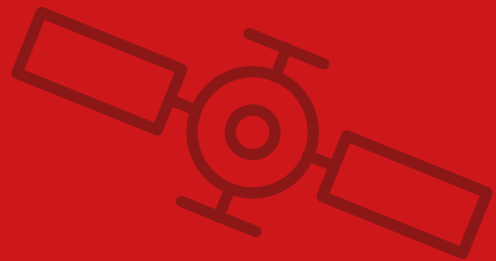


# Erdbeobachtung



# 1 Wie funktioniert ein Satellit?

Die Bewegungen der Satelliten um die Erde sind das Ergebnis der Erdanziehungskraft. Der Einschuss eines Satelliten in seine Umlaufbahn gehorcht den physikalischen Grundgesetzen. Die Flugbahn hängt von der Ausgangsgeschwindigkeit des Satelliten ab. Ist seine Geschwindigkeit zu gering, beschreibt er eine Parabel und fällt auf die Erde zurück.

Um auf einer Flugbahn in 800 km Höhe kreisen zu können, muss seine Ausgangsgeschwindigkeit bei ca. 7,5 km pro Sekunde liegen. Erreicht die Geschwindigkeit ca. 11 km pro Sekunde (Fluchtgeschwindigkeit), entfernt sich das Raumfahrzeug (z. B. eine Raumsonde) immer weiter von der Erde. Da die Anziehungskraft der Erde (Schwerkraft) die Zentrifugalkraft (Fliehkraft) ausgleicht, kann ein Satellit über einen langen Zeitraum hinweg die gleiche Umlaufbahn einhalten. Da sich die Umlaufbahn der Satelliten außerhalb der Atmosphäre befindet, sind sie keinem bremsenden Luftwiderstand ausgesetzt und ihre Geschwindigkeit bleibt in einer stabilen Erdumlaufbahn viele Jahre lang konstant.

Ein Satellit umkreist die Erde allein aufgrund der von ihr ausgehenden Schwerkraft. Die mitgeführten Treibstoffreserven werden nur eingesetzt, um kleine Bahn- oder Höhenkorrekturen vorzunehmen.

