



Von **Baden-Württemberg** ins **ALL** Mit Deiner **IDEE** ab in die **ZUKUNFT**

Lehrmaterial

Von Baden-Württemberg ins All- Mit Deiner Idee ab in die Zukunft

Thema 2016:

Wege in den Weltraum

Inhaltsverzeichnis

Raumfahrt - was ist das? – Folie 3.....	2
Raumfahrt – Planetenforschung – Folie 4-5.....	2
Raumfahrt – Astrophysik – Folie 6	3
Raumfahrt – Raketen – Folie 7-10.....	4
Raumfahrt – Satellit – Folie 11-14.....	7
Raumfahrt – Raumstation ISS – Folie 15-17.....	12
Geschichte der Raumfahrt – Folie 18-21.....	15
Raumfahrt im Alltag – Folie 22-23.....	19
Raumfahrt im Alltag – Satelliten – Folie 24-25.....	19
Raumfahrt im Alltag – Robotik – Folie 26.....	21
Raumfahrt im Alltag – Neue Materialien – Folie 27.....	21
Raumfahrt im Alltag – Tele-Medizin – Folie 28	22
Raumfahrt im Alltag – weitere Beispiele.....	24
von Traum- zu Raumreisen – Folie 29-40.....	24

Raumfahrt - was ist das? – Folie 3

Definition laut dudende

Gesamtheit der wissenschaftlichen und technischen Bestrebungen des Menschen, mithilfe von Flugkörpern in den Weltraum vorzudringen

Definition laut wikipedia.de

Als **Raumfahrt** bezeichnet man Reisen oder Transporte in oder durch den Weltraum. Der Übergang zwischen Erde und Weltraum ist fließend und wurde durch die Fédération Aéronautique Internationale (FAI) auf eine Grenzhöhe von 100 Kilometern festgelegt. Die klassische Trennung zwischen Luft- und Raumfahrt wird durch die technische Entwicklung suborbitaler Raumflugzeuge und Raketenflugzeuge zunehmend aufgeweicht.

Themengebiete

- Planetenforschung
- Astrophysik
- Raketen
- Satelliten
- Raumstation

Raumfahrt – Planetenforschung – Folie 4-5

Folie 4:

Die Milchstraße

Der Blick in den Nachhimmel fasziniert die Menschen schon seit vielen Jahrhunderten und so nannten bereits die Griechen der Antike die Himmelserscheinung "Milchstraße". Das altgriechische Wort gala (γάλα, Milch) findet sich in dem heute verwendeten Fachwort "Galaxie" wieder. 1606 entdeckte der Astronom Galileo Galilei, dass die Milchstraße in Wirklichkeit aus Milliarden von Sternen besteht, wozu auch unsere Sonne zählt.

Erst im 20. Jahrhundert fanden die Wissenschaftler heraus, dass diese zu einem unvorstellbar großen spiralförmigen Sternensystem gehören, dem Milchstraßensystem (kurz: Milchstraße) – unsere "Heimat-Galaxie".

Der Durchmesser der Milchstraße beträgt also rund 100.000 Lichtjahre; ihre Dicke etwa 3.000 Lichtjahre. Die Astronomen vermuten, dass es im Weltall etwa 50 Milliarden Galaxien gibt.

Das Band, das wir am Himmel sehen, ist übrigens nicht die gesamte Milchstraße, sondern nur ein Teil eines Spiralarms. Unsere Sonne und die zu ihr gehörenden Planeten befinden sich nämlich nicht im Zentrum der Galaxie, sondern am Rand eines Spiralarms.

Folie 5:

Das Sonnensystem

Auf dieser Grafik sehen wir unser Sonnensystem. Seit dem 24. August 2006 zählt man nur noch acht statt der bisherigen neun Planeten dazu. Pluto ist seitdem ein Zwergplanet.

Die Sonne ist kein Planet, sondern ein Stern! Ein ungemütlicher Ort, ungeeignet für eine Landung wie auf dem Mond. Auf ihrer Oberfläche herrscht eine Temperatur von mehr als 5.000 °C, in Europa war die höchste je gemessene Temperatur (Spanien) bei 50 C.

- größte Entfernung Erde - Sonne (Aphel) 152,10 Mill. km
- kleinste Entfernung Erde - Sonne (Perihel) 147,09 Mill. km

Nachdem Pluto nun kein Planet mehr ist, gibt es noch einen Merkspruch, um sich die Reihenfolge der Planeten zu merken:

Mein	für	Merkur
Vater	für	Venus
Erklärt	für	Erde
Mir	für	Mars
Jeden	für	Jupiter
Sonntag	für	Saturn
Unseren	für	Uranus
Nachthimmel	für	Neptun

Raumfahrt – Astrophysik – Folie 6

Die **Astrophysik** (von griechisch ἄστρον *ástron* „Stern“ und φυσικη *physis* „Natur“) beschäftigt sich mit den physikalischen Grundlagen der Erforschung des Universums. Sie erforscht den Kosmos. Weltraumteleskope helfen verschiedene Phänomene zu beobachten:

Bild links: Dramatische Galaxienkollision

Die Aufnahme dokumentiert das Verschmelzen zweier Galaxien im Sternbild Krebs in einer dramatischen Kollision. Das 250 Millionen Lichtjahre entfernte Objekt NGC 2623 besitzt zwei "Gezeitenschwänze", die aus jungen Sternen bestehen. Die beiden verschmolzenen Spiralgalaxien ähnelten unserer Milchstraße.

Bild rechts: Hubble knipst Galaxie mit seltsamer Anatomie

Die mit dem Weltraumteleskop "Hubble" entstandene Aufnahme zeigt feine Details der Staubstreifen und Sternhaufen in den Spiralarmen der ungewöhnlichen Galaxie M66 (undatiertes Handout). Die 35 Millionen Lichtjahre entfernte Spiralgalaxie im Sternbild Löwe fällt durch ihre asymmetrischen Spiralarme auf, wie das europäische «Hubble»-Informationszentrum am Donnerstag (08.04.10) in Garching bei München berichtete.

Raumfahrt – Raketen – Folie 7-10

Folie 7:

Raketenantrieb: Bereits im 17. Jahrhundert fand Isaac Newton heraus, warum Raketen fliegen können. Ein Körper lässt sich beschleunigen, wenn gleichzeitig ein anderer Körper in entgegengesetzter Richtung beschleunigt wird. Newton nannte diese Beziehung "actio=reactio". Von ihr ist der Impulserhaltungssatz abgeleitet. Die Beherrschung der Technologien zur Überwindung der Schwerkraft ist zweifellos einer der größten Fortschritte der Menschheit, der unendlich viele neue Möglichkeiten eröffnet.

Der erste Wissenschaftler, der in der Rakete ein mögliches Transportmittel in den Weltraum sah, war der russische Mathematiker Konstantin E. Ziolkowski (1857–1935). Die Grundlagen der Raketentechnik kleidete er 1897 in mathematische Formeln. 1923 beschrieb der deutsche Physiker Hermann Oberth (1894–1989) in seinem Buch „Die Rakete zu den Planetenräumen“ wissenschaftlich präzise die Bedingungen bemannter und unbemannter Raumfahrt. Das Werk machte die 20er Jahre zur Geburtsstunde der Raumfahrt. Es gilt noch heute als Standardwerk der Raketentechnik. Entscheidende praktische Fortschritte erzielte der Physiker Robert H. Goddard (1882–1945) in den USA. 1926 startete er mit Erfolg die erste flüssigkeitsbetriebene Rakete der Welt.

Eine einfache Rakete hat eine Stufe, in der Treibstoff entzündet wird und verbrennt. Das ausströmende Gas erzeugt den nötigen Rückstoß, der die Rakete entgegengesetzt zur Erdanziehung fliegen lässt. Die Rakete brennt so lange, bis der Treibstoff verbraucht ist. Diese Zeit nennt sich Brennschlusszeit t_b und beträgt in der Regel einige Minuten. Die erreichte Geschwindigkeit und damit die Flughöhe hängen von dem Verhältnis der Start- und Endmasse Q und von der Geschwindigkeit des ausströmenden Gases v_{rel} ab.

Die Raketengleichung

Oder auch Ziolkowski Gleichung erlaubt es die Endgeschwindigkeit einer Rakete zu errechnen wenn man die Startmasse, die Masse nach dem Verbrauch des Treibstoffs und die Ausströmgeschwindigkeit der Gase kennt (in SI Einheiten ist die Ausströmgeschwindigkeit gleich dem "spezifischen Impuls", bei US Websites muss man den spezifischen Impuls mit 9,81 multiplizieren um auf die Ausströmgeschwindigkeit zu kommen).

Die Berechnung:

Geschwindigkeit einer Rakete = Ausströmgeschwindigkeit der Verbrennungsgase mal natürlicher Logarithmus des Verhältnisses von Vollmasse zu Leermasse.

In einer Formel drückt man dies oft so aus: $v = v_e * \ln (M_v / M_i)$

v : Endgeschwindigkeit der Rakete (in m/s)

v_e : Ausströmgeschwindigkeit der Gase (in m/s)

M_v : Masse der Rakete beim Start

M_i : Masse der Rakete nach Verbrauch des Treibstoffs.

Das trickreiche ist das aber zwei Größen in die Formel eingehen. Zum einen das Massenverhältnis und zum anderen die Ausströmgeschwindigkeit der Gase. Zudem ist die Logarithmusfunktion keine lineare Funktion, das heißt es gilt: $2 \cdot \ln(2) \neq \ln(2 \cdot 2)$

Folie 8:

Chemische Raketenantriebe

Chemische Raketenantriebe verbrennen meist flüssige oder feste Treibstoffe und setzen dabei Energie frei. Die Verbrennungsgase treten mit hoher Geschwindigkeit aus und erzeugen den nötigen Impuls um die Rakete abheben zu lassen. Der Startschub der europäischen Ariane 5 beträgt etwa 1.188 Tonnen in Bodennähe. Das entspricht 11.600kN.

→ **Feststoffantrieb:** die zähflüssige Treibstoffmasse (bestehend aus Brennstoff und Oxidator) wird in ein zylindrisches Treibsatzgehäuse gegossen und ausgehärtet. Nach der Zündung brennt der Treibstoff kontinuierlich ab. Die Verbrennungsgase strömen mit hoher Geschwindigkeit (1700-2900m/s) durch die Schubdüse aus. Dieser Antrieb lässt sich leicht handhaben, der Treibstoff ist bei Umgebungstemperaturen lagerfähig und ohne Vorbereitungen einsatzbereit. Leider ist der Schub relativ gering und wenn einmal gezündet, dann lässt sich die Verbrennung nicht mehr stoppen.

