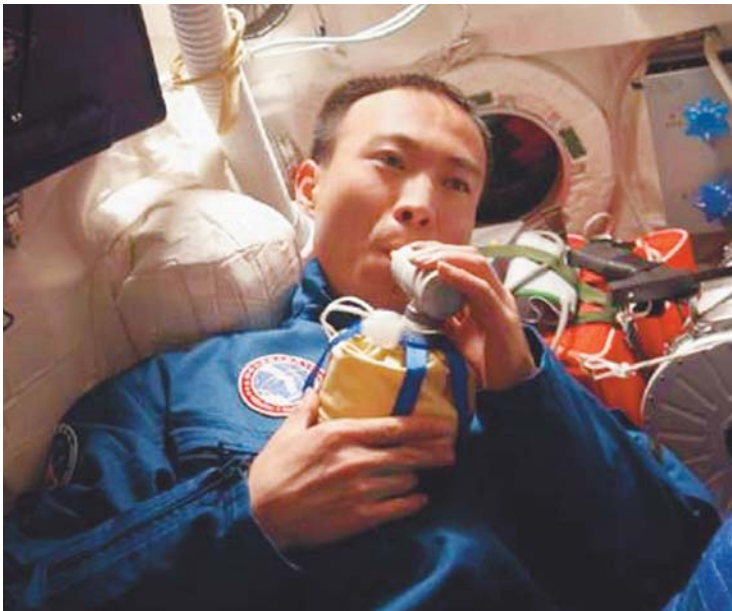
Nie Haisheng schwebt durch die Luke. Foto: Fei Junlong.

konnte. Es gehört zu den Flugregeln, dass stets ein Taikonaut in der Rückkehrkapsel verweilt, um eine ständige Überwachung der Monitore und des Raumschiffes sowie die Kommunikation mit dem Boden zu gewährleisten.

Nie war um 21:30 Uhr in der Landekapsel zurück. Bereits zwei Minuten später konnte die zweiköpfige Mannschaft mit ihren Familienmitgliedern sprechen. Das Bahnverfolgungsschiff Yuanwang 3 machte diese Kommunikationsverbindung möglich. Nies



Nie Haisheng im Schlafsack im Orbitalmodul. Foto: Fei Junlong.



Fei Junlong beim Trinken in der Rückkehrkapsel. Foto: Nie Haisheng.

Tochter sang ein Liedchen, da ihr Papa am nächsten Tag seinen Geburtstag entsprechend dem chinesischen Mondkalender feiern würde.

Gegen 23:00 Uhr hatte es sich Fei Junlong im Orbitalmodul mit einem Schlafsack für die Nachtruhe bequem gemacht, während Nie in der Landekapsel schlief.

2. Tag (13. Oktober)

Obwohl die offizielle Berichterstattung von der Shenzhou 6-Mission als der ersten "wissenschaftlichen Mission" sprach, da während dieses Raumfluges viele Experimente im Orbitalmodul ausgeführt wurden, war klar, dass das Hauptziel des Fluges immer noch in verschiedenen Test- und ingenieurtechnischen Aufgaben bestand. Sie dienten dazu, das Systemdesign und die Fähigkeiten der Apparaturen nach und nach zu verbessern. Somit war für die beiden Taikonauten der zweite Tag an Bord ein vollgepackter Arbeitstag. Wiederholt übten sie das An- und Ablegen der Raumanzüge in kürzester Zeit, das Öffnen und Schließen der Luke zwischen den beiden Modulen sowie der damit verbundenen Dichtigkeitstests, das problemlose Bewegen durch die Luke und das Auffangen von Kondenswasser. Um 15:13 Uhr fand eine Weltpremiere statt: Es wurden erstmals Videoaufnahmen aus dem Inneren eines chinesischen Raumschiffes zur Erde gesandt.

Seinen Geburtstag feierte Nie Haisheng, mit einem Mondkuchen, ein traditionelles chinesisches Essen und gleichzeitig eine Art von chinesischer Weltraumnahrung.

3. Tag (14. Oktober)

Nach nunmehr drei Tagen im Weltraum, hat sich die Besatzung an die Schwerelosigkeit gewöhnt. Sie wiederholten die Tests der vorangegangenen Tage. Die beiden Taikonauten führten eine Reihe von schnellen und weiträumigen Bewegungsabläufen durch, um deren Einfluss auf die Lage des Raumschiffes zu beobachten. Um 16:31 Uhr schlug Nie im Rückkehrmodul hintereinander vier Purzelbäume. Die Lage des Raumschiffes blieb während dieser Übung stabil.



Kurz vor der Abtrennung der Seitenbooster.

Abtrennung der ersten Stufe.

Shenzhou 6 innerhalb des Fairings.

4. Tag (15. Oktober)

Der vierte Tag war ein normaler Arbeitstag. Gemäß offiziellen Verlautbarungen führte die Crew eine Reihe von wissenschaftlichen Experimenten im Orbitalmodul durch. Eines davon war eine Untersuchung des menschlichen Herzmuskels und der Knochenzellen. Nach 18:00 Uhr übertrug Nie von der Besatzung aufgenommene digitale Fotos zur Erde. Die verwendete Kamera wurde später von Amateuren im Internet als eine Pentax identifiziert.

Um 16:28 Uhr hatte die Besatzung einen besonderen Funkkontakt mit dem Flugkontrollzentrum in Peking, als Präsident Hu Jintao dort zu Besuch weilte.

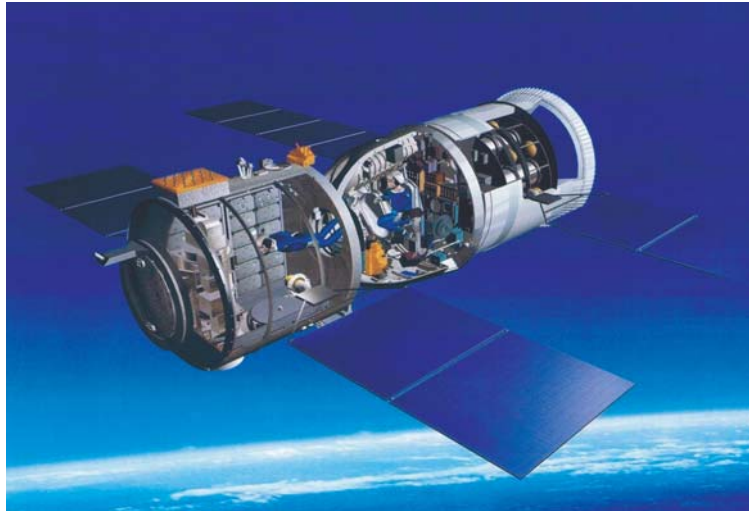
5. Tag (16. Oktober)

Während ihres letzten Tages an Bord testeten die beiden Taikonauten die Satellitenkommunikation vom Raumschiff aus. Dabei war unklar, ob sie chinesische GEO-Kommunikationssatelliten nutzten oder kommerzielle LEO-Systeme.

Die Luke zum Orbitalmodul wurde um 23:26 Uhr geschlossen. Zu diesem Zeitpunkt überflog Shenzhou 6 die Bahnverfolgungsstation in Xiamen.

6. Tag (17. Oktober)

Die Landung wurde um 2:45 Uhr mit dem Kommando zum Wiedereintritt eingeleitet. Um 3:44 Uhr wurde der Orbitalmodul abgetrennt und unmittelbar danach der Bremsimpuls gegeben. Die Triebwerke schalteten sich um 3:48:29 Uhr ab. Dann folgte um 4:06 Uhr die Abtrennung des Triebwerksmoduls. Der Hauptfallschirm öffnete sich um 4:20 Uhr und die Hubschrauber konnten die Rückkehrkapsel daraufhin sofort ausmachen. Die Landung erfolgte um 4:33 Uhr, wobei der Landeort lediglich um 1 km vom vorausberechneten Punkt in der Amugulang-Steppe, nahe der Siedlung Hongger – 60 km nördlich von der Stadt Wulanha, der Hauptstadt von Siziwang Banner in der Inneren Mongolei – abwich. Dank besonders günstiger Windbedingungen setzte die Landekapsel vertikal auf und blieb auch in dieser Position stehen. Dadurch hatte die zweiköpfige Mannschaft etwas sanftere Landebedingungen als Yang Liwei, benötigte aber auch etwas länger für



Shenzhou 6-Schnittzeichnung. Foto: CAST.

den Ausstieg, da sie erst auf das Gestell für die Bergung warten musste. Um 5:07 Uhr schließlich konnte die Luke zur Landekapsel geöffnet werden. Zwei Stunden nach dem Aufsetzen auf der Erdoberfläche konnten die beiden Taikonauten selbstständig aus der Kapsel aussteigen, natürlich in exzellenter Verfassung.

Die Landung von Shenzhou 6 war für die junge Raumfahrtnation China die erste Nachtlandung. Zur Verbesserung der Sicherheit der Mannschaft während der Landephase wurden zusätzliche Messungen insbesondere mit Infrarot-Verfolgungsgeräten ausgeführt. Die Übertragung des nationalen Fernsehsenders CCTV zeigte ein kontinuierliches Infrarotvideo beginnend mit der Entfaltung des Hauptfallschirms bis zum Aufsetzen auf der Erdoberfläche. CCTV zeigte erstmalig den kompletten Landevorgang.

Die Shenzhou 6-Mission dauerte insgesamt 115 Stunden und 33 Minuten und setzte somit einen neuen chinesischen Rekord.

Verbesserungen und Änderungen

Die erste bemannte Mission Chinas, der Flug von Shenzhou 5 im Jahre 2003, war eine erfolgreiche Mission, verlief aber nicht perfekt. Bei Shenzhou 6 gab es insgesamt 110 Veränderungen am Raumschiff und 75 an

der Träger Rakete. Die Hauptmodifikationen sind nachfolgend aufgelistet.

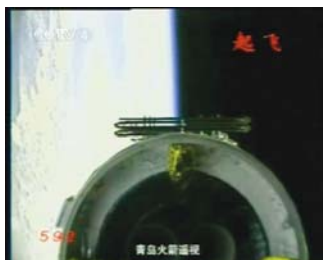
Schwingungsunterdrückung bei der CZ-2F

Eines der ernsteren Probleme, die während des Fluges von Shenzhou 5 auftraten, waren Vibrationen im niederfrequenten Bereich (um die 8 Hz). Sie setzten 130 Sekunden nach dem Start, direkt nach der Abtrennung der Seitenbooster ein. Yang Liwei beschrieb diese Schwingungen als eine unangenehme Nebenwirkung auf sein Herz. Glücklicherweise dauerten diese Vibrationen nur etwas länger als 10 Sekunden an.

Die Analyse nach dem Flug bestätigte den Ingenieuren dass die 8 Hz-Schwingung eine Art Resonanz war, da die vertikalen Eigenschwingungen der Raketenstruktur zu dicht an der Schwingfrequenz des Treibstoffs in den Leitungen und den daraus folgenden Schubschwingungen lagen. Anfang 2005 entschloss man sich zur Entwicklung eines neuen Druckdämpfers um die Schwingungsfrequenz in den Treibstoffleitungen zu ändern. Diese Maßnahme hat sich als geeignet herausgestellt. Während des Starts von Shenzhou 6 trat das Problem nicht mehr auf.



Shenzhou 6 nach der Absprengung der Verkleidung.



Separation des Raumschiffes.



Letzter Blick auf Shenzhou 6 aus der Nähe.