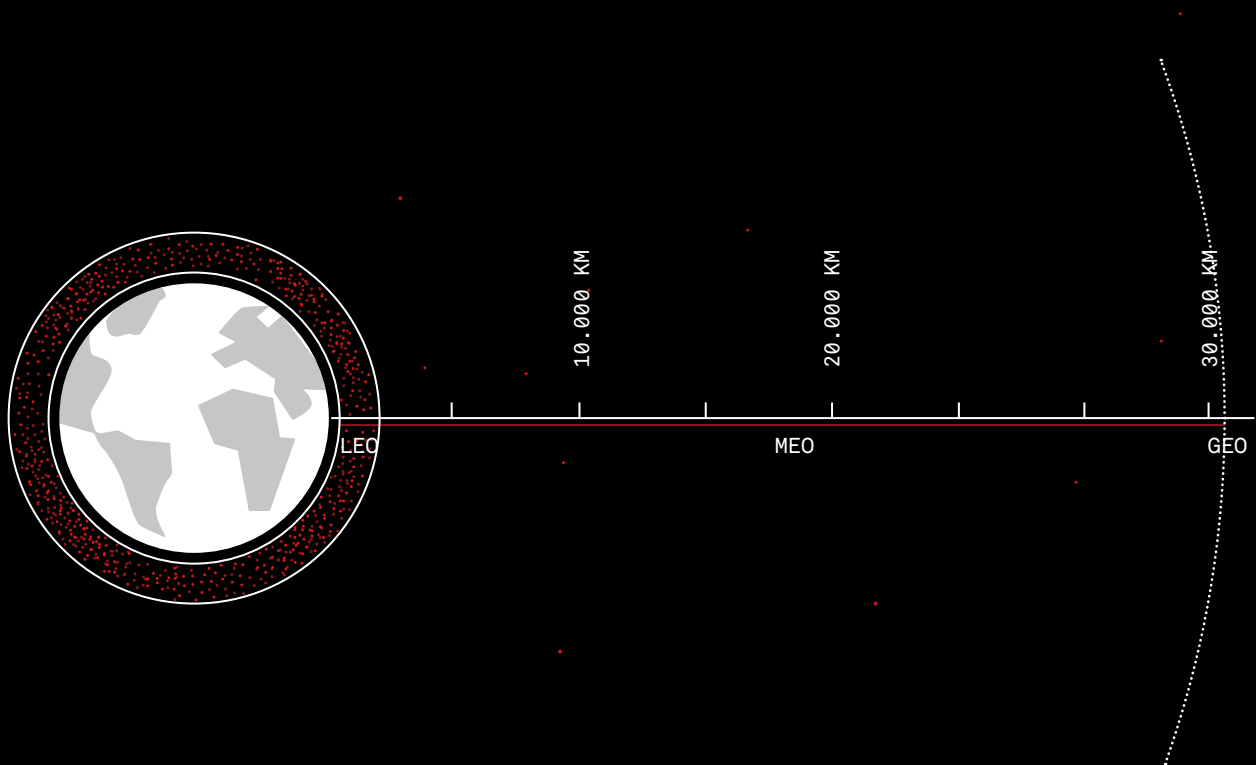
Der Einfluss der Schwerkraft verringert sich, je weiter man sich von der Erde entfernt, während die Zentrifugalkraft mit der Geschwindigkeit des Satelliten in der Umlaufbahn steigt. Daher wirkt auf einen Satelliten in erdnahe Umlaufbahn eine vergleichsweise hohe Anziehungskraft, die durch schnelle Bewegung entlang der Umlaufbahn zur Erzeugung der benötigten Zentrifugalkraft ausgeglichen werden muss. Folglich besteht eine direkte Beziehung zwischen dem Abstand zur Erde und der Umlaufgeschwindigkeit eines Satelliten. In einer Höhe von 36 000 km beträgt die Umlaufzeit 24 Stunden und entspricht damit genau der Erdumdrehungszeit. Ein solcher Satellit, der über dem Äquator „steht“, bewegt sich also in Bezug auf die Erde nicht, er ist „geostationär“.

Satelliten, die sich in einer polaren Umlaufbahn befinden, überfliegen die Polargebiete in einer Höhe von 700 bis 800 km und sind mit entsprechend breiten Aufnahmestreifen in der Lage, innerhalb weniger Tage die gesamte Erdoberfläche abzudecken. Geostationäre Umlaufbahnen werden insbesondere von Telekommunikations- und Wettersatelliten genutzt. Drei geostationäre Satelliten mit einem Winkelabstand von  $120^\circ$  zum Erdmittelpunkt decken die gesamte Erdoberfläche ab.

Satellit

(lat. Begleiter)

Entsprechend den drei Höhenbereichen unterscheidet man zwischen GEO-, MEO- und LEO-Satelliten.



#### LEO

LOWER EARTH ORBIT

200-2.000 KM

- \_ Spionagesatelliten
- \_ astronomische Satelliten
- \_ Erderkundungs- und Wettersatelliten
- \_ Amateurfunksatelliten
- \_ Globale Kommunikations-satelliten
- \_ Forschungs- und Technologie-erprobungssatelliten
- \_ ISS

#### MEO

Middle EARTH ORBIT

2.000-35.768 km

- \_ Navigationssatelliten wie GPS, Galileo oder GLONASS

#### GEO

GEOSTationary Orbit

35.768 km

- \_ Meteorologische Satelliten
- \_ Kommunikations-satelliten
- \_ Satelliten für TV-Übertragung

## 2 Aus wie vielen Teilen besteht ein moderner Satellit?

Grundsätzlich besteht ein Satellit aus dem **Nutzlastmodul** und aus dem **Service modul**.

Das **Nutzlastmodul** beinhaltet sämtliche Messgeräte die er auf seiner, ihm von den Konstrukteuren zugedachten Mission, benötigt.

Das **Service modul** beinhaltet in der Regel den notwendigen Antrieb, die Steuer- einheiten sowie die Kommunikationsanlagen damit der Satellit auch von den Institutionen der „ESA“ gesteuert werden kann und das gesammelte Datenmaterial zur Bodenstation übermittelt wird.