→ **Flüssigkeitsantrieb:** Bei Flüssigkeitsantrieben sind Brennstoff und Oxidator (z.B. Sauerstoff) in getrennten Behältern gelagert und werden von einem Druckgas in die Brennkammer gepresst. Das Gemisch wird in der Brennkammer gezündet oder reagiert spontan bei Kontakt (Hypergol). Die Ausströmungsgeschwindigkeit ist mit bis zu 4465 m/s deutlich höher als bei anderen Antrieben. Die Schubkraft pro Kg Treibstoff ist dem entsprechend auch höher.

Folie 9:

Ariane 5 - das europäische Zugpferd

Sie hat eine Gesamthöhe von 45 bis 55,9 m, das entspricht in etwa der halben Länge eines Fußballfeldes. Der Durchmesser der Raketenspitze ist 5m. Der maximale Durchmesser : 12,2 m. Die beiden Hauptbooster rechts und links sind in einer Höhe von 50 - 70km geleert, werden abgeworfen, öffnen einen Fallschirm und landen später im Atlantik. In einer Höhe von 180km wird die Oberstufe (mit dem Satellit) schließlich von der Hauptstufe abgetrennt.

In 1800km Höhe wird schließlich der Satellit von der Oberstufe abgetrennt und fliegt noch alleine bis in seine Umlaufbahn in ca. 36000km Höhe.

Die Komponenten der Trägerrakete Ariane 5 ECA entstehen an rund 20 größeren Fertigungsstandorten in ganz Europa und in Französisch-Guayana. Das zentrale Rumpfstück der Trägerrakete nimmt in Frankreich Form an. In Les Mureaux (Paris) fertigt Cryospace, ein Gemeinschaftsunternehmen von Astrium Space Transportation und Air Liquide, den EPC-Tank, der anschließend in die Trägerraketen-Integrationshalle von Astrium Space Transportation gebracht wird, wo das von MT Aerospace in Augsburg gefertigte Front Skirt – ein Verbindungssegment, das den Schub der Feststoff-Booster auf die Trägerrakete überträgt – montiert wird.

Daraufhin wird der Tank mit der von der Astrium-Tochter Dutch Space im niederländischen Leiden gebauten kegelförmigen Triebwerksaufhängung verbunden und auf das von Snecma im

französischen Vernon produzierte Vulcain-2-Triebwerk montiert, das wiederum eine Brennkammer von Astrium Space Transportation aus Ottobrunn umfasst. Die Triebwerksaufhängung haust auch den GAM Stellmotor, der von Sabca in Brüssel (Belgien) gebaut wird. Die fertig gestellte Raketenstufe wird dann von Le Havre nach Französisch-Guayana verschifft.

Folie 10:

Der Weltraumbahnhof in Kourou

Kourou liegt in Französisch Guayana, das in Südamerika, im Norden von Brasilien liegt. Von dort aus werden die europäischen Ariane-Raketen ins All geschickt! 2010 feierten wir bereits den 50. Start einer Ariane Rakete. (Am 24. Dezember 1979 startete hier die erste Ariane-Rakete.). Kourou wurde vor allem wegen seiner Lage nahe am Äquator gewählt, da hier die höchste Umfangsgeschwindigkeit der Erde das Erreichen eines Orbits begünstigt.

Beschreibung eines Raketenstarts:

Zirka 20-30 sec vor 0: Die Brennkammer und Düse wird durch Öffnen des Treibstoffventil (auf kleiner Stufe) vorgekühlt. Die Navigationsplattform wird freigegeben, der Bordcomputer übernimmt das weitere Vorgehen. Die Rakete ist von nun ab autonom.

Wenige Sekunden vor 0: Der Gasgenerator wird gestartet, entweder durch Zündung einer kleinen Treibstoffmenge die eingespritzt wird, oder durch Strom auf die halbe Drehzahl gebracht. Gleichzeitig öffnen sich die Ventile zum Gasgenerator.

Sekundenaugenblicke später: Der Gasgenerator kommt auf seine Nenndrehzahl, die Ventile für die Brennkammer werden geöffnet, die Treibstoffe durch die Pumpe gefördert und unter Druck gesetzt, der Treibstoff entzündet sich bei Kontakt oder durch Einspritzung von Triethylaluminium. Auch eine Zündung durch kleine Stichflammen oder durch Strom aufgeheizte Drähte wird eingesetzt.

2 Sec bis 0: Der Schub baut sich auf, Computer überprüfen ob alle Komponenten Nennleistung bringen, ansonsten wird der Start gestoppt.

0: Start frei! Ein Band welches die Rakete am Boden hält wird pyrotechnisch gesprengt, die Rakete hebt zuerst senkrecht ab, beginnt sich aber dann langsam zu in die horizontale zu neigen. Bei den meisten Raketen verläuft der Flug der ersten Stufe nach einem festen Programm. (Da in der Atmosphäre immer andere Bedingungen herrschen hat es sich bewährt ein automatisches Computerprogramm erst einsetzen zu lassen, wenn die Kräfte von außen nicht mehr so stark sind).

Kurz bevor die Treibstoffe der ersten Stufe verbraucht sind: wird diese entweder bei Erreichen einer bestimmten Geschwindigkeit und Höhe abgeschaltet (Saturn 5, Ariane 4) oder bei Absinken der Triebwerksleistung durch Treibstoffmangel das Stufentrennungssignal gegeben: Die erste Stufe wird vom Stufenadapter pyrotechnisch abgesprengt, kurz darauf (1 sec) der Stufenadapter abgesprengt, gleichzeitig zünden kleine Feststofftriebwerke an erster und zweiter Stufe um die Stufen voneinander zu entfernen und den Treibstoff der zweiten Stufe am Boden für die Zündung zu sammeln.

Bei der zweiten Stufe wiederholt sich das Spiel. Prinzipiell könnte man hier den Gasgenerator auch durch eine Kartusche starten, aber bei unserem Beispiel soll die Oberstufe wieder zündbar sein. Die zweite Stufe hat nun eine Orientierung parallel zur Erdoberfläche, steigt aber durch die Höhenbeschleunigung der ersten Stufe weiter bis auf 200-250 km Höhe. Sobald die Rakete etwa 100-110 km Höhe erreicht hat wird die Nutzlasthülle an der Mitte auseinander gesprengt und fällt von der Oberstufe weg. Die Atmosphäre ist nun so dünn, dass sie dem Satelliten nichts anhaben kann.

Bei Erreichen einer Geschwindigkeit von zirka 7900 m/s wird die Oberstufe abgeschaltet, das Kommando ermittelt der OnBoard Computer der den Flug selbstständig überwacht. Die Rakete hat nun mit Satellit eine 200 × 1000 km Bahn erreicht.

Zirka 45 min später erreicht die Oberstufe den erdfernten Punkt mit 1000 km Entfernung. Sie zündet nochmals kurz um die Nutzlast um weitere 100-200 m/s zu beschleunigen, die Bahn wird dadurch zirkularisiert und ist nun 1000 km hoch.

Die Nutzlast wird so ausgerichtet, dass die Antennen zur Erde und die Solarpanel zur Sonde zeigen. Das geht mit übrig gebliebenen Treibstoff. Das Band welches den Satelliten festhielt wird gekappt, Federn drücken den Satelliten von der Stufe weg. Die Rakete macht nun weitere Manöver um sich zuerst vom Satelliten zu entfernen, dann mit dem Resttreibstoff die Bahn wieder abzusenken und zum Schluss werden alle Ventile geöffnet und der verbliebene Treibstoff und Oxidator ins All entlassen um eine Explosion zu verhindern. Die Stufe wird abgeschaltet und die Mission ist beendet.

Raumfahrt – Satellit – Folie 11-14

Folie 11:

Ein künstlicher Satellit (lat. *Begleiter, Leibwächter*) ist in der Raumfahrt ein künstlicher Raumflugkörper, der einen Himmelskörper – einen Planeten oder Mond – auf einer elliptischen oder kreisförmigen Umlaufbahn zur Erfüllung wissenschaftlicher, kommerzieller oder militärischer Zwecke umrundet.

Ein Satellit ist ein künstlicher Raumflugkörper, der Signale (z. B. über Radar) im Weltall empfängt und an die Erde sendet. Die Signale werden ihm entweder von der Erde aus zugesendet und er leitet sie weiter oder er beobachtet die Erde und schickt die Signale dann zur Erde.

Die Versorgung des Satelliten mit (Energie) erfolgt meist durch Solarzellen wenn im erdnahen Raum ausreichende Helligkeit der Sonne vorhanden ist oder durch Batterien wenn nur kurze Einsatzzeiten geplant sind.

Folie 12:

Nach Art der Umlaufbahn unterscheidet man bei Erdsatelliten zwischen:

Low-Earth-Orbit-Satelliten (LEO): Hier befinden sich Satelliten, die die Erde in einer Höhe von 200 bis 2000 km umkreisen. Für eine Umrundung benötigen sie im Schnitt ca. 100 Minuten, was bedeutet, dass ein Punkt auf der Erde den Kontakt zum Satelliten nach ca. 15 min verliert. Insgesamt existieren 6 Umlaufbahnen auf denen die LEOs die Erde umkreisen. Pro Umlaufbahn gibt es 11 aktive Satelliten und ein Reservesatellit, also insgesamt 72 Satelliten sorgen für permanente Abdeckung der Erde. Beispiele sind einige Wettersatelliten, sowie Kommunikationssatelliten.

Medium-Earth-Orbit-Satelliten (MEO): Diese Satelliten umkreisen die Erde in einer Höhe von 10.000 bis 12.000 km. Für eine Umrundung der Erde brauchen sie ca. 6 Stunden, also um die Erdoberfläche komplett abzudecken braucht man von 10 bis 12 Satelliten.

Auf dieser Umlaufbahn befinden sich zum Beispiel die Global Positioning System Satelliten (GPS).