Shenzhou 6 entfernt sich (die Raketenstufe hat sich in diesem Moment einmal um die eigene Achse gedreht).

Live-Kameras an der Trägerrakete

Erstmals wurden Kameras am Raketenkörper montiert, um mittels der Übertragung von digitalen Echtzeitvideos den Start und das Verhalten der Rakete in dieser Phase zu überwachen. Eine Kamera wurde an der zweiten Stufe befestigt, um während des Starts nach unten zu blicken und die Stufentrennung sichtbar zu machen und die andere an der Spitze der zweiten Stufe, innerhalb der Verkleidung, um die weitere Stufentrennung und den Zustand der Rakete zu überwachen. Die Bilder, die von den beiden Kameras aufgenommen wurden, übertrug CCTV live. Abgesehen von sehr kurzen Unterbrechungen während der Stufentrennungen, funktionierte das Aufzeichnungssystem perfekt. Es ist wert zu erwähnen, dass die obere der beiden Kameras auch noch nach der Stufentrennung Bilder übertrug. Nun mit der abgetrennten Stufe weiter verbunden, machte sie einen langen Schwenk als die Stufe nahezu zweimal rotierte. Es konnte dabei ein beeindruckendes Bild von dem sich entfernenden Shenzhou-Raumschiff vor dem Hintergrund der blauen Erde und dem dunklen Weltraum aufnehmen.

Rettungssystem

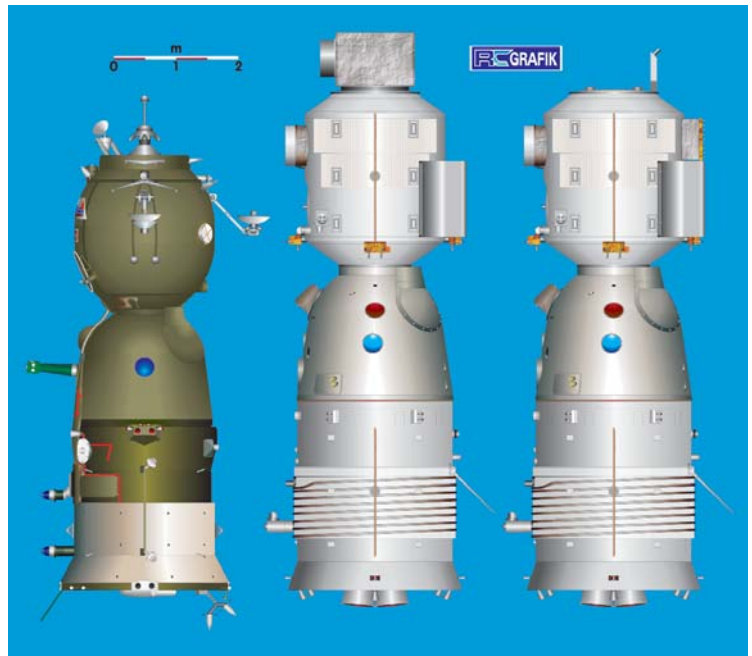
Um die Triebwerke nicht durch ein irrtümliches Signal zu aktivieren, wurde vor der Triebwerkszündung eine zusätzliche Isolation angebracht.

Erweiterte und verbesserte Datenaufzeichnungskapazitäten

Es wurden zwei neue Videokameras im Inneren des Orbitalmoduls installiert. Eine davon war für die Echtzeit-Videoübertragung und die andere für Videoaufzeichnungen zuständig. Ebenso kam ein neues Tonaufnahmegerät zum Einsatz. Der Notfalldatenrekorder (CRU – Clamant Record Unit oder auch als Black-Box bezeichnet) wurde ebenfalls verbessert. Die Größe des Geräts konnte auf die Abmaße Länge: 17 cm, Breite: 10 cm und Höhe: 20 cm halbiert werden, während die Speicherkapazität auf 1 GB verundertacht wurde.

Zusätzliche Ausrüstung im Orbitalmodul

Um die Versorgung der zweiköpfigen Mannschaft zu gewährleisten, wurde das Lebenserhaltungssystem vollständig aktiviert. Die Toilettenausrüstung, die Essensbereiter, Wassercontainer, die Müllsammelbehälter und die Schlafsäcke wurden zum ersten Mal an Bord mitgeführt und auch benutzt. Natürlich waren auch mehr Versorgungsgüter als jemals zuvor an Bord. Nahrung und Wasser hätten für beide Crewmitglieder 7 Tage lang ausgereicht, da



Die Raumschiffe (von links) Sojus TMA (Russland), Shenzhou 5 und 6 (China) in der maßstäblichen Gegenüberstellung.

zwei Tage für den Fall einer Notsituation eingeplant worden waren. Um diese Ausstattung beherbergen zu können, wurden die Gegenstände im Orbitalmodul in ihrer Anordnung optimiert und angepasst.

Verbesserung des Energieversorgungssystems

Es hat sich herausgestellt, dass bei allen vorangegangenen Shenzhou-Raumschiffen im Lauf der Mission ein Leistungsabfall der Energieversorgung auftrat. Die Ingenieure vom SAST (Shanghai Academy of Spaceflight Technology) benötigten 7 ganze Monate, um dem Problem auf die Spur zu kommen. Schließlich aber funktionierte das Shenzhou 6-Orbitalmodul während ausgedehnter Tests für länger als zwei Monate bis Mitte 2005. Alle Datenaufzeichnungen lassen den Schluss zu, dass die Energieversorgung stabil war.

Entfernung des sogenannten "attachment segment"

Alle bisherigen Shenzhou-Schiffe verfügten am oberen Ende des Orbitalmoduls über ein sogenanntes "attachment segment" (eine außen angebrachte Instrumentenplattform), eine Art Aufbau. Da Shenzhou 6 allerdings 2 Taikonauten und im Vergleich zu Shenzhou 5 zusätzliche Nutzlast von 200 kg aufnehmen musste, wurde dieses Zusatzsegment auf Grund des hohen Gewichts abmontiert. Trotz Demontage blieb Shenzhou 6 noch immer schwerer als Shenzhou 5. Die Startmasse von Shenzhou

6 lag bei 8.079 kg, während es Shenzhou 5 auf 7.840 kg brachte. Dafür hatte sich die Länge von Shenzhou 6 auf 8 Meter im Vergleich zu Shenzhou 5 mit 8,86 m verkürzt. Das Gesamtvolumen von Shenzhou 6 betrug 5,5 m³.

Nutzlasten und Experimente

Eine von den vielfältigen chinesischen Raumfahrttraditionen sind Huckepack-Nutzlasten, von denen auch zahlreiche an Bord von Shenzhou 6 verstaut waren. Insgesamt beliefen sich diese auf 64 Artikel, wie z.B. die Flaggen des Internationalen Olympischen Komitees, der Expo Shanghai 2010 und einer chinesischen Polarexpedition. Außerdem wurden Kunstwerke bekannter chinesischer Künstler, Zeichnungen und Briefe von Grundschulschülern an die Taikonauten, die zuvor in einem nationalen Wettbewerb ausgewählt wurden, mit ins Weltall genommen. Obligatorisch waren auch Gedenkbriefmarken, Ersttagsbriefe und andere philatelistische Belege, Pflanzen- und Blumensamen und Proben von Mikroorganismen. Daneben gab es auch eine unbekannte Anzahl wissenschaftlicher Nutzlasten im Orbitalmodul. Darüber haben die chinesischen Medien noch keine Details bekannt gegeben. Die einzige bislang in der Öffentlichkeit publizierte Nutzlast ist das Experiment zur Untersuchung des Herzmuskels und der Knochenzellen. Bemerkenswert ist eine hochauflösende Weitwinkel-Kamera, die im Orbitalmodul untergebracht wurde. Sie

scheint dem Modell in Shenzhou 5 ähnlich zu sein, von dem man annimmt, dass sie eine Auflösung von 1,6 m hatte (Shenzhou 5 hatte auch noch eine zweite Kamera in dem Zusatzsegment).

Shenzhou 6 war die erste Mission, bei der die Mannschaft Experimente im Innern des Orbitalmoduls ausführen konnte. Da das Hauptziel des Fluges jedoch die Verbesserung des Raumschiffdesigns war, kann man davon ausgehen, dass die meisten Experimente, einschließlich die der Erdfernerkundung mit der großen Kamera, entweder automatisch oder vom Boden aus gesteuert wurden.

Andere Änderungen

Weitere Veränderungen betrafen einige unnötige Messinstrumente im Innern des Orbitalmoduls, verbesserte Widerstandsfähigkeit der Ausrüstung gegenüber Feuchtigkeit, verbessertes Alarmsystem um Fehlalarm, wie er mehrere Male beim Wiedereintritt von Yang Liweis Raumschiff Shenzhou 5 auftrat, zu vermeiden, verbesserte Dichtungen und Dichtheitsprüfungen für die Lukentür sowie verbesserte Schockabsorber in den Sitzen der beiden Besatzungsmitglieder.

Mit der erfolgreichen Durchführung der Shenzhou 6-Mission hat die 2. Phase im chinesischen bemannten Raumflugprogramm begonnen. Diese neue Phase umfasst die Meisterung fundamentaler Weltraumtechnologien und die Bereitstellung eines grundlegenden Raumtransportsystems. Als logische Folgeschritte wurden die drei Hauptziele der Phase 2 festgelegt: Außenbordanarbeiten (EVA), Rendezvous- und Kopplung und Start einer bemannten Mini-Raumstation (genannt Weltraumlaboratorium – Space Laboratory).

Shenzhou 6-Doublemannschaft

Liu Boming, Oberstleutnant, wurde im September 1966 in Yi'an, Provinz Heilongjiang, geboren. Liu trat der Chinesischen Armee (PLA) im Juni 1985 bei und absolvierte die Militärische Fliegerschule (PLAAF 3rd Flight College) im Jahre 1989. Er wurde als Shenzhou-Taikonaut im Januar 1998 ausgewählt. Liu hat als PLAAF-Pilot und Geschwader-Kommandant 1.050 Stunden Flugerfahrung.

Jing Haipeng, Oberstleutnant, wurde im Oktober 1966 in Yuncheng, Provinz Shanxi, geboren. Jing trat der Armee Chinas (PLA) im Juni 1985 bei und absolvierte die Fliegerschule (PLAAF 12th Flight College) im Jahre 1990. Er wurde als Shenzhou-Taikonaut im Januar 1998 ausgewählt. Er kann als

PLAAF-Pilot 1.200 Flugstunden verbuchen.

Zhai Zhigang, Oberstleutnant, wurde am 10. Oktober 1966 in Longjiang, Provinz Heilongjiang, geboren. Er ist 172 cm groß und wiegt 65,5 kg. Er ist verheiratet und hat einen Sohn. Zhai trat der Chinesischen Armee (PLA) im Juni 1985 bei und absolvierte die Fliegerakademie (PLAAF 3rd Flight College) im Jahre 1989. Er blickt als PLAAF-Pilot auf 950 Flugstunden Erfahrung zurück. Als Shenzhou-Taikonaut wurde er im Januar 1998 ausgewählt. Zhai gehörte bereits zur Doublemannschaft für den historischen Shenzhou 5-Flug.

Wu Jie, Brigadegeneral, wurde im Oktober 1963 in Zhengzhou, Provinz Henan, geboren. Er ist 163 cm groß und wiegt 63 kg. Er trat den Chinesischen Luftstreitkräften (PLA) im September 1980 bei und absolvierte die Ingenieursakademie der Armee (PLAAF Engineering College) im Jahre 1987 sowie die Fliegerakademie (PLAAF 3rd Flight College) im Jahre 1989. Er kann als PLAAF-Pilot 1.200 Flugstunden für sich verbuchen. Wu wurde als Shenzhou-Trainingstaikonaut im Jahre 1996 ausgewählt. 1997 erhielt er eine einjährige Ausbildung im Sternenstädtchen, dem Gagarin Kosmonautenausbildungszentrum, bei Moskau.

Die Biographien der Shenzhou 6-Besatzung finden Sie in unserem Raumfahrerporträt in der nächsten Ausgabe.

Übersetzung und deutsche Bearbeitung:
Jacqueline Myrrhe.

Vor 20 Jahren: CHALLENGER - Tragödie der bemannten Raumfahrt

Von Horst Jelitte

Der Morgen, der am 28. Januar 1986 über dem Startgelände in Kap Kennedy anbrach, war klar und kalt, bei Temperaturen leicht unter dem Gefrierpunkt.

Auf der Startrampe 39 B stand seit bereits geraumer Zeit die Raumfähre Challenger, deren Start als Mission 51L eigentlich für den 23. Dezember 1985 vorgesehen war.

Es hatten sich jedoch erhebliche Startverschiebungen ergeben, die nicht durch die Challenger selbst, sondern durch die vorherige Mission der Columbia (Flug 61C) verursacht worden waren.

Bei diesem Flug waren insgesamt sieben neue Starttermine notwendig, darunter jeweils 2 durch technische Probleme und durch schlechtes Wetter. Sie zogen sich über einen Zeitraum von 25 Tagen hin. Warfen Kritiker der NASA angesichts dieser Verzögerungen vor, mit dem Shuttle ein viel zu anfälliges Konzept realisiert zu haben, so kontierte diese mit dem Slogan 'Sicherheit zuerst'. Ein Großteil der Öffentlichkeit und

der Medien akzeptierte diese 'Sicherheitsphilosophie' der amerikanischen Raumfahrtbehörde. So kommentierte eine westdeutsche Tageszeitung die Startverschiebungen bei der Columbia am 13. Januar 1986 so: "Sicherheitsnormen – d.h. das Risiko zu minimieren – haben sich die Amerikaner selbst gesetzt. Auch in Zukunft wird dieser Leitgedanke das oberste Gebot der US-Raumfahrtbehörde sein."

So auch bei der Challenger. Hier nämlich wurde der Starttermin 23. Dezember zunächst auf den 23. Januar 1986, dann auf den 25. Januar und schließlich auf den 26. verschoben. Doch auch dieser Starttermin konnte aufgrund ungünstiger Wetterprognosen nicht gehalten werden. Aber auch am 27. Januar gab es Probleme. Zwar lief der Countdown planmäßig an, das Füllen der Tanks wurde eingeleitet, doch ergab sich ein 'Hold' am frühen Vormittag, der von Problemen mit dem Griff der Außenluke der Fähre verursacht wurde. Dieses war

zwar nach gut einer Stunde von den Technikern gelöst, doch waren inzwischen die Wetterbedingungen wieder umgeschlagen. Querwinde von unerlaubter Geschwindigkeit über der Landepiste am Kennedy Space Center hätten eine Notlandung der Raumfähre beim Ausfall eines der Haupttriebwerke gefährdet. Dieser Startabbruchmodus war und ist Bestandteil der starterlaubenden Voraussetzungen in den NASA-Plänen für jeden Shuttle-Start. Da diese Voraussetzung nicht erfüllt war, wurde der Start der Challenger erneut um 24 Stunden verlegt. Die Fähre stand eine weitere Nacht auf der Startrampe, eine Nacht, in der eine über Florida hinwegziehende Kaltfront für extrem niedrige Temperaturen sorgte. Diese waren die bisher niedrigsten bei einem Shuttle-Start überhaupt.

In der Flugkontrollleitung machte man sich deshalb Gedanken über eine mögliche Eisbildung an der Fähre. Man befürchtete, dass beim Start sich lösendes Eis die emp-



STS-51L-Untersuchungsfoto bei 73,201 Sekunden:
Aufblitzen zwischen Orbiter und Externem Tank (ET).



STS-51L-Untersuchungsfoto bei 76,425 Sekunden: Die
Nasenkappe des rechten Feststoffboosters hat sich geöffnet
und den Bremsfallschirm entlassen.



Dieses Foto des Challenger-Unglücks am 28. Januar 1986
wurde von einer 70 mm-Verfolgungskamera auf Position
UCS 15 südlich des Pad 39B um 11:39:16,061 Uhr (EST)
aufgenommen. Eines der SRBs ist oben im Bild zu erkennen.

findlichen Hitzeschutzkacheln der Raumfähre beschädigen könnte. Um 1.35 Uhr wurde deshalb ein Inspektionsteam ("Eis-Team") zur Rampe geschickt.

Da sich aber keine grundlegenden Bedenken bei der Kontrolle ergaben, traf die Flugleitung die Entscheidung, den Countdown fortzuführen. Man ging davon aus, dass sich die Eisprobleme mit den ansteigenden Temperaturen bei Anbruch der Dämmerung von selbst lösen würden. Auch eine weitere Eis-Inspektion im Verlauf des Vormittags brachte keine neuen Erkenntnisse.

73 Sekunden

Die siebenköpfige Crew für STS-51L wurde folglich planmäßig um 6.18 Uhr geweckt. In der Crew befand sich auch Christa

McAuliffe, die im Rahmen des 'Teacher in Space'-Projektes unter 10.000 Bewerbern für diesen Flug ausgewählt worden war. Sie sollte aus dem Orbit Unterrichtsstunden in Physik geben. Die Mannschaft der Challenger hatte die Aufgabe, den zweiten von drei geplanten TDRS-Relais-Satelliten für die NASA und den Spartan-Halley-Satelliten zur Beobachtung des Kometen auszusetzen.

Kurz nach 8.00 Uhr erreichte die Crew die Startrampe und um 8.36 Uhr saßen alle Astronauten in ihren Sitzen. Der Lift-off war für 9.38 vorgesehen. Bis dahin war die Besatzung mit den Startvorbereitungen beschäftigt; insbesondere Scobee und Smith checkten die Raumfähre durch und standen in lebhafter Kommunikation mit dem Bodenpersonal.

Der Starttermin selbst war inzwischen verschoben worden, um weitere Zeit für das Abschmelzen des Eises zu gewinnen. Der Programm-Manager ordnete zudem eine dritte Inspektion an, so dass sich weitere zeitliche Verzögerungen ergaben. Kurz nach 11 Uhr war auch diese Inspektion beendet. Es gab keine Bedenken und alle Mitglieder des Startteams gaben ihr 'GO' für die Fortsetzung des Countdowns, der bis zum Start problemlos durchlief. Am 28. Januar 1986, um 11.38 Uhr EST, hob die Challenger von der Rampe ab. Hugh Harris im Startkontrollzentrum kommentierte: "Lift off of the twenty-fifth space shuttle mission and it has cleared the tower". Challenger war auf dem Wege.

Die Ereignisse der nächsten 73 Sekunden sollen schrittweise nachvollzogen werden:

- **0,0587 Sek. (nach T gleich 0):** Challenger hebt von der Startrampe ab.
- **0,2 Sek.:** Aus der unteren Segment-Verbindung des rechten Boosters tritt weißer Dampf aus. Dieses Phänomen ergab erst die spätere Auswertung der Startbeobachtungskameras; im Moment des Starts wurde es von Niemandem bemerkt.
- **0,445 Sek.:** Aus der gleichen unteren Segmentverbindung tritt schwarzer Rauch aus. Auch dieses bemerkte man erst bei der späteren Fotoanalyse.
- **7.724 Sek.:** Challenger beginnt mit dem geplanten Roll-Manöver.
- **19.859 Sek.:** Das Roll-Manöver ist beendet.
- **35.379 Sek.:** In der Phase der stärksten dynamischen Beanspruchung wird der Schub der Haupttriebwerke planmäßig auf 65 % gedrosselt.
- **51.860 Sek.:** Der Schub der Haupttriebwerke wird auf 104 % hochgefahren.
- **58.788 Sek.:** Am besagten unteren Boostersegment tritt eine erste, kleine

Flamme auf.

- **60.004 Sek.:** Es treten Differenzen im Brennkammerdruck der beiden Booster auf. In den folgenden Sekunden verliert der rechte Booster immer mehr an Druck; das automatische Lagekontrollsystem versucht, dem entgegenzusteuern.
- **64.705 Sek.:** Eine hell leuchtende Flamme wird auf der dem Außentank zugewandten Seite des Boosters sichtbar; die Flamme nimmt an Intensität zu.
- **72.141 Sek.:** Die Gesamtkonstruktion des Space Shuttle beginnt auseinander zu brechen.
- **73.191 Sek.:** Zwischen der Challenger und dem Außentank blitzt eine Stichflamme auf.
- **73.399 Sek.:** Der Außentank explodiert; das Gefährt verschwindet in einer einzigen Glutwolke; die Raumfähre wird auseinandergerissen.
- **73.523 Sek.:** Haupttriebwerk Nr. 1 schaltet aufgrund extremer Treibstoffversorgungsprobleme hundertstel Sekunden vor der Zerstörung ab.
- **73.618 Sek.:** Letzte Telemetriedaten von Challenger werden aufgefangen.
- **110.250 Sek.:** Aus Sicherheitsüberlegungen werden die beiden Feststoffbooster, die bei der Explosion seitlich weggeschleudert wurden und ihren Flug fortsetzten, gesprengt.

Die Suche nach den Ursachen

Unmittelbar nach der Explosion begann die intensive Suche nach den Ursachen dieser Katastrophe.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde auch der Entscheidungsprozess hin zum Shuttle in seiner heutigen Konzeption nachvollzogen. Die NASA musste beim Bau der Raumfähre aufgrund massiver Etatkürzungen, aber auch durch Nutzlastansprüche der Militärs technische Kompromisse eingehen. Erstmals in der bemannten Raumfahrt griff man auf Feststoffraketen zurück, die, ähnlich wie ihre kleineren Silvestermodelle, einmal gestartet, nicht mehr abschaltbar sind. Auf die ebenfalls möglichen Flüssigtreibstoffraketen musste aus Kostengründen verzichtet werden. Die Anordnung der einzelnen Komponenten des Gefährtes war zudem die, dass der Orbiter mit dem Mannschaftsteil seitlich am riesigen Außentank mit seiner hochbrisanten Ladung befestigt war und nicht - wie bisher üblich - an der Spitze des jeweiligen Raketenmodells. Im Falle eines Unglücks war dadurch ein rasches Herauskatapultieren der Mannschaft aus der Gefahrenzone nicht mehr möglich. Auch der Aufbau der Feststoffraketen sorgte - wie sich im Verlaufe ihres Flugeinsatzes



2,9 x 4,9 m großes Teilstück von Challengers rechtem Flügel bei der Einlagerung in der Logistics Facility. Es wurde von Tauchern der USS "Opportune" 22,25 km nordöstlich von Cape Canaveral aus 21,5 m tiefem Wasser geborgen. Fotos: NASA.

herausstellte – für Probleme. Die beiden Feststoffbooster sind bei einem Durchmesser von 3,71 Meter 45,50 Meter lang. Sie werden aus einzelnen Segmenten zusammengesetzt. Besonders wichtig ist dabei, dass die Zusammenfügung zweier Segmente absolut dicht ist, um ein seitliches Austreten der extrem heißen Gase, die beim Abbrennen des Treibstoffes entstehen, zu verhindern. Deshalb wurden an den Nahtstellen zweier Segmente elastische Dichtungsringe, die O-Ringe, eingebaut, die durch ihre doppelte Ausführung eine absolute Gewähr für das hermetische Schließen der Verbindungsstellen bieten sollten. Einer besonderen Beanspruchung unterliegen diese Stellen während der Startphase, in der der Druck innerhalb der Feststoffbooster in rund sechs Zehntel Sek. auf etwa 200 kg/cm² ansteigt. Dadurch heult sich der aus rund einem Zentimeter dickem Stahl bestehende Raketenmantel aus. Dieser Dehnungseffekt gilt besonders für die etwas steiferen Nahtstellen der Boostersegmente, doch sollte die flexible Reaktion der elastischen O-Ringe auch in dieser kritischen Phase die absolute Dichtigkeit gewährleisten.