Geostationäre Satelliten (GEO): GEOs sind Satelliten die sich auf einer Position 35.880 Km über der Erde auf Höhe des Äquators befinden, auf einer geosynchronen, kreisförmigen Umlaufbahn. Er bewegt sich mit einer Geschwindigkeit wie die Erde, daraus folgt dass sie für eine Umrundung der Erde genau ein Tag brauchen und sie befinden sich immer über dem gleichen Punkt der Erdoberfläche. Geostationäre Satelliten sind in der Regel sehr groß und teuer. Beispiele sind Kommunikationssatelliten (Astra, AsiaSat, Eutelsat) und Wettersatelliten (GOES, Meteosat) aber auch militärische Satelliten wie z.B. Frühwarnsatelliten.

Arten von Satelliten

Folie 13:

1. Nachrichtensatelliten

Diese immer wichtiger werdenden Satelliten dienen der Übertragung von Informationen von einem Punkt der Erde zu einem anderen. Das heißt sie vermitteln praktisch die Informationen über eine große Entfernung in extrem schneller Zeit: Telefongespräche, Fernsehprogramme, Internetdatenverkehr und, und, und... Diese Giganten des Weltalls gehören zu den leistungsfähigsten und am höchsten positionierten Satelliten.

Beispiel:

Die Firma **Inmarsat** ist ein Dienstleister für Mobilfunk über Satelliten. Zunächst mietete Inmarsat Satelliten an. Seit 1983 betreibt sie eigene Satelliten, die sie über mehr als 20 Bodenstationen steuert. Das *Inmarsat*-Satelliten-System ist ein aus zwölf Satelliten bestehendes Satellitenkommunikationsnetz. Das System deckt fast den gesamten Globus ab, mit Ausnahme der Gebiete ober- bzw. unterhalb von 70°N/S.

Drei Satelliten sind permanent von Europa aus erreichbar. Neben kommerziellen Diensten bot Inmarsat auch ein mittlerweile eingestelltes Notrufsystem an. Seit 1996 sind die Satelliten mit Transpondern ausgestattet, um die satellitengestützte Positionsbestimmung zu verbessern.

Um eine Verbindung mit einem der Satelliten aufzubauen, muss er mit einer speziellen Parabolantenne angepeilt werden, in manchen Fällen reicht auch eine einfache Antenne. Ein entsprechendes Gerät ist in einem Gehäuse in der Größe eines Laptops untergebracht. Es ermöglicht nicht nur Telefonieren, sondern alle anderen Arten der Datenübertragung wie E-Mail, Video, etc.

2. Navigations- und Ortungssatelliten

Navigation und Ortung sind zwei Paar Schuhe. Navigation ermöglicht es einem Auto, Schiff oder Flugzeug, mithilfe eines Satelliten genau festzustellen, wo es sich befindet.

Das Zielführungssystem eines herkömmlichen PKW-Navigationssystems kann z. B. auf einem Smartphone mit integriertem Satellitenempfangsteil realisiert werden. Ein „differenzieller Empfangsteil“ dient der Einbeziehung von Referenzstationen (mit Korrekturdaten), um die Positionsgenauigkeit, z. B. in kleinräumigen Stadtgebieten, zu erhöhen. Das Marktpotenzial in diesem Bereich resultiert bei einer Marktdurchdringung von 50 % innerhalb der nächsten zehn Jahre bei rd. 30 Millionen Fahrzeugen und einem Lebenszyklus von drei Jahren in einer Stückzahl von jährlich rund fünf Millionen Geräten.

Die Ortung hingegen ermöglicht es, mithilfe eines Satelliten festzustellen, wo sich ein beweglicher Gegenstand befindet. Beim Tracking von Fahrzeugen interessiert die Position eines Fahrzeugs nicht nur den Fahrzeugführer, sondern in besonderem Maße den Transportunternehmer, Flottenmanager und letztlich auch den Kunden (Wo befindet sich mein Paket?). Dies bedeutet, dass neben den Navigationssatelliten zur Positionsbestimmung auch noch eine Kommunikationsverbindung zur Übertragung der Positionsdaten via Mobilfunk oder einem Kommunikationssatelliten zum Transportunternehmer oder Kunden benötigt wird.

Das neue europäische Navigationssystem Galileo basiert auf 30 Satelliten (27 plus drei Ersatz), die in einer Höhe von etwa 23.260 km die Erde umkreisen, und einem Netz von Bodenstationen, die die Satelliten kontrollieren. → Positionsbestimmung mit einer Genauigkeit von ungefähr vier Metern.

Galileo wird das erste satellitengestützte Positionsbestimmungs- und Navigationssystem speziell für zivile Zwecke sein. Lediglich mit Hilfe eines kleinen Empfängers werden wir den eigenen Standort bis auf wenige Meter genau bestimmen können. Galileo ist wesentlich für die Zukunft der europäischen Industrien im Bereich der Hochtechnologien. Mit Galileo werden neue, umfangreiche Märkte erschlossen. Es wird Europa den entscheidenden technischen Vorsprung für den internationalen Wettbewerb verschaffen.

Entscheidend für Europa und für die ganze Welt ist, dass unabhängig vom derzeitigen technologisch älteren US-amerikanischen Monopol des Globalen Positionsbestimmungssystems (GPS), ein weiteres, effizienteres und noch zuverlässigeres Angebot besteht.

Folie 14:

3: Erdbeobachtungssatelliten

Die Fernerkundungs- oder Erdbeobachtungssatelliten sind mit allen Sinnen auf unseren Planeten ausgerichtet. Ob es nun um den wissenschaftlichen Fortschritt geht, um die Steigerung unserer wirtschaftlichen Leistung oder Wetterbeobachtung. Diese Satelliten sind für den Schutz unseres Planeten und die Sicherheit seiner Bewohner unverzichtbar.

Beispiele:

Envisat (Environmental Satellite) ist ein etwa 8 Tonnen schwerer Umweltsatellit der ESA (Europäische Weltraumorganisation). Seine wichtigsten Aufgaben sind die ständige Überwachung des Klimas, des Ozeans, der Landfläche bzw. allgemein des Ökosystems der Erde. Mit Gesamtkosten von 2,3 Milliarden Euro war er der bisher teuerste Satellit der ESA.

An der Entwicklung und Konstruktion des Satelliten, die mehr als zehn Jahre in Anspruch genommen haben, waren knapp einhundert Unternehmen aus vierzehn Ländern beteiligt. Darunter auch Astrium-Standorte in Großbritannien, Deutschland und Frankreich. Astrium UK zeichnete als Hauptauftragnehmer verantwortlich für die Polare Plattform und zwei der wichtigsten Instrumente; Astrium Deutschland verantwortete übergeordnet als Mission Prime die Instrumente, baute zwei davon und lieferte die Elektroniknutzlast-Bucht PEB zur Polaren Plattform. Astrium France lieferte das Servicemodul und weitere Instrumente.

Envisat hob am 1. März 2002 vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou in Französisch-Guayana an Bord einer Ariane 5-Rakete ab. Mit einem Gewicht von 8050 kg (inklusive 300 Kilogramm Treibstoff für Bahnmanöver) stellte er die bis dahin schwerste Nutzlast für die Ariane dar. Nach dem erfolgreichen Start wurde Envisat auf eine polare sonnensynchrone Umlaufbahn in 800 Kilometern Höhe ausgesetzt. Mit einer Inklination von 98° überfliegt ENVISAT jeden Ort im Abstand von 35 Tagen.

An Bord befinden sich zehn hochentwickelte Instrumente zur Erdbeobachtung. Sie können die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre, die Temperatur der Ozeane, Wellenhöhen und -richtungen, Windgeschwindigkeiten, Wachstumsphasen von Pflanzen messen und Waldbrände und Umweltverschmutzung aufspüren. Das verbesserte Radiometer, das entlang des Anflugweges abtastet (AATSR-Advanced Along Track Scanning Radiometer) stellt eine Kontinuität zu den Datensätzen des ATSR-1 und des ATSR-2 (aus der ERS Serie) her, zur genauen Messung der Temperatur der Meeresoberfläche (0,3 K oder genauer), die der Unterstützung der Klimaforschung dient sowie den funktionalen und wissenschaftlichen Anwendern.

Ein mit C-Band arbeitender Verbesserter Synthetischer Aperturradar (ASAR) gewährleistet die Kontinuität der Daten nach ERS-2. Er verfügt über eine gesteigerte Leistungsfähigkeit bezüglich Erfassung, Reichweite des Einfallswinkels, Polarisierung und Betriebsweise. Diese Verbesserungen ermöglichen es, den Abstrahlwinkel der Radarantenne zu steuern und Aufnahmen in verschiedene 100 oder 400 km breite Streifen auszuwählen.

Envisat sollte ursprünglich bis 2007 seinen Dienst verrichten. Auf Grund der zuverlässigen Arbeit und der erkenntnisreichen Daten von etwa 280 Gigabyte pro Tag, wird die Mission zunächst bis 2013 weitergeführt.

Der Satellit dient neben der Erreichung von Forschungszielen auch für die Internationale Charta für Weltraum und Naturkatastrophen. Die Internationale Charta für Weltraum und Naturkatastrophen ist ein internationales Vertragswerk einer internationalen Organisation mit der Aufgabe, im Falle von Naturkatastrophen oder durch den Menschen verursachten Katastrophen ein vereinheitlichtes System anzubieten zur Erfassung und Bereitstellung von nützlichen Satellitendaten für befugte Benutzer.

Teleskope

Im Weltall gibt es keine Beschränkungen durch elektromagnetische Strömungen, wie in der Erdatmosphäre herrschen. Deshalb können beispielsweise Teleskope im All viel weiter und mehr sehen als auf der Erde stationierte.

Bei Hubble handelt es sich um eine Sonde, eine Sonderform der Satelliten, die das Sonnensystem und auch andere Galaxien erkunden. Die Sonden haben riesige bis zu 4m große Spiegel in ihren Teleskopen mit denen sie in die Ferne blicken. Teleskope im All können viel weiter und genauer sehen als die auf der Erde. Sonden sind eine Sonderform der Satelliten, erkunden das Sonnensystem und manchmal auch andere Galaxien. Auch mit gewöhnlichen Satelliten kann der Weltraum beobachtet werden

Auch 400 Jahre nach Galileo Galilei ist das Universum voller Rätsel. Seit der berühmte italienische Astronom 1609 erstmals sein Fernrohr zum Sternenhimmel richtete, haben Teleskope unser Bild vom Weltall grandios erweitert - aber auch zahllose neue Fragen aufgeworfen.