Der NASA war bewusst, dass die Dichtungsringe mit zu den kritischen Teilen des Shuttle-Systems gehörten. Ebenso war man sich im Klaren darüber, dass ein Versagen beider O-Ringe – aus welchen Gründen auch immer – zum Verlust von Fähre und Besatzung führen konnte.

Ernsthafte Bedenken traten erstmals 1983 auf, als neue schubkräftigere Booster mit zugleich dünneren Stahlwänden eingesetzt wurden. Untersuchungen an den ausgebrannten und wieder geborgenen Boosterelementen (sie kehren nach Brennschluss an Fallschirmen zur Erde zurück, um für einen neuen Einsatz aufbereitet zu werden) zeigten dann auch, dass die Bedenken kei-

nesfalls unbegründet waren. An insgesamt gut 30 Dichtungsringen hatten sich teilweise oder gar ganze Abschmelzungen ergeben, mit dem 'Höhepunkt' im April 1985. Bei der Mission 51-B der Challenger war der erste O-Ring komplett und der zweite zu rund 80 Prozent verbrannt. Challenger flog damals um Haaresbreite an der Katastrophe vorbei. Spätere Untersuchungen zeigten, dass bei diesen Problemen die Außentemperaturen des Starttages offensichtlich mit eine Rolle spielten: Von 21 Starts bei Temperaturen von 16 Grad oder höher zeigten ganze vier Booster Abbrennungen an den O-Ringen; dagegen wiesen alle Startraketen, die bei Temperaturen unter 16 Grad flogen, Verschmorungen an einem oder sogar beiden Dichtungsringen auf. Der NASA waren die grundlegenden Probleme mit den Ringen zwar bekannt, jedoch wurden keine Konsequenzen gezogen.

Morton Thiokol, der Hersteller der Booster, gab sich damit nicht zufrieden und schlug eine Vielzahl von konstruktiven Veränderungen an den Verbindungen zur Erhöhung des Sicherheitsstandards vor. Doch der laufende Flugbetrieb und das Budgetproblem führten wohl dazu, dass keine grundlegenden Verbesserungen vorgenommen wurden.

Auch mit eingedrungenem Wasser gab es Probleme. So hatte man bei der Mission STS-9 (Columbia) im November 1983 bei einer wegen technischer Probleme notwendigen Reparatur am rechten Feststoffbooster festgestellt, dass Wasser in die Nahtstelle der Raketensegmente eingedrungen war.

Zum Zeitpunkt ihres Starts aber hatte die Fähre Challenger im Januar 1986 bereits seit dem 22. Dezember 1985 bei zum Teil widrigen Witterungsverhältnissen auf der Rampe gestanden, länger als je ein Shuttle vorher.

Die niedrigen Januartemperaturen vor dem Start von 51-L führten nach all den bisherigen Erfahrungen zunächst dazu, dass die Frage der Auswirkungen dieser klimatischen Bedingungen auf die Dichtungsringe erneut problematisiert wurde. Bei Morton Thiokol machten sich 14 Ingenieure Gedanken über das ungewöhnlich kalte Wetter. Sie brachten ihre Bedenken gegen den Start auch am Abend des 27. Januar vor, fanden jedoch kein Gehör. Offensichtlich spielte der zeitliche Druck auf Seiten der NASA und wohl auch wirtschaftliche Gründe auf Seiten des Booster-Herstellers, der maßgeblich von NASA-Aufträgen 'lebte', eine nicht unerhebliche Rolle. Der Booster-Spezialist der NASA, Lawrence Mulloy, sprach an diesem Abend jenen Satz, der das Dilemma zeigt: "Mein Gott, Thiokol, wann glaubt ihr, dass ich starten soll? Nächsten April?" Derart unter Druck gesetzt, machte das Management von Thiokol einen Rückzieher und relativierte die vorgetragenen Bedenken. Mulloy gab daraufhin 'grünes Licht' für die Booster-Segmente, verschwieg aber seinen Vorgesetzten die Bedenken von Thiokol. Damit stand dem Start der Challenger nichts mehr im Wege.

Zwar wurde das losgeschickte Eis-Team in der Nacht noch einmal stutzig, als eine eher zufällige Messung der Temperatur am rechten Booster den Wert von minus 13 Grad ergab, doch glaubte man wegen dieses extrem niedrigen Wertes an einen Messfehler. Das Team gab diesen Wert deshalb auch nicht weiter, zumal alle übrigen Messwerte weit über diesem lagen. Heute weiß man, dass die minus 13 Grad wohl realistisch waren. Der am frühen Morgen des 28. Januar wehende ohnehin kühle Wind strich nämlich am mit extrem kaltem Wasserstoff gefüllten Außentank vorbei, kühlte dabei noch weiter ab und traf als nächstes auf den rechten Booster, den er dadurch extrem abkühlen ließ.

Auch von Rockwell International, dem Hersteller der Raumfähre, kamen Bedenken gegen einen Start bei derart unwirtlichen Witterungsbedingungen, doch wurden auch diese vom NASA-Management relativiert. Damit waren alle Signale auf 'GO' geschaltet und die Challenger wurde mit sieben Mann Besatzung auf die Reise geschickt.

Der Ablauf des Fluges bis hin zur Explosion wurde dann durch folgende verhängnisvolle Ereignisse bestimmt:

Das Auftreten der zunächst weißen, dann schwarzen Dampfwolke bis 0,678 Sekunden nach dem Start war nach den Erkenntnissen der Untersuchungskommission darauf zurückzuführen, dass die durch die Kälte spröde und unelastisch gewordenen

Dichtungsringe die Nahtstelle der Boostersegmente bei der großen dynamischen Belastung während des Starts nicht komplett abdichteten, so dass heiße Gase aus dem Inneren das in der Dichtungsfuge befindliche Wasser/Eis verdampfen und die Dichtungsringe selbst anschmoren konnten. Damit nahm das Verhängnis seinen Lauf. Nach knapp 60 Sekunden Flug trat dann exakt an dieser Stelle eine erste Flamme auf, ein Beweis, dass die Dichtung komplett weggebrannt war. Die Flamme wurde größer, der Innendruck des rechten Boosters wick deshalb von dem des linken ab, jedoch steuerte das 'Reaction Control System' des Shuttle dem damit verbundenen unterschiedlichen Schub zunächst noch entgegen.

Diese seitwärts am Booster austretende Flamme wurde, wie Spezialaufnahmen zeigten, immer größer und war gegen den Haupttank des Shuttle, etwa im Bereich der unteren Verbindungsstrebe des Boosters zum Außentank, gerichtet. Diese Verbindung brach nach etwa 71 Sekunden, entweder durch die Hitze oder durch mechanische Belastung. Dadurch war das untere Ende des rechten Boosters jetzt frei beweglich. Die austretenden Gase verursachten einen seitlichen Schub am unteren Teil des Feststoffmotors, der sich vom Haupttank wegzubewegen begann. Dadurch näherte sich natürlich die Spitze des Boosters dem oberen Teil des Haupttanks. Nach 72 Sekunden beschädigte diese Spitze offensichtlich den Haupttank; sie riss ihn auf und der Innendruck des Tanks begann rapide zu sinken. Aus dem Leck trat der hochexplosive Treibstoff aus, zwischen dem oberen Teil der Challenger und dem Außentank blitzte Feuer auf, Sekundenbruchteile später ereignete sich eine gewaltige Knallgasexplosion, die das Raumgefährt auseinander riss. Die Gewalt dieser Explosion entsprach bei dem noch vorhandenen Treibstoff nach 72 Sekunden Flug der einer Detonation von etwa 600 Tonnen TNT. Es gab und gibt viele Spekulationen darüber, wodurch die Besatzung der Challenger getötet worden ist. Die letzte aufgefangene Reaktion ist die des Piloten Smith: "Uh...Ah..." Eine Analyse der Fotos zeigte, dass die insgesamt stabiler gebaute Mannschaftskabine dem Druck der Explosion wohl widerstanden hat. Dieser vordere Rumpfteil der Challenger muss

dann mit zunehmender Geschwindigkeit der Erde entgegengefallen und mit ca. 220 - 290 km/h auf dem Ozean aufgeschlagen sein. Ob die Astronauten erst durch den Aufschlag auf das Wasser getötet worden sind, ist umstritten. Es gibt Indizien dafür (z. B. benutzte und fast geleerte Sauerstoffflaschen), dass zumindest ein Teil der Besatzung bis zum Aufschlag auf dem Wasser lebte.

Die sterblichen Überreste der Astronauten konnten später mit dem vorderen Teil der Mannschaftskabine geborgen werden.

Challenger und die Folgen

Die Explosion der Challenger führte sofort zum kompletten Stopp der bemannten Raumflüge der USA. Das Flugverbot dauerte bis zum 29. September 1988. Es hatte zur Folge, dass der gesamte Terminplan der NASA für bemannte wissenschaftliche Missionen und Raumsondenstarts hinfällig wurde. Für 1988 war die D-2 Mission geplant. Auch für bedeutsame Forschungsvorhaben wie Ulysses (ursprünglicher Starttermin: 15.5.86), Galileo (Ende Mai 86), Magellan und das Hubble Space Teleskop (Oktober 86) ergaben sich Verzögerungen von mehreren Jahren.

Selbst bei den Militärs führte der Verlust der Challenger zu erheblichen Problemen. Bis 1986 hatte sich das Pentagon nur auf die Raumfähre gestützt, um Spionagesatelliten und Experimente für das SDI-Projekt Präsident Reagans in eine Umlaufbahn zu bringen. Der überarbeitete Flugplan der NASA sah nur noch wenige DOD-Flüge vor; militärische Nutzlasten wurden zukünftig durch Titan III- und IV-Raketen in den Orbit geschossen. Eine weitere Konsequenz aus der Katastrophe ergab sich für den kommerziellen Bereich. Ursprüngliche Überlegungen beim Bau des Shuttle waren von der Absicht ausgegangen, die Transportkapazität der Fähre auch privaten Interessenten anzubieten, um so in die 'Gewinnzone' zu fliegen. Der Shuttle flog fortan nur noch für wissenschaftliche Zwecke.