Das Weltraumteleskop "Hubble". Es liefert die Daten zu den spektakulärsten Aufnahmen, die es vom Weltraum gibt. Das Hubble-Weltraumteleskop (engl. Hubble Space Telescope, kurz HST) ist ein Weltraumteleskop für sichtbares Licht, Ultraviolett- und Infrarotstrahlung, das die Erde in einer Höhe von 575 Kilometern innerhalb von 96 Minuten einmal umkreist. Das Teleskop entstand aus der Zusammenarbeit der NASA und der ESA und wurde nach dem US-Astronomen Edwin Hubble benannt.

Das HST wurde am 24. April 1990 mit der Space-Shuttle-Mission STS-31 gestartet und am nächsten Tag aus dem Frachtraum der Discovery ausgesetzt. Das Hubble-Weltraumteleskop war das erste von vier Weltraumteleskopen, welche von der NASA im Rahmen des „Great Observatory Programms“ geplant wurden.

Raumfahrt – Raumstation ISS – Folie 15-17

Folie 15:

Die Internationale Raumstation ISS fliegt derzeit durch die Atmosphäre fliegt. Sie ist das größte Weltraumprojektprojekt des Menschen bisher. Es geht um Langzeitaufenthalte von Astronauten im Weltraum und wissenschaftliche Experimente in der Schwerelosigkeit! Sie bewegt sich in 386 Kilometer Höhe. Seit November 2000 befinden sich ununterbrochen Astronauten an Bord der Raumstation. Die Astronauten halten sich bis zu 6 Monate auf der Raumstation auf.

Die Internationale Raumstation ISS wird sie immer noch Stück für Stück aufgebaut: Das erste Modul wurde 1998 in den Orbit geschickt, das letzte ist für 2010 geplant. Am 31. Oktober 2000 um 07:53 Uhr GMT brach die erste Besatzung mit dem Raumschiff Sojus TM-31 vom Weltraumbahnhof Baikonur in Kasachstan zur ISS auf. Die drei Kosmonauten Pilot Yuri Gidsenko, Flugingenieur Sergej Krikaljow und Kommandant William Shepherd. blieben bis März 2001 und schalteten die Systeme der Raumstation ein. Wenn die ISS fertig ist, wiegt sie ungefähr 500 Tonnen und hat die Größe eines Fußballfeldes. Durch ihre Größe ist sie unter bestimmten Wetterverhältnissen sogar mit bloßem Auge von der Erde sichtbar. Die ISS fliegt übrigens mit einer Geschwindigkeit von 29 000 km/h und umrundet die Erde alle 90 Minuten ein Mal.

10 europäische Länder (Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Italien, die Niederlande, Norwegen, Schweden, die Schweiz und Spanien), die USA, Japan, Kanada und Russland sind gemeinsam an ihr beteiligt. So ist es eines der ehrgeizigsten wissenschaftlichen und technischen Projekte aller Zeiten.

Die ISS ist ein fliegendes Labor und hat drei Hauptaufgaben:

- Sie soll die Reaktionen des menschlichen Körpers bei längeren Aufenthalten im Weltraum untersuchen. Wie kommt der Astronaut mit der Schwerelosigkeit usw. zurecht?
- Verschiedenste wissenschaftliche Experimente werden unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit durchgeführt. Welche Materialien sind am besten geeignet? Wie verhalten sie sich...
- Beobachtung unserer Erde und dem Rest unseres Sonnensystems.

Folie 16:

Der Weltraum verändert auch die physische Verfassung der Astronauten. Kurz nach dem Eintritt in die Schwerelosigkeit nimmt die Körpergröße um zwei bis drei Zentimeter zu. Ursache dafür ist die Ausdehnung der Wirbelsäure, die jetzt nicht mehr durch die Schwerkraft zusammengepresst wird.

Außerdem wandern Blut und Gewebsvolumen von den Beinen in die obere Körperhälfte. Wie bei einem längeren Kopfstand schwillt das Gesicht an, die Halsvenen treten hervor. Es kommt zumeist zu Desorientierung, da unten und oben im All ihre Bedeutung verlieren. Diese sogenannte Raumkrankheit (Space Motion Sickness oder Space Adaption Syndrome) kann bei einigen Raumfahrern mehrere Tage andauern.

Nach spätestens einer Woche im All klingen viele dieser Symptome weitestgehend ab und der gesamte Körper stellt sich auf die neuen Bedingungen ein. Allerdings bedeutet dies auch, dass alles entsorgt wird, was in der Schwerelosigkeit nicht benötigt wird. Dazu zählen leider auch unsere stabilen und schweren Knochen, die nun plötzlich kein Gewicht mehr zu tragen haben.

Nach der Rückkehr auf die Erde benötigen die Raumfahrer daher immer eine gewisse Zeit, um sich wieder an die Schwerkraft zu gewöhnen und sich zu orientieren. Viele haben in der ersten Zeit Schwierigkeiten, ihre Balance zu halten. Als Ursache für die "schlappen" Weltraum-Rückkehrer vermuten Wissenschaftler unter anderem den hohen Blutvolumenverlust, der durch die Anpassung des Körpers an die Flüssigkeitsumverteilung in der Schwerelosigkeit entsteht.

Wir wissen heute, dass der Mensch ohne größere Probleme lange Zeit in der Schwerelosigkeit leben kann. Problematisch ist nicht der Aufenthalt im Weltraum, sondern die Rückkehr zur Erde, wenn nicht rechtzeitig - hauptsächlich durch entsprechendes Training - Gegenmaßnahmen getroffen werden.

Bei längerem Aufenthalt in der Schwerelosigkeit treten folgende Effekte auf:

- Augen: Blickwinkel senkt sich von 10° auf 15°
- Gesicht: Die obere Körperhälfte wird stärker durchblutet. Das Gesicht wirkt dadurch aufgedunsen.
- Wirbelsäule: Sie dehnt sich um einige Millimeter aus.
- Herz: Die linke Herzkammer wird um bis zu 10% kleiner. Es kann daher zu erhöhter Müdigkeit kommen.
- Leber: Sie verarbeitet Medikamente anders als auf der Erde. Andere Dosierungen sind notwendig.
- Muskeln: Geringe Beanspruchung und Durchblutung verursachen Muskelschwund.
- Knochen: Mineralverlust macht die Knochen weicher. Insbesondere Kalzium wird in größerer Menge abgebaut.
- Beine: Die untere Körperhälfte wird schlechter durchblutet. Die Beine werden dünner. An den Fußsohlen verschwindet die Hornhaut.
- Blut: Die Zahl der roten Blutkörperchen sinkt. Die verminderte Sauerstoffversorgung kann eine Leistungsschwäche verursachen.

Um die physischen Auswirkungen des Weltalls auf Knochen und Muskulatur weitestgehend zu minimieren haben die Astronauten im Weltall streng geregelte Tagesabläufe. Sport ist ein sehr wichtiger Bestandteil bei jeder Weltraummission, um die Körperfunktionen, Muskeln und Knochen zu erhalten. Jeden Tag ist mindestens eine Stunde Sport angesagt.

Die Nahrung ist auf die Bedürfnisse der Astronauten angepasst.

Das Fehlen der Schwerkraft beeinflusst, wie Dinge riechen und schmecken: Speisen im All schmecken weniger intensiv als auf der Erde. Daher sind scharfe und pikante Nahrungsmittel sehr beliebt!

Frühstück

- Pfannkuchen mit Buttermilch oder Apfel-Zimt

Hauptgerichte

- Rindfleisch nach Stroganoff-Art mit Nudeln
- Schweinekotelett mit Kartoffeln (au gratin)
- Omelette mit Käse
- Gemüse Lasagne mit Tomaten- oder Sahnesoße
- Spaghetti Bolognese oder mit Tomatensoße
- Cremesuppe mit Brokkoli
- Gebratenes chinesisches Gemüse
- Deutscher Kartoffelsalat
- Verschiedene Saucen: Barbecuesoße, Ketchup, Cocktailsauce, Preiselbeerensoße

Dessert

- Schokoladenbrownies
- Vanilleeis und gefrorener Joghurt
- Käsekuchen
- getrocknete Obst (Äpfel, Aprikosen, Pfirsiche, Birnen)

Folie 17:

Wissenschaftliche Arbeit im Weltraum findet unter besonderen Bedingungen statt. In keinem Moment unseres Lebens auf der Erde sind wir schwerelos. Forschung im Weltraum ist allerdings Forschung unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit. Hier gewonnene Erkenntnisse lassen Rückschlüsse auf die Mechanismen und Kräfte zu, die unser Leben auf der Erde bestimmen. Forschung im Weltraum dient daher in erster Linie der Verbesserung der Lebensbedingungen auf der Erde. Experimente zu Biologie, Physiologie, Physik und Materialwissenschaften sowie auch Astrobiologie werden im Weltraum durchgeführt.

Indem sie untersuchen, wie Dinge in der Schwerelosigkeit brennen, können die Wissenschaftler eine Menge lernen. Diese Kenntnisse fließen dann zum Beispiel in die Konstruktion neuer Auto- oder Flugzeugmotoren ein, die weniger Kraftstoff verbrauchen und umweltfreundlicher sind.

Die Bedingungen des Weltraumes bieten einzigartige Möglichkeiten, um Gesundheitsprobleme im Zusammenhang mit dem Älterwerden wie z.B. Osteoporose oder Muskelschwund zu verstehen. Aufgrund fehlender Schwerkraft werden Knochen im Weltall schwächer und die Muskelmasse bildet sich zurück. Mit dem Wissen über die physikalische Anpassung an die Bedingungen im Weltraum wird es möglich, medizinische Gegenmaßnahmen zu entwickeln und Fortschritte in der Diagnose von altersbedingten Krankheiten zu machen.

Auch für die Industrie sind Ergebnisse aus der Weltraumforschung vorteilhaft. Die Verbesserung industrieller Produktionsmethoden sowie die Entwicklung neuer Technologien sind insbesondere für die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie essentiell. In den letzten Jahrzehnten der Weltraumwissenschaft ist eine Reihe von Forschungsdisziplinen entstanden, die für industrielle Produktionsprozesse relevant sind. Um Produktionsmethoden zu verbessern, ist das Verständnis der Auswirkungen der Schwerkraft auf die Prozesse äußerst hilfreich.