Umfangreich waren die technischen Veränderungen. So wurde der Nahtbereich der Boostersegmente komplett neu konstruiert und mit weiteren Sicherheitsvorkehrungen versehen. Der Schutz der Verbindungsstellen gegen das Eindringen von Wasser, ein dritter O-Ring, zusätzliche Isolierungen, neue Bolzenverbindungen

und Materialien, um nur einige der mehr als fünfzehn konstruktiven Veränderungen zu nennen, sollen sicherstellen, dass die Feststoffraketen zukünftig sicher arbeiten. Weitere Verbesserungen betrafen das Fahrwerk der Raumfähre, das als ebenfalls kritischer Teil des Systems angesehen und mit erheblichen Veränderungen versehen wurde, unter anderem mit der stabileren Ausführung einzelner Elemente, einer besseren Bremswirkung usw. Da es technisch unmöglich ist, für alle Besatzungsmitglieder Schleudersitze zu installieren oder gar den Mannschaftsteil der Fähre komplett aus einem Gefahrenbereich herauszukapultieren, beschränkten sich die Verbesserungen für den Fall eines vorzeitigen Startabbruches im Wesentlichen darauf, der Besatzung den Ausstieg aus der Fähre möglichst rasch zu ermöglichen.

Dafür wurde die Ausstiegsluke neu konstruiert; ein von der Fähre wegführender Fiberglasstab soll im Falle eines Notausstieges sicherstellen, dass die abspringenden Astronauten weit genug von der Fähre wegkommen.

Es bleibt jedoch unbestrittene Tatsache, dass in der ersten Startphase keine Rettung der Mannschaft möglich ist. Sollte eine Fähre in der ersten Startphase explodieren, so gibt es für die Mannschaft kein Entrinnen. Die komplizierteste Flugmaschine, die je von der Menschheit gebaut worden ist, hatte immer wieder mit technischen Problemen zu kämpfen, die zum Teil langwierige Startverzögerungen nach sich zogen. Auch nach der Challenger-Katastrophe erreichten die Raumfähren nie die gewünschte Zuverlässigkeit. Das Verglühen der Columbia beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre am 1. Februar 2003 zeigte zudem, dass andere Systemkomponenten in ihrem Risikopotenzial unterschätzt worden waren. Inzwischen ist das Ende der Ära der Raumfähren eingeläutet!

Wie der Shuttle-Nachfolger aussehen wird, steht endgültig noch in den Sternen. Verschiedene Konzeptionen stehen zur Diskussion (siehe auch RC 39/40). Inzwischen können die USA zusehen, wie Russen und auch Chinesen ihre Mannschaften ins All schicken - mit einer Technologie, die in ihrer Historie bis in die 60er Jahre zurückreicht. Aber die funktioniert - auf die Minute pünktlich!

FÖRDERER DER RAUMFAHRT UND WELTRAUMFORSCHUNG



In letzter Konsequenz will der Mensch alles persönlich in Augenschein nehmen, was es gibt.

Also wird das nächste große Menschheitsziel in der Erschließung unseres Sonnensystems bestehen.

Als Förderer der Raumfahrt und Weltraumforschung möchte ich andere Menschen für dieses Ziel begeistern.

Darum spendet Eberhard Rüdell aus Schwerin 500.- Euro im Jahr 2006.

Raumtransport für Europa - ein Plädoyer für Ariane 5

Zum Beitrag: "ESA-Ministerratskonferenz in Berlin" in RC 39/40, Seite 68

Viel Kritik musste der europäische Raumtransport unlängst von den deutschen Medien einstecken. Die europäische Schwerlastrakete Ariane-5 stand dabei zumeist im Mittelpunkt des Anstoßes. Es war vom "Milliardengrab" oder vom "störanfälligen High-tech-Monster" die Rede. Auch in der RC konnte man einen Bericht lesen, der im Tenor diesem Trend folgte. Tatsächlich ist die Sichtweise, die in den Artikeln durchweg vertreten wird, zu einseitig. Der Raumtransport war von jeher ein Gebiet, auf dem technische Entwicklung und systematischer Fortschritt ohne eine massive staatliche Förderung undenkbar gewesen wäre. Die beiden Supermächte USA und UdSSR machten den Raumtransport zu einem der zentralen Elemente im Konflikt des Kalten Kriegs, bei dem finanzielle Ressourcen eine untergeordnete Rolle spielten, sobald ein entsprechender Erfolg in Aussicht war. Mit dieser Haltung gelang den USA die aus heutiger Sicht nach wie vor unglaubliche Leistung der Mondlandung mit Apollo. Doch bereits bei der Entwicklung des Space Shuttles in den 70er Jahren begann sich dieser Ansatz zu wandeln und Kostendenken die strategischen Entscheidungen zu beeinflussen – mit weit reichenden Konsequenzen.

Für die Nutzlasten des gerade aufkeimenden kommerziellen Marktes standen kaum Träger Raketen bereit, nachdem der Transport kommerzieller Satelliten mit dem Shuttle untersagt wurde. In dieser Situation schlug die Gunst der Stunde für Ariane, die im gleichen Zeitraum große Erfolge feierte. Auf einmal war die europäische Trägerrakete nahezu konkurrenzlos auf dem Markt und für fast alle westlichen Anbieter auf dem Telekommunikationssektor ein gefragter Anbieter. Es fiel Arianespace und der europäischen Raumtransportindustrie in dieser Marktsituation nicht schwer, Ariane gewinnbringend zu vermarkten.

Doch die Monopolsituation der europäischen Ariane war nicht in Stein gemeißelt. Ein Umdenken in den USA sorgte recht bald für eine Renaissance der klassischen Atlas- und Delta-Trägersysteme und der Fall des Eisernen Vorhangs führte in den 90ern zur Verfügbarkeit russischer und ukrainischer Trägersysteme auch für westliche Kunden. In diesen Zeitrahmen fiel auch die Markteinführung der Ariane-5, die nach dem Ende des Hermes-Raumgleiters ausschließlich für den Transport unbemannter Fracht ins All genutzt werden sollte. Der Erststart war ein Fehlschlag und die Qualifikation der Rakete verzögerte sich um Jahre. War die Entwicklung der neuen

Superrakete ein Fehler gewesen?

Es ist in der Tat so, dass die Ariane-5 nicht primär für den heutigen Einsatz ausgelegt und optimiert worden war und die Abhängigkeit vom Doppelstart sowohl die Stückzahlen als auch die Missionsflexibilität des Trägersystems verringert. Es zeigt sich allerdings, dass diese Nachteile im heutigen Gesamtbild von eher nachrangiger Bedeutung sind. Das zentrale Problem bei der Vermarktung europäischer Trägersysteme auf dem Weltmarkt ist der Preis, der für kommerzielle Startdienstleistungen gegenwärtig verlangt werden kann. Der Erlös für den Start eines Satelliten der 4 – 5 t-Klasse in den geostationären Transferorbit liegt heute bei runden 75 M\$, was augenblicklich etwa 62,5 M€ entspricht. Die Produktion und Startvorbereitung eines Trägersystems in dieser Leistungsklasse ist derzeit in Europa nicht möglich. Auch eine Ariane-4 wäre heute zu diesem Preis nicht herstellbar. Zuletzt lagen die Startkosten einer Ariane-44L – der leistungsfähigsten Variante mit 4,8 t Nutzlastkapazität – bei über 100 M€. Eine Preisreduktion von über 40% wäre notwendig gewesen, um gewinnbringend auf dem Weltmarkt anbieten zu können. Das war nicht realisierbar. Vor diesem Hintergrund fiel die richtige Entscheidung, die Ariane-4 zu Gunsten der leistungsfähigeren Ariane-5 vom Markt zu nehmen, um sowohl Arianespace, als auch die Raumtransportindustrie von der budgetären Doppelbelastung zweier parallel aktiver Produktionslinien und Startanlagen zu befreien.

Die Trägerrakete Ariane-5 hat mit ihrer großen Leistungsfähigkeit prinzipiell recht gute Chancen auf dem Markt. Dabei erweist sich die Fähigkeit, Nutzlasten im Doppelstart zu starten sowohl als Chance als auch als Risiko. Einerseits beschert der Doppelstart den Missionsplanern und Kunden in erster Linie Nachteile, weil stets zwei Satelliten gleichzeitig startbereit sein müssen. Andererseits sorgt der Doppelstart dafür, dass die systematisch hohen Produktions- und Betriebskosten eines westlich gefertigten Trägers relativiert werden. So bringen beispielsweise zwei Nutzlasten der 3 t-Klasse substanzielle Mehreinnahmen im Vergleich zu einem einzigen Satelliten der 6 t-Klasse weil die Startpreise nicht linear mit der Masse skalieren. Die große Nutzlastkapazität der Ariane-5 ist hier von Vorteil.

Doch alle Bemühungen, die Ariane-5 bei diesen Weltmarktbedingungen gewinnbringend zu vermarkten sind bislang nicht erfolgreich gewesen und auch Optimisten werfen einen kritischen Blick in die Zukunft. Selbst wenn sich im besten Falle auf dem Marktsegment russischer, ukrainischer und westlicher Anbieter die Preise auf einem höheren Niveau stabilisieren könnten ist absehbar, dass die fernöstlichen Anbieter von Startdienstleistungen in China und Indien bald einen erneuten Preiskampf auf dem Weltmarkt einläuten. Die nicht nach marktwirtschaftlichen Kalkulationen im westlichen Standard gefe-

tigten Träger lassen sich zu nahezu beliebig geringen Preisen anbieten. Es stellt sich daher heute die grundsätzliche Frage, ob ein in Europa gefertigtes Raumtransportsystem prinzipiell auf dem Weltmarkt erfolgreich sein kann, oder ob unser im Vergleich hohes Lohnniveau dies auf lange Sicht von vornherein ausschließt.

Ist es also vor diesem Hintergrund gerechtfertigt oder lohnenswert, zusätzliche Mittel in das Ariane-System zu investieren? Die Antwort lautet ja! Mit der Ariane-5 verfügt Europa über eine leistungsfähige Trägerrakete, die gute Chancen hat, in naher Zukunft die "Kinderprobleme" eines neuen Raumtransportsystems hinter sich zu lassen, und einen mit Ariane-4 vergleichbar hohen Vertrauens- und Qualitätsstandard zu erreichen. Die Qualität eines Trägersystems misst sich schließlich vor allem an der Zahl erfolgreicher Missionen. Auf der Ministerratskonferenz in Berlin wurde ein neues Programm aufgelegt – "Ariane Consolidation and Evolution Preparation", ACEP – in das Deutschland pro Jahr im Durchschnitt knapp acht Millionen Euro einzahlte. Mit diesem im Vergleich geringen Aufwand soll Ariane-5 in seiner neuen "10-Tonnen"-Konfiguration für den Flugbetrieb der kommenden Jahre optimiert und die Kosten für den Erhalt des europäischen Weltraumzugangs minimiert werden. Eine zweifellos lohnende Investition.

Auf dem europäischen Trägersektor laufen daneben allerdings seit geraumer Zeit die unterschiedlichsten Aktivitäten, um die technischen und systematischen Anforderungen an ein Raumtransportsystem der nächsten Generation zu identifizieren. Der Schwerpunkt bei der Entscheidungsfindung ist hierbei der Entwurf eines Raumtransportkonzepts, das den Ansprüchen des institutionellen europäischen Raumtransportbedarfs am ehesten gerecht wird und dessen Realisierung die europäischen Steuerzahler am wenigsten belastet. Dieser Prozess sollte nicht aufgrund von kurzfristigen Trends oder dem Wirken einzelner Lobbyisten übereilt zu einem Abschluss gedrängt werden. Nur eine ausgewogene Analyse aller Aspekte kann hier zu einer langfristig befriedigenden Lösung führen. Bis dahin ist Europas eigenständiger Weltraumzugang und der Erhalt des technischen Know-hows auf dem Bereich Trägersysteme direkt mit dem Erfolg der Ariane-5 verknüpft. Und dank der gemeinsamen europäischen Anstrengungen, dominieren in der jüngeren Vergangenheit die Erfolge bei weitem die Misserfolge im Ariane-Programm.