Geschichte der Raumfahrt – Folie 18-21

Folie 18:

Sputnik 1 war der erste Satellit der Erde. Er wurde am 4. Oktober 1957 von den russischen Streitkräften von Baikonur aus gestartet. Das Gewicht von Sputnik war eine Sensation: er wog fast 84 Kilo - man schloss daraus, dass die verwendete Trägerrakete etwa 100 Tonnen wiegen müsste. Nachdem einige Versuche mit Tieren an Bord der Trägerraketen erfolgreich verlaufen waren (z.B. November 1957: Hündin Laika), wagte man die Entsendung eines Menschen in das Weltall.

Hier sehen wir Yuri Gagarin und Gherman Titov. Sechs Piloten, darunter Titov, wurden im Januar 1961 in die engere Wahl für den ersten Raumflug genommen. Bei den mündlichen und schriftlichen Prüfung am 17. und 18. Januar 1961 erzielte Titov zusammen mit Yuri Gagrin die besten Ergebnisse. Am 4. April wurde offiziell bestätigt, dass der erste Raumfahrer der Sowjetunion unter den drei Kandidaten Titov, Gagarin und Neljubov ausgewählt wurde. Titov erfuhr am 9. April, dass man sich am Vortag für Gagarin entschieden hatte. Titov wurde als Ersatzmann nominiert. In den nächsten Tagen hielt sich Titov stets bereit, für Gagarin einzuspringen, falls dieser aus irgendeinem Grund kurzfristig ausfallen sollte. Das war jedoch nicht der Fall, und daher bereiste am 12. April 1961 Youri Gagarin als erster Mensch den Weltraum. Er umrundete die Erde einmal und war dabei für 89 Minuten schwerelos.

Folie 19:

Am 21. Juli 1969 war es schließlich soweit! Die drei Astronauten Neil Armstrong, Buzz Aldrin und Michael Collins waren in einer Saturn V-Rakete zum Mond geflogen (Missionsdauer: von 16. Juli 1969 bis zum 24. Juli 1969) und landeten an diesem Tag als die ersten Menschen auf dem Mond. Die Russen waren übrigens schon einige Jahre früher in den Weltraum geflogen. Auch der erste Astronaut im Weltraum war ein Russe: Juri Gagarin. Er bereiste am 12. April als erster Mensch den Weltraum. Er umrundete die Erde einmal und war dabei für 89 Minuten schwerelos. Die Russen sind jedoch bis heute nicht auf den Mond geflogen.

Ein kleiner Schritt für einen Menschen - ein großer Schritt für die Menschheit - mit diesen Worten kommentierte der amerikanische Astronaut Neil Armstrong das Ereignis, das seither aus keinem Geschichtsbuch mehr wegzudenken ist: zum ersten Mal in der Menschheitsgeschichte hat ein Mensch die Erde verlassen und einen anderen Himmelskörper betreten.

Die erste Mondlandung ist erfolgt. Man erkennt im Hintergrund das kleine Mondlandegerät "Eagle", mit dem die Astronauten von der Raumfähre aus auf dem Mond landeten. Das war zu Recht ein Jahrtausendereignis. Kaum ein Mensch zweifelte daran, dass die Berichterstattung authentisch war. Im Jahre 1976 änderte sich das in der Öffentlichkeit durch den Autor Bill Kaysing. „We never went to the moon“ ist der Titel seines Buches, in dem er anhand von unterschiedlichen Beobachtungen am Bild- und Videomaterial der NASA Mondmissionen Hinweise zu erkennen glaubt, die belegen, dass diese Aufnahmen nicht auf dem Mond erfolgten, sondern auf der Erde.

Hier sollen kurz zwei Argumente der Verschwörungstheoretiker aufgegriffen und widerlegt werden:

Behauptung: Auf dem Mond gibt es keine Atmosphäre, der Himmel ist auch am Tage schwarz und folglich übersät von Tausenden von Sternen. Auf den Bildern erkennt man jedoch keine.

→ Diese Behauptungen bezüglich der fehlenden Atmosphäre, des schwarzen Taghimmels und der Sterne ist richtig.

Leider übersehen die Verschwörungstheoretiker, dass die Helligkeit der mit bloßem Auge sichtbaren Sterne extrem gering ist. Um den Sternenhimmel abzubilden muss man lange belichten. Da die Aufnahmen auf der Mondoberfläche am hellen Tag durchgeführt wurden, wurde auch entsprechend kurz belichtet. (Eine Aufnahme am Tag wird mit 100ISO Empfindlichkeit und einer Blende von 8 mit 1/125 Sek. Belichtungsdauer aufgenommen. Für die Abbildung des Sternenhimmels mit so vielen Sternen, wie sie das bloße, dunkel adaptierte Auge erkennen kann, bei einer Filmempfindlichkeit von 200ISO, einer Brennweite von 28mm f2,8 benötigt man rund 15sek Belichtungszeit.)

Behauptung: Schatten müssen stets parallel erscheinen. Grund: Die Sonne ist im Unendlichen.

→ Dass die Schatten von Objekten, die von der Sonne beleuchtet werden, parallel erscheinen, ist prinzipiell richtig. Die Sonne steht näherungsweise im Unendlichen und ihre Ausdehnung beträgt nur rund ein halbes Grad.

Allerdings entscheidet allein die Perspektive, unter der ein Beobachter die Schatten betrachtet, darüber, ob wir die Schatten als parallel erkennen oder sie auf einen Fluchtpunkt hin, bzw. weg laufen sehen. Ein unebener Untergrund sorgt zusätzlich durch eine Verschiebung der Perspektive für die beobachteten Effekte.

Folie 20:

Die Raumfahrt entwickelte sich rasant weiter.

Zahlreiche Missionen helfen...

- die Entstehungsgeschichte des Universums zu erforschen
- die Erde besser zu verstehen
- neue Technologien zu entwickeln
- wissenschaftliche Phänomene zu untersuchen
- unseren Alltag zu erleichtern

Hier folgen drei Beispiele von aktuellen und spannenden Raumfahrt-Missionen

Folie 21:

Rosetta

Die Mission Rosetta der europäischen Weltraumorganisation ESA soll die Entstehungsgeschichte unseres Sonnensystems erforschen, indem sie einen der ältesten Himmelskörper, einen Kometen, untersucht.

Das Ziel der Rosetta-Mission: Die ESA-Raumsonde wird den Kometen Churyumov-Gerasimenko beobachten und unter anderem Den Großteil ihres Daseins verbringen Kometen fernab der Sonne als unveränderliche Brocken aus Eis und Gestein. Erst wenn sie sich der Sonne nähern, setzt eine Verwandlung ein: Leichtflüchtige Stoffe verdampfen vom Kometenkern und reißen Fontänen aus Staub mit. Die Teilchen formen die Koma und hüllen den Kometenkern in dieser Atmosphäre vollständig ein. Aus der Kometenkoma entwickelt sich auch der Schweif, der Kometen ihr charakteristisches Aussehen verleiht. Dennoch sind diese Prozesse längst noch nicht im Detail verstanden. Welche Faktoren setzen dieses Gas- und Staubsputzen in Gang? Wie entwickelt sich die Aktivität? Und welche Prozesse auf der Oberfläche und im Kern des Kometen spielen dabei eine Rolle?

Diesen Fragen soll die ESA-Raumsonde Rosetta nachgehen. Im nächsten Jahr wird sie am Kometen Churyumov-Gerasimenko eintreffen, im Herbst 2014 eine Landeeinheit auf seiner Oberfläche absetzen und ihn auf seinem Weg in Richtung Sonne begleiten. Die Mission bietet somit die einzigartige Möglichkeit, alle Phasen der einsetzenden Kometenaktivität aus der Nähe zu beobachten. Die neuen Ergebnisse des Teams um Forscher des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung deuten nun darauf hin, dass der Komet bereits in einer sehr frühen Phase der Mission spannende Einblicke erlauben könnte.

Die Raumsonde Rosetta der Europäischen Weltraumagentur startete 2004 ins All. 2014 soll sie ihr Ziel, den Kometen Churyumov-Gerasimenko erreichen, auf dessen Oberfläche die Landeeinheit Philae im Herbst 2014 aufsetzen soll. Das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung ist weltweit die Forschungseinrichtung mit der größten Beteiligung an den wissenschaftlichen Experimenten der Mission. Das Institut hat die wissenschaftliche Leitung bei drei Instrumenten, ist an fünf weiteren beteiligt und hat wichtige Teile der Landeeinheit entwickelt und beigesteuert.

TerraSAR-X

TerraSAR-X ist ein deutscher Erdbeobachtungssatellit. TerraSAR-X wurde im Rahmen einer Public-Private-Partnership (PPP) zwischen dem DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt und der EADS Astrium GmbH, realisiert. Die exklusiven kommerziellen Nutzungsrechte hat der Geo-Informationen-Dienstleister Infoterra GmbH. TerraSAR-X wurde am 15. Juni 2007 gestartet und hat im Januar 2008 seinen operationellen Betrieb aufgenommen.

Mit seiner aktiven phasengesteuerten Antenne (Wellenlänge 31 mm, Frequenz 9,6 GHz), akquiriert TerraSAR-X neue, hochauflösende Radardaten, während er in einer nahezu polaren Umlaufbahn in 514 km Höhe um die gesamte Erde kreist. Die Umlaufbahn ist so gewählt, dass der Satellit in einem sonnensynchronen Dusk-dawn-Orbit fliegt. Das bedeutet, dass der Satellit entlang der Tag-Nacht-Grenze der Erde fliegt und der Sonne immer dieselbe Seite zuwendet. Dies dient insbesondere einer optimalen Energieversorgung durch die Solarzellen. TerraSAR-X kann unabhängig von Wetterbedingungen und Beleuchtungszustand zuverlässig Radardaten mit bis zu 1 m Auflösung aufnehmen und hat eine Lebensdauer von mindestens 5 Jahren.

Der wetterunabhängig operierende Satellit, der Daten mit einer Auflösung von bis zu eine Meter liefert, ist eine außergewöhnlich zuverlässige Informationsquelle; flexible Aufnahmemodi und eine

schnelle Reaktionszeit machen seine Daten besonders wertvoll für eine Vielzahl unterschiedlichster Geoinformationsanwendungen.

Anwendungen der hochauflösenden TerraSAR-X-Radarbilder sind:

- Topographische Kartierung: 2D und 3D, in Maßstäben bis zu 1:25.000, Kartenaktualisierungen
- Bewegungen der Erdoberfläche: Aufbauend auf Zeitserien, die von TerraSAR-X über der gleichen Fläche aufgenommen werden, können durch Bergbau, Öl-/Gasförderung, Tiefbauarbeiten oder Ausgrabungen verursachte Bewegungen der Erdoberfläche visualisiert werden.
- Veränderungsanalysen: für die Überwachung von großen Bauprojekten, Infrastrukturnetzen sowie die Überwachung und Dokumentation von Veränderungen und Entwicklungen
- Landbedeckungs- und Landnutzungskartierung: genaue und aktuelle Landbedeckungs-/Landnutzungsdaten, auch von Gebieten, die aufgrund von permanenter Wolkenbedeckung mit anderen Technologien schwierig zu beobachten sind.

Wozu braucht man Multispektralaufnahmen? Zum einen verraten sie mehr über die Beschaffenheit eines Objektes. Das Reflexionsverhalten in mehreren Spektralbereichen lässt Rückschlüsse über die eingesetzten Materialien zu. Doch viel wichtiger ist es, dass man damit getarnte Objekte sichtbar machen kann. Wir empfinden ein Objekt als getarnt wenn es denselben Farbton wie die Umgebung hat. Allerdings summieren unsere Augen aber auch wie normale CCD das gesamte Spektrum. Damit ein Objekt bei Multispektralen Aufnahmen aber genauso wie die Umgebung aussieht reicht es nicht. dass die Farbe in der Summe identisch ist. Sondern es muss die genaue spektrale Verteilung identisch sein. Dazu ein Beispiel: Pflanzen erscheinen uns grün, weil aus dem normalen Licht Rot und Blau absorbiert wird. Grüne Farbe dagegen hebt den Grünanteil an. Macht man nun Aufnahmen in den 3 Spektralbereichen Rot, Grün und Blau, so fallen grün angestrichene Fahrzeuge auf.

Die Aufnahme zeigt eine Multispektralaufnahme verglichen mit einer optischen Aufnahme. Die Multispektralaufnahme wurde so gewählt, das Rot mit der Menge an Chlorophyll korreliert. Je roter eine Fläche ist desto mehr photosynthetisch aktive Pflanzen enthält sie. Man kann hier viel besser Flächen die noch im Wachstum sind von abgeernteten oder kranken Flächen unterscheiden als auf der Luftaufnahme.

Mars Express

Der Mars Express wurde am 2. Juni 2003 gestartet und erreichte nach sechs Monaten seine Zielumlaufbahn um den Mars. Seine Aufgaben sind die vollständige Kartografierung des Mars, die Erforschung seiner Atmosphäre, seiner Oberfläche sowie des Materials, das sich in bis zu zwei Metern Tiefe befindet. Er sucht nach Spuren von Wasser im Untergrund, auf der Oberfläche und in der Atmosphäre, d.h. die Grundvoraussetzung für jedwedens Leben.

Die Erkenntnisse bisheriger Marsmissionen lassen den Schluss zu, dass der Mars vor einer Klimaveränderung vor etwa 3,5 Milliarden Jahren ein warmer und feuchter Planet war. Die Fragen nach Wasservorkommen und der eventuellen Entstehung primitiver Lebensformen konnten bisher nicht beantwortet werden.

Mars Express gibt durch globale Erkundung aus dem Orbit Aufschluss über die Klimageschichte des Roten Planeten und soll die Rolle und den Verbleib von Wasser klären. Man erhofft sich im Rahmen der vergleichenden Planetologie Parallelen zur Erde herstellen zu können, die zum Beispiel genauere Aussagen über die langfristige Entwicklung unseres Planeten möglich machen würden.

Raumfahrt im Alltag – Folie 22-23

Folie 22:

Die Weltraumtechnologie ist Bestandteil des alltäglichen Lebens. Wir nutzen die Weltraumtechnologien, wenn wir **Satelliten-TV** sehen, wenn wir die **Wettervorhersage** hören, wenn wir ins Ausland **telefonieren**, wenn wir unser **Pkw-Navigationssystem** für Straßeninformationen abfragen. Satellitenbildprodukte und -dienste bilden wesentliche Werkzeuge in verschiedensten Geschäftsanwendungen: Landwirtschaft und Fischerei, Stadtplanung, geologische Erkundung.

Ein Tag ohne Raumfahrt ist undenkbar geworden. → Video a day without space

Folie 23:

In der Raumfahrt gelten ganz besondere Bedingungen. Zum Beispiel gibt es im All keine Möglichkeit zur Reparatur. Die Technik muss funktionieren und das für den gesamten Zeitraum der Mission und unter extremen Bedingungen. Im Weltall herrscht ein Vakuum und es gibt eine gefährliche kosmische Strahlung. Zudem gibt es extreme Temperaturen von -180 Grad bis zu 100 Grad.

Das alles bedeutet: Wer in der Raumfahrt erfolgreich sein will, muss wirklich hohe Anforderungen erfüllen. Raumfahrt – das ist also Ingenieurskunst vom Feinsten. Und mit diesem Können und Wissen sind natürlich auch viele Verbesserungen auf der Erde möglich. Hier nur einige von vielen Beispielen

Raumfahrt im Alltag – Satelliten – Folie 24-25

Folie 24:

Aeolus Satellit

Der ESA-Satellit Aeolus wird globale Beobachtungen dreidimensionaler Windfelder in 0 bis 16 km Höhe mit einer Genauigkeit von 2ms-1 liefern. Dies wird die derzeitige Windprofilmessung und somit die atmosphärische Modellierung und Analysetechniken verbessern, was wiederum der Wettervorhersage und Klimaforschung zugutekommt. Als erster Satellit überhaupt trägt er als Nutzlast einen Laser und ein Spiegelteleskop, womit nach dem Lidar-Prinzip Luftströmungen großräumig erfasst werden sollen. Der Satellit Aeolus startete im April 2011 mit einer Rocket-Trägerrakete auf eine sonnensynchrone Umlaufbahn in 400 km Höhe. Seine Startmasse betrug ca.

1100 kg, die Lebensdauer ca. 3 Jahre. Die Kosten lagen bei ca. 300 Millionen Euro, davon ca. 200 Millionen Euro für den Satelliten.

ADM-Aeolus erfasst die Daten nach der aktiven Doppler-Windlidar-Methode (DWL), das heißt, ein aktives Instrument sendet Laserimpulse in die Atmosphäre und misst die Dopplerverschiebung des erfassten Rücksignals, das auf verschiedenen Ebenen in der Atmosphäre zurückgestreut wird und dabei ein Windprofil erzeugt, das die relative Windstärke und -richtung auf unterschiedlichen Höhen sowie die Feuchtigkeits- und Staubelevels in der Atmosphäre anzeigt.

Das Aeolus-Instrument Aladin (Atmospheric LAsER Doppler INstrument) ist ein Lidar zur Erfassung von Aerosolen und Wolken. Es besteht aus einem Interferenzstreifen-Muster Detektor (fringe imaging receiver) zur Analyse der Wolken- und Staubteilchen und einem Zwei-Linien Detektor (double-edge receiver) zur Analyse der Partikelrückstreuung. Die Mission trägt den Namen der griechischen Sagenfigur, die von den Göttern zum Hüter der Winde bestimmt wurde.

Astrium ist Hauptauftragnehmer dieser Mission und zudem für das ADM-Aeolus-Instrument Aladin, die elektrische Architektur der Plattform und deren Subsysteme verantwortlich.

Folie 25:

Satellit Cryosat 2

CryoSat-2 ist ein Satellit zur Vermessung der Kryosphäre, insbesondere der Eismassen in Arktis und Antarktis. Der Satellit wurde am 8. April 2010 erfolgreich gestartet und trägt ein spezielles Radaraltimeter zur Bestimmung der Dicke von Meer-Eis sowie der Oberflächenhöhen von Landeis in der Arktis und Antarktis. Damit sollen mögliche Auswirkungen von Klimaschwankungen auf die Eismassen der Erde beobachtet werden.

Video: <http://www.youtube.com/watch?v=AFg11FDI30U>

Herkömmliche Umweltsatelliten sind blind in beiden zentralen Polgebieten (vom 82. bis zum 90. Breitengrad). *Cryosat* überblickt sie fast vollständig. Er misst auch viel genauer, in Streifen von 250 statt 15.000 Metern. So lassen sich Eisschollen und Wasserrinnen besser unterscheiden.

Cryosat 2 kann erstmals auch Eis- und Gletscherhänge ständig aus dem All vermessen. Für die Klimatologen ist es besonders wichtig, deren Veränderungen zu beobachten. Der größte Fortschritt liegt aber darin, dass *Cryosat* zentimetergenau Höhendifferenzen bestimmen kann. Auf diese Weise lassen sich nicht nur wie bisher Eisflächen, sondern auch Eisdicken ermitteln. Entscheidend für Klimabilanzen ist letztendlich nämlich das Eisvolumen: So schichten Stürme Eisschollen zu dicken Presseisrücken auf. Dann schrumpft die Fläche – bei gleichem Volumen.

Raumfahrt im Alltag – Robotik – Folie 26

Der erste Weltraum-Roboter des DLR wurde vor 20 Jahren entwickelt. ROTEX konnte mit zwei Greifern Objekte in der Schwerelosigkeit einfangen und wurde dabei vom DLR Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen gesteuert. Objekte in Schwerelosigkeit einzufangen und dies auch noch von der Erde zu steuern, ist schwierig, da zum Beispiel die Datenübertragung Zeit benötigt.

Das DLR hat das Wissen von ROTEX ständig weiterentwickelt und nun gibt es JUSTIN. JUSTIN hat 43 Gelenke und ist sehr beweglich. Der Roboter hat Kameras im Kopf, verfügt über viele Sensoren und hat mehrere Arme und Hände. Justin ist ein humanoider Roboter. Er reagiert auf Berührungen und Kommandos.

Video: <http://www.youtube.com/watch?v=ZPwpGpMoAxs>

Intelligente Roboter werden nicht nur auf dem Mars oder in der Raumfahrt eingesetzt, sondern auch auf der Erde gebraucht: zum Beispiel in der Industrie, aber auch bei gefährlichen Arbeiten etwa tief unter Wasser oder sogar beim Entschärfen von Bomben oder in der Medizintechnik.