Dr. Thilo Kranz

Wettnlauf zum Mond

Vierteiliger Film von Debbie Cadbury und Chris Spencer.



Russland (Channel One), Deutschland (NDR) und Großbritannien (BBC).

Die Produktion wurde als Spielfilm mit dokumentarischem Anspruch angekündigt. Hier beginnt auch schon das Problem. Wie ernsthaft lassen sich geschichtliche Vorgänge mit den Ansprüchen eines Spielfilms vereinbaren? Wird der Zuschauer nicht automatisch die Interpretationen des Regisseurs als vermeintliche Geschichtsereignisse in Erinnerung behalten?

So fallen auch schnell einige Ungereimtheiten auf. Dazu muss ich ergänzen, dass mir selbst diese Geschichte nicht nur als Aufarbeitung der heute verfügbaren Daten bekannt ist. In den 60ern und 70ern hatte ich mehrfach Gelegenheit mich mit Wernher von Braun, manchen seiner Mitarbeiter und beispielsweise auch Leonid Sedow zu unterhalten. Der "Vater des Sputniks" war zu dieser Zeit im Westen der Repräsentant der russischen Raumfahrtforschung. Dabei fiel nie der Name Sergej

Koroljows. Als einer der besten Kenner galt dazu Rolf Engel. Auch er wusste zwar, dass hinter den russischen Erfolgen ein großer Konstrukteur stehen musste, konnte diese Rolle aber mit keinem Namen verbinden.

Deshalb kann ich hier auf die Darstellung des Lebens Koroljows auch nicht aus eigener Kenntnis eingehen. Die Beschreibung von Brauns als opportunistischen und kriegsverbrecherischen Ingenieur des Nazisystems ist aber überzeichnet. Aus einer heute sehr komfortablen Position und mit einigem geschichtlichen Wissen ist es wohl schwierig die Entscheidungen von Menschen, die nur einen Bruchteil dessen über ihre eigene Zeit wussten und sich gleichzeitig immer mit einem Existenz bedrohenden totalitären System auseinandersetzen mussten, beurteilen zu können.

Warum wird also unterschlagen, dass auch von Braun unter Hitler im Gefängnis saß? Warum wird von Braun absurderweise in den Mund gelegt, dass er gegenüber amerikanischen Vorgesetzten die Arbeit für Stalin vorziehen könnte? Warum wird unterschlagen, dass es tatsächlich der amerikanische Präsident D.D. Eisenhower war, der mit seiner Ankündigung eines Satelliten für das geophysikalische Jahr letztlich das Wettrennen startete. Statt richtigen Details gibt es nur immer wieder Pathos.

Um es klarzustellen: Es geht hier nicht darum, das einstige Geschehen während der NS-Zeit verharmlosen zu wollen. Wenn man Geschichte aufarbeitet, sollte man aber nicht einzelne Aspekte willkürlich präsentieren. Wir selbst können schließlich heute nur dankbar sein in

einer Demokratie leben zu dürfen und uns nur mit deren sehr viel harmloseren Anforderungen an den Einzelnen auseinandersetzen zu müssen.

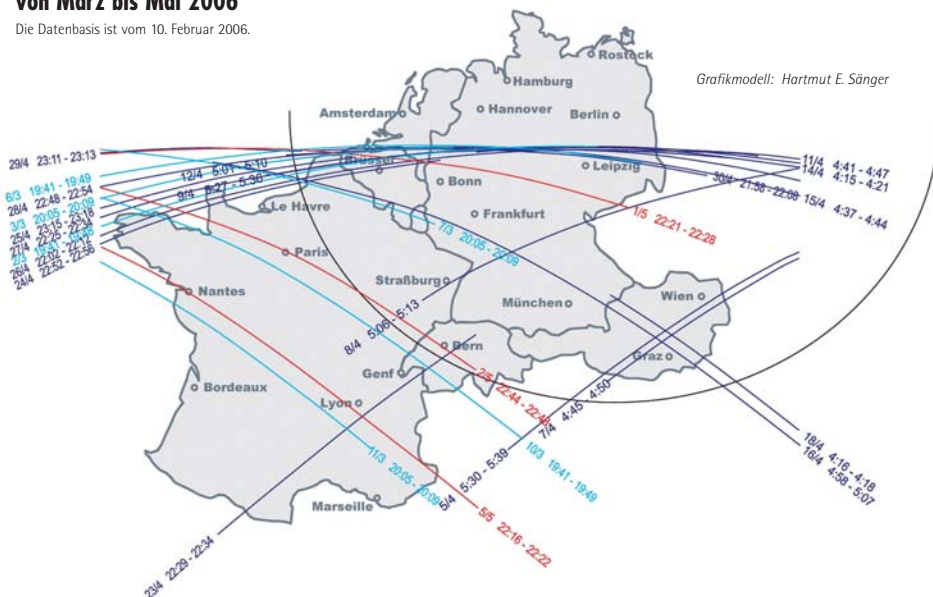
Der Wettnlauf zum Mond ist eines der spannendsten Ereignisse der Menschheitsgeschichte und verdient Aufmerksamkeit. Dass wir inzwischen nur sehr schwer in der Lage zu sein scheinen den damaligen Erfolg zu wiederholen, macht diesen Geschichtsabschnitt umso wichtiger. Dass es dabei ausgerechnet die deutsche Nazigeschichte ist, die die Voraussetzungen dafür schuf, ist tragisch. Wir sollten dazu aber auch das Plädoyer einiger Raumfahrtpioniere in Erinnerung behalten, die aus den frühen Raketenentwicklungen eine Überwindung interkontinentaler Konflikte ableiteten. Von Braun hat dies seinerzeit übrigens auch J.F. Kennedy vorgetragen. Der bekam allerdings nur noch einmal Gelegenheit, das Thema in einer Rede zu vertiefen.

In diesem Film steckt viel Arbeit und immer wieder werden detaillierte Bilder jener Zeit gezeichnet. Diese Bilder hätten die Mühe gelohnt, in einem sorgfältiger recherchierten Rahmen präsentiert zu werden. Zusammenfassend bleibt der Wunsch, gerade der Raketen- und Raumfahrtgeschichte künftig etwas ehrlicher zu begegnen.

Hartmut E. Sänger

ISS-Sichtbarkeit von März bis Mai 2006

Die Datenbasis ist vom 10. Februar 2006.



Die Grafik zeigt die jeweilige Bahn der ISS, so wie sie direkt auf die Erdoberfläche projiziert sein würde. Für einen Beobachter, der sich bei klarem Himmel unterhalb der entsprechenden Linie befände, zöge die ISS also genau senkrecht über diesen hinweg (90° über dem Horizont = Zenit, schwarzer Halbkreis = Horizontlinie). An fast allen anderen Orten auf dem Kartenausschnitt wäre die Station zwar auch zu sehen, aber in geringeren Höhen über dem Horizont. Verliefe beispielsweise eine Linie über Bern in der Schweiz, so wäre die ISS an dieser Stelle in Rostock theoretisch auf Höhe des Horizonts zu beobachten und umgekehrt. Eine Bahn über Leipzig ließe die ISS in Rostock 60° hoch über dem Horizont von Rostock erscheinen usw. Die projizierten Bahnkurven gehen jeweils von westlicher in östliche Richtung und sind mit Anfangs- und Endzeiten dokumentiert. Die Helligkeit der Raumstation schwankt zwischen +2 (Polarstern) und -4 Magnitude (Venus im hellsten Glanz). Auf Grund der stetigen Bahnänderung der ISS (Höhenverlust, Anheben bei Shuttlemissionen) sind im Laufe unseres Berichtszeitraumes Differenzen von einigen Minuten pro Monat wahrscheinlich.

Genaue tägliche Lokalisationen in: www.heavens-above.com

RFK-Report Nr. 31

November 2005

Start- tag	Internat. Index	Name	Land/ Org.	Träger/ Startort	Bahn in km	Umlauf in min	Inkl. in °	Funktion und Bezeichnung, ggf. weitere Infos in Fußnote
08	2005-044A	INMARSAT 4-F2	INMARSAT	Zenit-3SL/ Odyssey Pazifik	GEO, 53° W 154° W			6 t, 13 kW KomSat. mit 200 Spot-Beams für Daten- und Videoübertragung nach Nord- und Südamerika sowie die Pazifik und Atlantic-Regionen.
09	2005-045A	Venus Express	ESA	Sojus-FG/ Baikonur	interplanetar			1,3 t (davon 570 kg Treibstoff), 1,1 kW, 1,5 x 1,8 x 1,4 m Planetensonde mit 7 Instrumenten zur Venus-Fernerkundung. Erste europäische Mission zur Venus. ☛RFK-Spot.
16	2005-046A	Spaceway 2	USA	Ariane 5ECA/ Kourou	GEO, 99° W			6 t, 12,3 kW KomSat mit 48 Ka-Band-Transpondern für Hochgeschwindigkeits- und hochauflösenden Video- und Internetservice für DirectTV-Kunden in Nordamerika.
16	2005-046B	Telcom 2	Indonesien	wie vor	GEO, 118° O			1,9 t, dreiaachsenstabilisierter TelekomSat. mit 24 C-Band-Transpondern und Spot-Beams für Hochgeschwindigkeits-Daten-, Audio- und Internetservice.

Dezember 2005

21	2005-047A	Progress-M55	Russland /Roscosmos	Sojus-U/ Baikonur		91,6	51,6	5,7 t (davon 880 kg Treibstoff) Versorgungsraumschiff für die ISS mit 210 kg Wasser, 83 kg Luft und 1,4 t Ausrüstung an Bord.
21	2005-048A	Gonets-M	Russland	Cosmos-3M/ Plessetzk	1.424 x 1.414	114,7	82,5	250 kg, 40 W KomSat. auf niedriger Höhe. ☛RFK-Spot.
21	2005-048B	Kosmos 2416 (Rodnik)	wie vor	wie vor	wie vor	wie vor	wie vor	MilitärSat. – keine weiteren Angaben. ☛RFK-Spot.
21	2005-049A	INSAT 4A	Indien	Ariane 5G/ Kourou	GEO, 83° O			3,1 t und 5,5 kW KomSat. mit 1.263 W-C-Band und 12 140 W-Ku-Band-Transpondern für direkten Heim-Daten- und -TV-Service (DTH = direct-to-home) für Indien und Nachbarländer.
21	2005-049B	MSG-2	ESA/ EUMETSAT	wie vor	GEO, 0° O			Meteosat Second Generation 2 ist ein 2 t, spin-stabilisierter WetterSat. mit zwei Hauptinstrumenten: SEVIRI und GERB. 1) ☛ Beitrag auf den Seiten 8-13
25	2005-050A	Kosmos 2419	Russland	Proton-K/ Baikonur	19.125 x 19.116	675	64,86	GLONASS NavSat. für Slot-3 Position. http://www.glonass-center.ru/nagu.txt
25	2005-050B	Kosmos 2418	wie vor	wie vor	wie vor	wie vor	wie vor	wie vor
25	2005-050C	Kosmos 2417	wie vor	wie vor	wie vor	wie vor	wie vor	wie vor
28	2005-051A	GIOVE-A	ESA	Sojus-Fregat/ Baikonur	23.613 x 23.613	841	56	Galileo In-Orbit Validation Element ist ein 600 kg NavSat. für die Galileo-Konfiguration aus 30 NavSats. bis zum Jahre 2010.
29	2005-052A	AMS 23 (WorldSat 3)	USA/ SES Global	Proton-M/ Baikonur	GEO, 172° O			5 t KomSat. Mit 20 Hochleistungs Ku-Band- und 18 C-Band-Transpondern für Audio-, Video- und Internetservice für die Pazifische Region.