Raumfahrt im Alltag – Neue Materialien – Folie 27

Die Hitzeschutz-Materialien, die man für den Wiedereintritt benötigt, dienen auf der Erde inzwischen als Bremscheiben für Autos. Andere Werkstoffe müssen in der Raumfahrt oft ultra-leicht sein – denn bei jedem Raketenstart versucht man natürlich Gewicht zu sparen. Besonders leichte und zugleich stabile Materialien kann man ebenfalls im Automobilbau einsetzen, was Treibstoff spart.

Wer in den Weltraum fliegen will, sollte sich auch darüber Gedanken machen, wie man wieder zur Erde zurückkommt. Daher ist die sogenannte Wiedereintritts-Technologie seit Beginn der Raumfahrt ein wichtiges Forschungsgebiet. Dabei geht es vor allem darum, wie zum Beispiel Rückkehrkapseln die hohen Temperaturen aushalten können, die beim Flug durch die Atmosphäre entstehen. Denn wenn eine Kapsel mit hoher Geschwindigkeit – mehrere tausend Kilometer pro Stunde schnell – auf die dichten Luftschichten trifft und dadurch abgebremst wird, entsteht eine große Reibungshitze: Über 2.000 Grad Celsius können dabei auftreten!

Eines von mehreren Projekten: In Stuttgart entwickelt und testet das DLR ist SHEFEX II. Mit SHEFEX II werden neun verschiedene Hitzeschutzsysteme getestet, größtenteils Entwicklungen aus faserkeramischen Verbundmaterialien. Sie sind im Vergleich zu metallischen Werkstoffen wesentlich hitzebeständiger, extrem leicht und auch bei hohen Temperaturen formstabil.

Doch [welche Materialien](#) können solch hohe Temperaturen überhaupt aushalten? Wie kann man sicherstellen, dass eines Tages Astronauten – oder auch wichtige Instrumente – gefahrlos den „Flug durch das Feuer“ überstehen, bei dem die Luft um die Kapsel herum sogar zu glühen beginnt?

Hier ein paar Beispiele, wann Materialien schmelzen:

Stahl

Schmelzpunkt: **1.536 Grad Celsius**. Stahl wird sehr häufig verwendet: vom Schiffbau über Hochhäuser bis zur Uhrenproduktion. Auch die meisten Autos bestehen zu großen Teilen aus Stahl.

Keramikfasern

Schmelzpunkt: **2.000 Grad Celsius**. Keramikfasern sind im Vergleich zu metallischen Werkstoffen wesentlich hitzebeständiger, extrem leicht und auch bei hohen Temperaturen stabil. Daher dienen solche Materialien in der Raumfahrt als Hitzeschutz. Denn da müssen beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre extreme Temperaturen sicher verkraftet werden. Und auch an Turbinenschaufeln aus Keramik wird daher geforscht.

Wolfram

Schmelzpunkt: **3.422 Grad Celsius**. Dieses Metall kennst du bestimmt. Und wenn nicht, dann spätestens jetzt: Denn der Faden in einer Glühbirne besteht zum Beispiel aus Wolfram. Damit er nicht einfach verbrennt, wenn man die Lampe anknipst, wird er aus diesem besonders hitzebeständigen Material hergestellt.

Diamant

Schmelzpunkt: **3.547 Grad Celsius**. Als hochwertiger Edelstein schmückt er Ringe und Ketten. Aber als härtestes Mineral wird er auch für Schleif- und Schneid-Werkzeuge eingesetzt. Dennoch kann auch Diamant durch Hitze zerstört werden.

Kohlestofffasern

Schmelzpunkt: **3.560 Grad Celsius**. Kohlestofffasern sind leicht und äußerst stabil. Deswegen spielen sie in der Luft- und Raumfahrt eine wichtige Rolle. Zum Beispiel wird beim Airbus A380 das Seitenleitwerk aus diesen Fasern gefertigt – auch wenn es da nicht um hohe Temperaturen geht, sondern eben um möglichst wenig Gewicht bei gleichzeitig hoher Stabilität.

Raumfahrt im Alltag – Tele-Medizin – Folie 28

Millionen Menschen auf der Erde leben weit entfernt von der nächsten Klinik oder dem nächsten Krankenhaus. Häufig gibt es auch keinen Arzt in der Nähe. Ein Weg, um diese Entfernungen zu überwinden, besteht in der Telemedizin. Diese beruht auf Satelliten, die eine gegenseitige Sprach- und Bild-Verbindung zwischen Patienten und medizinischen Experten ermöglichen.

Der erste, in großem Maßstab durchgeführte Einsatz der Telemedizin, fand 1988 während des Erdbebenunglücks in Armenien statt. Als die normalen Telefonleitungen nicht mehr funktionierten, wurden Satellitenverbindungen für die medizinische Notstandsversorgung eingesetzt. In den 90-er Jahren wurde von der ESA der erste telemedizinische Test im Weltraum eingerichtet. Während einer

zehntätigen Mission des Weltraumlabor Spacelab konnten Ärzte Bilder des Herzens von einem Astronauten studieren und Anweisungen an ihn zurücksenden.

Die Telemedizin ist mittlerweile weit verbreitet. Sie gibt Patienten in abgelegenen, ländlichen Gegenden die Möglichkeit, sich mit Ärzten und Krankenschwestern in Verbindung zu setzen. Sie erlaubt es auch, den Patienten eine bessere Heimversorgung zu bieten. Die ESA ist eine der Hauptunterstützer der Telemedizin. Zum Beispiel stellt die ESA finanzielle Mittel für die Forschung an Robotern bereit, die von einem medizinischen Experten aus der Entfernung gesteuert werden können. Mit solchen Robotern könnte man operative Eingriffe vornehmen oder einen Scanner über den Körper eines Patienten bewegen, um dreidimensionale Bilder seiner inneren Organe zu erhalten. Die ESA hilft auch bei der Bereitstellung einer medizinischen Überwachung von Arbeitsgruppen auf der Concordia-Basis in der Antarktis.

Tele-Medizin in Afrika: Nutzung aller Möglichkeiten des satellitengestützten Breitband-Internets

Die Europäische Weltraumorganisation ESA hat gemeinsam mit der EU-Kommission und der Arbeitsgruppe für Telemedizin (Telemedicine Task Force, TTF) ein von Astrium geleitetes Konsortium mit dem Technologiedemonstrator-Projekt SAHEL (**S**atellite **A**frikan **e**-**H**ealth **v**alidation) beauftragt. An seinen Einsatzorten in Kenia und im Senegal wird der Demonstrator eine Schlüsselrolle beim Aufbau eines Telemedizinnetzes übernehmen, das künftig den gesamten afrikanischen Kontinent abdecken soll.

Bei dieser technischen Lösung werden drei Dienste im Bereich e-Gesundheit zur Verfügung gestellt:

- e-Learning für medizinische Themen, um eine kontinuierliche Schulung des Pflegepersonals in ländlichen Gebieten sicherzustellen.
- e-Dienstleistungen, um abgelegene Krankenstationen und Gesundheitseinrichtungen mit medizinischen Kompetenzzentren zur Unterstützung bei Diagnosen und Behandlungen zu verbinden.
- EDV-systeme für das Gesundheitsmanagement, um Krankenakten zu verwalten und medizinischer Daten für die Beobachtung von Epidemien zu erfassen (wie beispielsweise AIDS in Kenia oder Malaria im Senegal).

Satellitengestützte Lösungen bieten nicht nur einen hohen Datendurchsatz, sondern sind anhand einer überaus einfachen Kommunikationsinfrastruktur – bestehend aus einer Parabolantenne, einem Modem und durch Solarkollektoren oder Windkraftanlagen erzeugten Strom – schnell einsatzfähig. Zudem ist eine umfassende Abdeckung der Länder möglich.

Raumfahrt im Alltag – weitere Beispiele

Hier noch ein paar Beispiele von Erfindungen, die aus der Raumfahrt kommen und nicht mehr wegzudenken sind:

- Taschenrechner
- Quarzuhr
- Klettverschluss, für die bemannte Raumfahrt entworfen, um Gegenstände im Raumlabor zu fixieren
- Heimwerker-Akkuschrauber, für die bemannte Mondmissionen (Apollo: Bohrproben-Gewinnung) entwickelt
- ABS-Bremssystem, beruht auf einer Technologie, die für die Drallräder zur Lagestabilisierung von Satelliten entwickelt wurde
- Hochtemperaturkeramiken, Keramische Hochleistungsbremsen für ICE technologische Entwicklung für hoch-wärmebeständige Materialien beim Wiedereintritt von Raumfahrzeugen in die Atmosphäre
- Brennstoffzelle, für den Space Shuttle entwickelt, heute Weiterentwicklung für Autoantriebe (1996: neCarII von Mercedes) und für eine dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung in Wohnhäusern.
- optische Komponenten für zahnmedizinische Laser abgeleitet aus der Entwicklung hochpräziser asphärische Zylinderlinsen für ein Weltraumteleskop. Für den Patienten bedeutet der Lasereinsatz schonende, effektive und schmerzarme Präparation, steriles Arbeiten und größt mögliche Keimreduktion, schnellere Wundheilung, keine Vibrationen und Bohrgeräusche, Verzicht auf Anästhesie sowie kürzere Behandlungszeit

Quelle: 25 Jahre Parlamentsgruppe Luft- und Raumfahrt des Deutschen Bundestags

Von Traum- zu Raumreisen – Folie 29-36

Folie 29:

Der Schriftsteller Jules Verne (1828-1905) beschrieb in seinem Buch „Reise um den Mond“ (1872) einen Raumflug zum Mond. Vieles davon wurde ein Jahrhundert später Realität. Grundlegende wissenschaftlich-technische Vorarbeiten leisteten Anfang des 20. Jahrhunderts der Russe Konstantin Ziolkowski (1867-1935), der Deutsch-Rumäne Hermann Oberth (1894–1989) und der US-Amerikaner Robert Goddard (1882–1945). Den Mond erreichten die bemannten Apollo-Missionen (1969 bis 1972), aber auch die unbemannte SMART-1-Mission, die 2003 an Bord einer Ariane 5 gestartet wurde.

Folie 30:

Start bemannter und unbemannter Raketen von der Erdoberfläche

Festtreibstoff-Antrieb

Der Treibsatz ist ein explosives, zu Blöcken gepresstes Pulvergemisch. Der Rückstoß beim Entweichen der Verbrennungsgase aus den Schubdüsen treibt die Rakete voran.

Flüssigtreibstoff-Antrieb

Als Antrieb dienen flüssige Substanzen, meist Kohlenwasserstoffe und Sauerstoff und Wasserstoff und Sauerstoff.

Hybrid-Antrieb

Die Treibstoffe liegen in flüssiger und fester Form vor. Hybridsysteme verbinden die Vorteile von Feststoffraketen mit denen von Flüssigtreibstoffantrieben.

Antrieb im Weltraum

Ionen-Antriebe

Die durch elektromagnetische Felder beschleunigten Plasmateilchen (Ionen von Edelgasen wie Xenon) dienen als Antrieb im Weltraum.

Sonnensegel

Der Antrieb ist ein reflektierendes Segel, das vom Sonnenlicht vorangetrieben wird. So lassen sich Satelliten ohne zusätzlichen Treibstoff von niedrigen auf höhere Umlaufbahnen befördern oder Raumsonden auf den Weg zu anderen Planeten bringen.

Folie 31:

Zu über 90 Prozent starten Trägerraketen unbemannte Erdsatelliten (genutzt für Telekommunikation, Erdbeobachtung, Navigation sowie Forschung). Bemannte Starts erfolgen derzeit mit russischen Sojus-, und chinesischen Chang Zheng-Raketen.

Folie 32:

Bemannte Versorgungsflüge zur Internationalen Raumstation erfolgen derzeit ausschließlich mit den russischen Sojus-Raketen. Die Flüge der amerikanischen Raumfähren (Space Shuttle) wurden im Jahr 2011 eingestellt. Europa sorgte zwischen 2008 und 2015 mit fünf Flügen des unbemannten Raumtransporters ATV (Automated Transfer Vehicle) für Nachschub auf der Internationalen Raumstation.

Weitere unbemannter Versorgungsflüge erfolgen mit den unbemannten Transportern HTV (Japan), Progress (Russland), Dragon (USA) und Cygnus (USA).

China bringt mit Chang Zheng-Raketen eigene bemannte Raumschiffe namens Shengzhou ins All. Sie docken nicht an der Internationalen Raumstation an.

Folie 33:

Vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou in Französisch-Guayana starten die Trägerraketen Ariane, Sojus und VEGA.

Für den Transport von Satelliten bis zu neun Tonnen in eine geostationäre Transferbahn (GTO) bzw. von unbemannten oder bemannten Raumflugkörpern mit einer Masse von bis zu 18 Tonnen in einen niedrigen Erdorbit (LEO) wurden Ende der 1990er Jahre die bislang schubstärkste europäische Trägerrakete - die Ariane 5 - entwickelt. Seit dem Jahr 2005 können mit ihr zwei Satelliten auf einmal gestartet werden. Die Ariane 5 ES verfügt über eine bei Airbus Defence and Space in Bremen gebaute wiederzündbare Oberstufe EPS. Mit ihr wurde unter anderem Europas unbemannter Raumfrachter ATV (rund 20 Tonnen) auf den Weg zur Internationalen Raumstation gebracht. Telekommunikationssatelliten beispielsweise werden mit der kryogenen Oberstufe ESC-A befördert. Die französisch-italienischen VEGA-Raketen können Satelliten mit einer Masse von maximal 1,5 Tonnen in niedrigen Erdorbits (maximal 700 Kilometer) bringen.

Die Lücke zwischen dem Schwerlasttransporter Ariane-5 und der deutlich kleineren VEGA-Rakete füllt die russische Sojus-Rakete, die seit 2010 auch von Startzentrum Kourou aus gestartet wird. Vermarktet werden die Starts ebenso vom Unternehmen Arianespace.

Folie 34:

Seit vier Jahrzehnten sichern Ariane-Raketen Europas uneingeschränkten Zugang zum Weltraum. An der Produktion der Ariane 5 sind hunderte Firmen aus Europa beteiligt, und eine davon ist als Hauptauftragnehmer verantwortlich für das Gesamtprodukt: Airbus Safran Launchers.

Deutsches Know-how steckt beispielsweise in der Schubdüse des Haupttriebwerkes, den beiden Starthilfen und in der dritten Raketenstufe. Die Ariane-Raketen befördern die meisten kommerziellen Nachrichtensatelliten ins All. Internationaler Vermarkter der Ariane-Startaufträge ist das Unternehmen Arianespace mit Gesellschaftern in zehn europäischen Ländern.

Folie 35:

Europas Raketen starten in Kourou, an der Atlantikküste von Französisch Guyana in Südamerika. Der Weltraumbahnhof ist nur rund 500 Kilometer vom Äquator entfernt. Das hat den Vorteil, den Schwung aus der Erdrotation optimal für den Start mitnutzen zu können. Derzeit sind drei Startrampen in Betrieb.

Folie 36:

Seit 1957 erfolgten weltweit nahezu 5000 Satellitenstarts. Weniger als 800 Erdsatelliten sind derzeit noch in Betrieb. Um ein Vielfaches größer ist die Zahl der Weltraumtrümmer, die nur langsam absinken und dann in der Atmosphäre verglühen. Eine Quelle von Weltraummüll waren früher auch die Raketenoberstufen. Heute wird das vermieden, indem man unverbrannte Resttreibstoffe ablässt und die Oberstufen (weitgehend) zum Verglühen beim Absturz über dem Meer bringt.

Folie 37:

Um das Jahr 2020 soll die Ariane 6 zum ersten Mal starten. Bis 2023 soll sie dann die Starts der Ariane 5 und der Sojus in Kourou ablösen. Weltweit wird daran gearbeitet, die Wirtschaftlichkeit der Trägerraketen weiter zu verbessern und Teilkomponenten wie beispielsweise die in den Herstellungskosten sehr teuren Flüssigkeitstriebwerke wiederzuverwenden. Konkrete Pläne gibt es für die US-Raketen Falcon und Vulcan. Das Konzept der teilweisen Wiederverwendbarkeit von Raketen wurde auch von Airbus Defence and Space im Rahmen der Weiterentwicklung der Ariane 6 untersucht. Stichwort: Projekt Adeline.

Folie 38:

Bislang gab es nur zwei teilweise wiederverwendbare Raumfähren, die amerikanischen Space Shuttle und den russischen Buran, der jedoch nur einen einzigen Testflug absolvierte.

In Europa und Deutschland wurden viele grundlegende Arbeiten zu Raumfähren durchgeführt. 2004 wurde das unbemannte deutsche Raumtransporter-Modell „Phoenix“ mit automatischem Testflug und selbständiger Landung in Nordschweden erfolgreich getestet. Des Weiteren wurden Atmosphären-Eintrittsuntersuchungen mit anderen Grundmodellen (u.a. SHEFEX und IXV) durchgeführt. Konkrete Pläne für den Bau einer bemannten Raumfähre gibt es derzeit in Europa nicht.

Folie 39:

In den kommenden Jahren sollen auch Nicht-Berufsastronauten die Chance erhalten, einen Ausflug bis an die Grenze des Weltraums zu unternehmen. Mehrere Unternehmen arbeiten an Projekten für suborbitale Raumflüge, z.B. SpaceShip 2 (Virgin Galactic) und Lynx (XCOR). Auch bei Airbus Defence and Space wurden Studien für ein Spaceplane Project durchgeführt. Bislang gab es nur wenige private Fluggelegenheiten mit Sojus zur Internationalen Raumstation oder die Möglichkeit, mit einem russischen Kampffjet bis an den Rand zum Weltraum zu fliegen. Kurzzeitig Schwerelosigkeit erleben können darüber hinaus Wissenschaftler auf Parabelflügen eines speziell umgebauten Flugzeugs.

Folie 40:

Zukünftig könnte es Alternativen zu Trägerraketen geben. Beispiele dafür sind:

Tether (Seilverbindung)

Fliegen zwei Raumkörper auf unterschiedlichen Höhen um die Erde, ist der obere schneller als der untere. Verbindet man beide miteinander und löst dann diese Verbindung, wirkt dies wie eine Schleuder für den oberen Körper, der so ohne eigenen Antrieb höher auf eine andere gewünschte Bahn gelangen kann.

Weltraumaufzug

Auf der Erde wird ein „Seil“ befestigt und am anderen Ende etwa eine Station in 36.000 Kilometern Höhe. Durch die Erdrotation bleibt das „Seil“ gespannt und kann als tragendes Element eines „Fahrstuhls“, der vergleichsweise wenig An Schub benötigt, verwendet werden. Mit diesem Lift könnten Satelliten befördert werden, die dann mit eigenem Antrieb von der Station aus ihre finale geostationäre Position erreichen, aber auch Menschen, die von der Station am Ende mit Raumschiffen weiterfliegen wollen, etwa zum Mond oder sogar zum Mars und noch weiter.

Photonenrakete

Laserstrahlen werden auf einen Spiegel am Boden einer Rakete fokussiert. Dadurch entsteht aus der Luft unter der Rakete ein Plasma, das heißer als die Sonnenoberfläche ist. Es liefert den Rückstoß, der die Rakete vorantreibt.

Magnetisches Katapult (Maglev)

Elektromagnetische Katapulttechnik. Die Rakete wird ähnlich wie der Transrapid auf einem Magnetskissen schwebend auf einem schräg nach oben weisenden Katapult beschleunigt.

Nuklearantrieb

Flüssiger Wasserstoff, wird in einem Kernreaktor auf über 1500 Grad Celsius erhitzt und strömt unter hohem Druck aus der Raketendüse aus.

Antimaterie-Antrieb

Beim Kontakt von Protonen und Antiprotonen zerstrahlen die Teilchen unter Freisetzung von Energie. Sie ist mehrere Millionen Mal größer als die Energie, die chemische Antriebe liefern, sogar noch größer als die Energie aus Kernfusion. Eine Antimaterie –Menge von der Größe einer Tablette könnte ein Raumschiff bewegen. Milliarden Antimaterie-Teilchen werden rund um die Erde vermutet, also mehr als ausreichend, um Tankstellen im All für Antimaterie-getriebene Raumschiffe zu betreiben.

Warpantrieb

Hypothetischer Antrieb. Statt selbst von einem Stern zum nächsten zu reisen, verbiegt der Warp-Antrieb den Weltraum in der Umgebung des Raumschiffes. In Flugrichtung wird der Raum verkürzt in Gegenrichtung gestreckt. Bislang ein reines Science-Fiction-Modell.