Januar 2006

19	2006-001A	New Horizons	USA/ NASA	Atlas V/ Cape Canaveral	interplanetar			450 kg reine, dreiaachsen-spin-stabilisierte Planetensonde zum Pluto. Das Raumschiff nutzt 11 kg Plutonium für einen Nuklearreaktor, ähnlich dem von Cassini. http://pluto.jhuapl.edu/ 2)
24	2006-002A	ALOS (Daichi)	Japan/ JAXA	H-2A/ Tanegashima	700 x 698	98,7	98,2	4 t Fernerkundungssatellit ☛RFK-Spot.

1) SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager) wird alle 15 min Bilder in vier optischen und in acht infraroten Kanälen liefern. Die Auflösung wird bei 1 km im sichtbaren Spektrum und bei 3 km im infraroten Spektrum liegen. GERB (Geostationary Earth Radiation Budget) wird die Energiebilanz zwischen dem auf die Erde einstrahlenden Sonnenwind und die Infrarotabstrahlung messen. Sobald MSG-2 betriebsbereit ist (ab Juni 2006), wird er in Meteosat-9 umbenannt werden. Die bisherigen 8 Meteosats gehörten zur ersten Generation europäischer Wettersatelliten.

2) New Horizons ist auf dem Weg zum Pluto und Charon, wo die Sonde 2016 ankommen soll. An Bord befinden sich sieben Hauptinstrumente: Ralph – ein 6 cm- Teleskop, Alice – ein UV-Spektrometer, REX (Radio Experiment) – ein Radioempfänger, LORRI (Long Range Reconnaissance Imager) – eine Kamera mit 100 m Auflösung, SWAP (Solar Wind Analyzer around Pluto) – ein Spektrometer für den Solarwind, PEPSSI (Pluto Energetic Particle Spectrometer Investigation) – ein Spektrometer zur Untersuchung von Elementarteilchen und SDC (Student Dust Counter) – für die Messung der Größe von Partikeln. Ebenfalls an Bord fliegt eine CD mit den Unterschriften von 435.000 Bürgern der USA.

Die rückgeführten und verglühten RFK's werden in der nächsten Ausgabe nachgereicht.

Zusammenstellung: Jacqueline Myrrhe.

Fünffmonatige Reise zur Venus

Die Europäische Weltraumorganisation ESA gab nach der erfolgreichen Mission Mars Express, deren Orbiter sich seit Dezember 2003 in einer Umlaufbahn um den Roten Planeten befindet, ihrer jüngsten Mission nicht zufällig den ähnlich lautenden Namen Venus Express. Schließlich sind beide Raumschiffe fast baugleich und wie auch bei der Mission Mars Express wurde das Projekt extrem schnell realisiert. Im April 2006 soll Venus Express für zunächst 500 Tage –oder auch mehr– aus dem Orbit den Planeten erkunden. Trotz fast identischer Größe von Venus und Erde ist der Atmosphärendruck (auf der Erde normalerweise als Luftdruck bezeichnet) auf der Venus hundertmal so hoch wie auf der Erde – und auch die Zusammensetzung und Dynamik der Atmosphäre sind ganz unterschiedlich und auf der Venus alles andere als lebensfreundlich: Zwar herrscht am Boden fast Windstille,

doch in großer Höhe jagen Wolken aus Schwefelsäure in nur vier Tagen um den Planeten – übrigens in viel größerer Geschwindigkeit, als die Venus sich um ihre eigene Achse dreht: Ein im Sonnensystem einmaliges Phänomen.

Die sich stellenden Fragen sind vielfältig: Welche chemische Zusammensetzung haben die einzelnen Schichten der Atmosphäre im Detail? Welche physikalischen Eigenschaften haben die Schichten, wie zirkulieren sie? Wie spielt sich der Treibhauseffekt der Venus genau ab, und wie entwickelte er sich im Laufe der Jahrmilliarden? War es im "Treibhaus" auf der Venus immer schon so heiß, zwischenzeitlich gar noch heißer? Oder bewirkten helle Wolken zeitweilig einen gegenteiligen Effekt, indem Sonnenstrahlung stärker ins Weltall reflektiert wurde und es auf der Venus auch kühlere Phasen gab – nicht zuletzt, weil das nukleare Feuer der Sonne anfänglich noch nicht so heiß war wie heute?

Welche Wechselwirkung geht diese einzigartig dichte Atmosphäre mit den Gesteinen auf der Venus ein?



Foto: NASA.

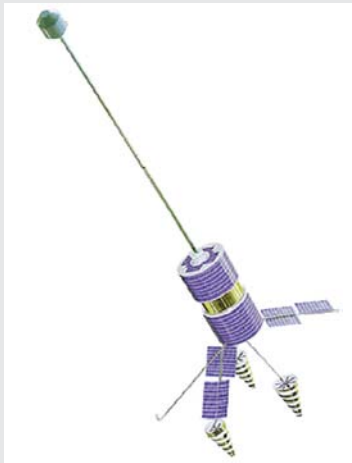


Foto: NPO PM.

Doppelstart in Plessetzk

Gonez-M ist ein kleiner Nachrichtensatellit für mobile Kommunikationsdienstleistungen (E-Mail, SMS usw.). Betreibergesellschaft ist die Staatsfirma GONEZ, die bereits seit einigen Jahren einige Satelliten des Typs Gonez-D1 betreibt. GONEZ stellt seinen Service vorwiegend Regierungsbehörden, aber auch der Nachrichtenagentur ITAR-TASS, zur Verfügung. Das Programm wird von der Raumfahrtbehörde Roscosmos finanziert, die auch die Gonez-Satelliten bei NPO PM bauen lässt. Die Ausrüstung liefert die Firma Totschpribor aus Moskau. Mit Gonez-M wird eine neue Satellitengeneration mit 7 Jahren Funktionsdauer eingeführt. Insgesamt sollen 12 Satel-

liten gestartet werden. Bislang sind sechs Gonez-D1 in Betrieb. Der Satellit Kosmos 2416 ist vermutlich das militärische Gegenstück zu Gonez-M. Spaceflightnow bezeichnet ihn als "Rodnik". Vermutlich handelt es sich um ein verbessertes Modell des Typs Strela-3. Der Satellit wurde bei NPO PM oder Poljot gebaut. Auf der Rakete Cosmos-3M Nr. 232 flogen auch Briefe russischer Kinder mit Wünschen an Väterchen Frost zum Neuen Jahr mit. Der Start war ursprünglich am 20.12. geplant, musste aber um 24 Stunden verschoben werden, nachdem man eine defekte Batterie an der Oberstufe der Rakete gefunden hatte. Die Batterie wurde ausgetauscht und die Rakete zum Start freigegeben.

ALOS ist nicht nur Kartograph sondern auch Katastrophenwächter

ALOS – Advanced Land Observing Satellite – dient der Vermessung, der präzisen, regionalen Landüberwachung im asiatisch-pazifischen Raum, der Katastrophenvorwarnung und der Erkundung von Naturressourcen. Seine Fernerkundungseigenschaften sind gegenüber seinen Vorgängern JERS-1 und ADEOS stark verbessert worden.

An Bord des japanischen Satelliten befinden sich drei Sensoren:

PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping), **AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer)** und **PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar)**. PRISM besteht aus drei gleichen Kameras, die das Höhenprofil vermessen. Eine Kamera ist in Nadir-Richtung montiert, eine 24 Grad vorwärts geneigt und die andere 24 Grad rückwärts geneigt. Der Fotoprozess wird durch die

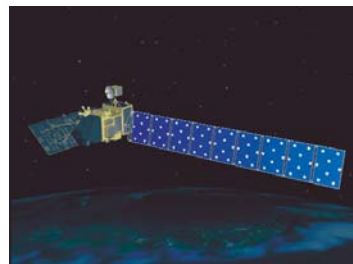


Foto: JAXA.

Satellitenbewegung befördert, nicht durch Scannen. Mit einer Breite von 70 km für die Nadir-Kamera und 35 km für die beiden anderen können Aufnahmen von 2,5 m Auflösung im Bereich von 0,52 – 0,77 nm und von 28.000 CCD-Bildpunkten erreicht werden. AVNIR-2 ist ein Strahlungsmessgerät im optischen und infraroten Bereich, womit die Oberflächenbeschaffenheit der Landmasse festgestellt werden kann. Vier Bandbreiten können

mit 7.000 CCD-Bildpunkten abgedeckt werden, wobei eine Auflösung von 10 m erreicht wird. Das Gerät kann einen Bildstreifen von 1.500 km Breite scannen. PALSAR ist ein Radar im Frequenzbereich von 1.270 MHz mit drei verschiedenen Auflösungen: fein, scan oder polarimetrisch. Dabei werden Auflösungen von 40 km im Feinbereich und polarimetrischen Modus und bis 300 km im Scanmodus erreicht. Das Radar erlaubt Tag-und-Nacht-Beobachtungen bei jedem Wetter.

Am 28. Januar teilte die Japanische Raumfahrtbehörde JAXA mit, dass es keinerlei Probleme während der kritischen Phase des Satelliten, angefangen vom Start, Trennung vom Träger, über die Entfaltung der Solarpaneele und Antennen bis zur Vorbereitung des regulären Regimes gegeben hat. Der Übergang in den Sicherheitsmodus erfolgte planmäßig, bevor die Phase der Inbetriebnahme der Bordsysteme gestartet wurde. Diese Prozeduren der Instrumentenprüfung werden noch bis April andauern.

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

wir möchten uns für das ausgesprochene Vertrauen recht herzlich bedanken. Denn fast alle Leser haben Ihr Abonnement trotz unserer 25 %igen Preiserhöhung verlängert.

Ganz besonderen Dank geht wieder an jene, die auch in diesem Jahr RC mit einer Spende unterstützen:

Franz Ulbrich (Kassel), Regina Hagen (Darmstadt), Carsten Mahr (Königswusterhausen), Manfred Böller (Treffelstein), Gerald Steinmetz (Frankfurt/Oder), Familie Nobiling (Berlin), Helmut Schuster (Wien).

Aber last but not least gebührt unser Dank auch dem DLR und der Industrie, von der wir insbesondere EADS Space, Galileo Industries, OHB-System, Jena-Optronik, MT Aerospace, IABG, Kayser-Threde und von Hoerner Et Sulger erwähnen möchten. Aber auch kleine engagierte Unternehmen wie das Steinbeis-Transfer Zentrum oder die Klingseisen Technologie GmbH, die RC in gewohnter Weise unterstützen, sollen nicht unerwähnt bleiben.

Wir wissen, liebe Leserinnen und Leser, Ihr Vertrauen zu schätzen und möchten mit noch mehr Qualität und Engagement dieses rechtfertigen. Darum haben wir unser Team mit einigen neuen kompetenten Personen ergänzt:



Prof. Dr. Karl-Heinz Marek wohnt in Werder, Brandenburg, studierte an der Moskauer Hochschule für Geodäsie, Photogrammetrie und Kartografie und promovierte 1971 an der TU Dresden.

1977 wurde er zum Leiter des Fernerkundungszentrums der Akademie der Wissenschaften der DDR berufen und hatte 1978 die wissenschaftliche Leitung zur Vorbereitung und Auswertung der Fernerkundungsexperimente beim ersten deutschen Weltraumflug inne. 1984 Professor für Geodäsie und Fernerkundung an der AdW.

Von 1990 bis 1991 war er Vorsitzender der Arbeitsgruppe Fernerkundung der sozialistischen Länder im Interkosmos-Programm. Seit 2004 ist er Vorsitzender des Arbeitskreises Fernerkundung Berlin-Brandenburg e.V.



Dipl. Ing. Axel Kopsch lebt im Bodenseekreis und ist seit 33 Jahren im Raumfahrtgeschäft tätig, beispielsweise im Satellitenbau (Electrical System Engineering) bei Dornier System / EADS-Astrium oder an drei ESA-Satellitenprojekten (ISEE-B, ERS-1, ERS-2). Ferner Mitarbeit an diversen ESA-Studien für Erdbeobachtung und Programmfähigkeit für SAR-Missionen. Von 1981 bis zur Fusion mit der DGLR 1991 Mitglied in der Hermann-Oberth Gesellschaft.

Seit 2002 Mitglied des IFR.

Er betreut die DGLR-Bezirksgruppe Friedrichshafen und organisiert technisch-wissenschaftliche Vorträge über Luft- und Raumfahrt für die Öffentlichkeit in Immenstaad.



Eugen Reichl, wohnhaft in München, ist bei der EADS Space Transportation GmbH in München im Bereich Träger- und Satellitenantriebe tätig.

Er war langjähriger Berichterstatter des Star Observer und Europakorrespondent des amerikanischen Magazins "Ad Astra" der National Space Society. Eugen Reichl ist Verfasser und Mitherausgeber des seit drei Jahren erscheinenden Raumfahrtjahrbuches des VFR und arbeitet derzeit für den Stuttgarter Motorbuch-Verlag an einer Raumfahrtchronik.

Neben Vorträgen für EADS, Vereine, Schulen und Bildungseinrichtungen wie für die bayerische Hans Seide-Stiftung liefert er Beiträge für Wissenschaftssendungen des Bayerischen Rundfunks.

Er ist seit acht Jahren Vorstandsrat im VFR (<http://www.vfr.de/>).



Tasilo Römisch, wohnt in Mittweida, Sachsen, studierte an der Universität Leipzig Ökonomie und war 1972 Gründungsmitglied der Raumfahrt-Jugendarbeitsgemeinschaft "JAGK",

1988 Mitglied des Präsidiums der Gesellschaft für Weltraumforschung und Raumfahrt der DDR (GWR).

1992 Eröffnung des firmeneigenen Raumfahrtmuseums, 1996 Gründung der weltweiten privaten Astronautenvermittlung.

2004 Leiter der DGLR-Bezirksgruppe Dresden.

Chairman aller sechs bisherigen SATERRA-Raumfahrtkonferenzen der Hochschule Mittweida. Studienreisen zur Raumfahrt- und Technikgeschichte in 40 Länder.



Dr. Achim Zickler wohnt in Jena, Thüringen, studierte dort an der Universität Physik und promovierte 1974 an der TU Ilmenau. Von 1954 bis 1979 war er im VEB Carl-Zeiss-Jena tätig, zuletzt als Hauptabteilungsleiter.

1974 Leitung des Entwicklungsteams der Multispektralkamera MKF-6.

Ab 1979 Mitarbeiter im Institut für Kosmosforschung (Interkosmos, Fernerkundung, Einsatz der MKF-6).

Von 1991 bis zu seinem Ruhestand 1998 Mitarbeiter der Deutschen Agentur für Raumfahrtangelegenheiten (DARA) bzw. des DLR, verantwortlich für die Organisation der deutschen Zusammenarbeit mit Russland und China.

Seit 1999 stellv. Vorsitzender der DGLR-Bezirksgruppe Erfurt und seit 2004 ehrenamtlicher Berater des Wirtschaftsministeriums Thüringens in Fragen Luft- und Raumfahrt.

FÖRDERER DER RAUMFAHRT UND WELTRAUMFORSCHUNG



Ich bin Förderer der Raumfahrt und Weltraumforschung, weil sie uns kontinuierlich zu neuen Ufern führt und gigantische Perspektiven eröffnet. Wie auf keinem anderen Gebiet ist die internationale und interfachliche Kooperation so ausgeprägt und auch erforderlich. Den Weltraum begreifen, heisst uns selbst erkennen - diese uralte Sehnsucht der Menschheit treibt uns stetig voran.

Darum spendet Jacqueline Myrrhe 2.000.- Euro im Jahr 2006 für RC.

Der Wettbewerb

Von Space Driver Cörling

Europa und Russland verabredeten, wie erst jetzt bekannt wurde, vor einigen Jahren einen Wettbewerb zum Bau und Start einer Kleinrakete. Der Einfachheit halber war als einziges Kriterium die erreichte Höhe ausgeschrieben. Die Konstruktionsmannschaft war auf jeweils 20 Personen beschränkt.

Beide Teams bereiteten sich rund zwei Jahre darauf vor. Im ersten Jahr des Wettbewerbes flog die russische Rakete rund 100 km weiter in den Weltraum als die europäische. Nach dieser Niederlage war das Europa-Team sehr betroffen. Das obere Management entschied, dass der Grund für diese Niederlage unbedingt herausgefunden werden musste. Eine Projektgruppe wurde eingesetzt, um das Problem zu ergründen und geeignete Maßnahmen zu empfehlen. Nach langen Untersuchungen fand man heraus, dass bei den Russen 19 Personen an der Konstruktion werkten und 1 Person mit administrativen Aufgaben betraut war. Bei den Europäern waren 19 Mann mit administrativen Tätigkeiten beschäftigt und 1 Person konstruierte die Rakete.

Das obere Management engagierte sofort eine Beraterfirma, die eine Studie über die Struktur des europäischen Teams erstellen sollte. Nach einigen Monaten und beträcht-



Karikatur: Andreas Meenke.

lichen Kosten kamen die Berater zu dem Ergebnis, dass zu viele Leute mit Verwaltungsaufgaben beauftragt und zu wenige mit dem Bau der Rakete beschäftigt waren.

Um eine weitere Niederlage gegen die Russen zu verhindern, wurde sofort die Teamstruktur verändert. Es gab jetzt einen Generaldirektor, sechs Direktoren, je vier Senior Adviser und Heads sowie vier Staff member und einen Konstrukteur. Außerdem wurde ein Leistungsbewertungssystem eingeführt, um dem Konstrukteur mehr Ansporn zu geben. Ebenso wurde sein Aufgabenbereich erweitert, um ihm mehr

Verantwortung zu übertragen.

Im nächsten Jahr gewannen die Russen mit 200 km Vorsprung.

Das obere Management entließ sofort den Konstrukteur wegen schlechter Leistungen, verkaufte die noch vorhandenen Raketen- teile und stoppte alle weiteren Investitionen für eine neue Rakete. Der Beraterfirma wurde ein Lob ausgesprochen und das eingesparte Geld den 19 administrativen Personen als Entschädigung ausbezahlt.



Raumfahrt Concret auf der ILA Berlin-Brandenburg
16. bis 21. Mai 2006 • Halle 6
Besuchen Sie uns!



Impressum

©2006 / Herausgeber: Initiative 2000 plus e.V.
 Raumfahrt Concret erscheint im Verlag Iniplu 2000
 im Jahr 2006 mit 5 Ausgaben (mindestens 36 Seiten)

Verlagsleiter: Jacqueline Myrhe

Anschrift des Verlages:

Verlag Iniplu 2000
 c/o Initiative 2000 plus e.V.
 Lindenstraße 63 (TIG), 17033 Neubrandenburg

Einzelverkaufspreis:

€ 4,50 *mit RC-Extra € 7,50
 US\$ 5,50 US\$ 8,00

zzgl. Porto und Verpackung

Jahresabonnement:

(inkl. Versand) Deutschland: € 20,00
 Europa: € 23,00

Anzeigenpreisliste auf Anforderung
 Zur Zeit gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 4 vom 1.10.2001
 Bei Lieferverzögerung in Form von höherer Gewalt besteht kein
 Rechtsanspruch gegenüber dem Verlag. Kopien zum kommerziellen
 Vertrieb oder Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit vorheriger
 schriftlicher Zustimmung des Herausgebers. Die Redaktion behält sich
 vor, Beiträge redaktionell zu bearbeiten. Namentlich gekennzeichnete
 Artikel stellen nicht unmittelbar die Meinung des Herausgebers dar.

RC ist Hauszeitschrift folgender Vereine:



**Internationaler Förderkreis für Raumfahrt
 Hermann Oberth - Werner von Braun (IFR) e.V.**
 Kontakt: Dipl. Ing. Frank E. Rietz
 E-Mail: f.rietz@lycos.de



Verein zur Förderung der Raumfahrt e.V.
 Postfach 801966, 81619 München, www.vfr.de
 Fax: +49 (0)89 - 450 08 99 - 7375
 Kontakt: Ulla Hodapp
 E-Mail: uhodapp@vfr.de



Deutsche Raumfahrt Gesellschaft e.V.
 Greta-Bünichmann-Straße 3, 48155 Münster,
 www.drg-gss.org
 Tel.: (0251) 394 48 63, Fax: (0251) 394 48 64
 Kontakt: Michael Stenneken
 E-Mail: info@drg-gss.org



Raketensportverein 82 e.V.
 Kontakt: Marcus Rehberger
 E-Mail: MR-SPACEMAN@t-online.de

Redaktionskollegium: Uwe Schmalig (Chefredakteur, V.i.S.d.P.),
 Hartmut E. Sänger (Stellvertretender Chefredakteur), Dietmar Röttler,
 Prof. Dr. Karl-Heinz Marek, Dr. Achim Zickler, Tasilo Römisch,
 Eugen Reichl, Axel Kopsch.

Associate editors

China: Chen Lan
 USA: Dr. Dwayne A. Day

Korrespondent

Russland: Prof. Anatoli Sotow

Ständige Mitarbeiter

Mars Society: Sven Knuth, Felix Kalkum
 Modellraketen: Stefan Wimmer
 Grafiken: Dietmar Röttler
 Titel/Grafik/Layout: Jörg Hinz
 Druck: DeS Druck&Service GmbH Neubrandenburg
 Sponsoring: Jacqueline Myrhe, Raumfahrtexpertin

Anschrift der Redaktion

Raumfahrt Concret
 PF 10 12 39
 D- 17019 Neubrandenburg
 Telefon: 0395 - 582 33 66
 Fax: 0395 - 36 96 747
 E-Mail: RaumfahrtConcret@gmx.de
 Internet: www.raumfahrt-concret.de

Gerichtsstand: Amtsgericht Neubrandenburg
Redaktionsschluss: 20.02.2006



12 000 Fachleute in vier europäischen Ländern. Drei strategische Geschäftsfelder. Und alles unter dem Dach eines Unternehmens. Wir entwickeln und bauen Satelliten sowie Trägersysteme und bieten komplette Dienstleistungen.

EADS SPACE TRANSPORTATION – EADS ASTRIUM – EADS SPACE SERVICES

All the space you need



www.space.eads.net

12345