## 3 Wie erfolgt der Bau, welche Bauteile werden verwendet?

Bauteile werden in Produktionsstätten verteilt in Europa hergestellt (meist maßangefertigt) und nur selten kann auf genormte Bauteile (als Bestandteile der Komponenten) zurückgegriffen werden.

### KOMPONENTEN (SUBSYSTEMS)<sup>1</sup>:

- \_ Höhen und Orbit Kontrolle
- \_ Gehäuse und mechanische Teile  
(typische Materialien: Aluminium, Beryllium, Magnesium, Stahl, Titan, oder Carbonfasern) → so leicht wie möglich
- \_ Antrieb
- \_ Isolierung
- \_ Payload/ wissenschaftliches Equipment
- \_ On board Data Handling
- \_ Energieversorgung  
(solar, chemisch, nuklear)
- \_ Antennen (die Verbindung zur Bodenstation ermöglichen)
- \_ Telemetrie, Tracking & Command (TT&C)

## 4 Braucht ein Satellit Treibstoff?

Ja. Es wird Treibstoff benötigt, um nach der Trennung von der Trägerrakete in den finalen Orbit einzuschwenken. Außerdem sind immer wieder Korrekturen des Orbits notwendig um zum Beispiel Kollisionen mit anderen Satelliten (→ space debris) zu vermeiden.

### ANTRIEBSSYSTEME SIND UNTER ANDEREM <sup>1</sup>

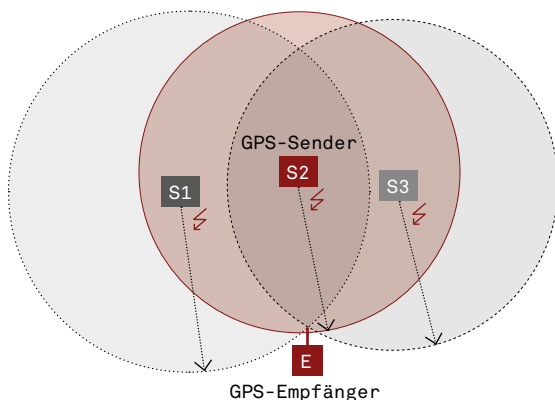
Kaltgasdüsen (stark komprimiertes Gas)

- \_ Feststoffraketen
- \_ Raketen mit flüssigem Antrieb
- \_ Ionenantrieb (zu wenig Rückstoß um von der Erde wegzukommen, aber gut für Orbitkorrekturen etc.)

## 5 Wie werden Satelliten gesteuert und an welchen Daten orientiert sich die Steuerung (z. B. Koordinaten)?

### Grundprinzipien der Satelliten- Navigation, GPS

„Bei der GPS-Positionsbestimmung kommen keine Richtantennen zum Einsatz. Der GPS-Empfänger besitzt eine **ungerichtete Antenne**. Dies könnte zum Beispiel eine **Patch-Antenne** (rechteckige Metallfläche mit Kantenlänge= $\lambda/2$  → halbe Wellenlänge) sein. Die Positionen des Empfängers wird aus der im Funksignal mitgeschickten **Position der Satelliten** und der **Laufzeit der Funksignale** berechnet.



### Koordinaten

„In einem geozentrisch definierten 3D-Koordinatensystem ist ein Punkt durch die Angabe von drei Koordinaten (x, y, z) eindeutig bestimmt. Um die Ortskoordinaten der Empfängerposition zu bestimmen, sind drei Gleichungen erforderlich. Sie ergeben sich aus den Entfernungen zu den drei Kugelmittelpunkten (den Satelliten). Die Lösung der Gleichungen ist in realen Fällen immer

### GPS-Positionsbestimmung entnommen aus

Die zu ermittelnde GPS-Position liegt nicht im Schnittpunkt von Geraden, sondern im Schnittpunkt bzw. **Schnittraum von drei oder mehr Kugel-Oberflächen**: Es werden mindestens drei Satelliten benötigt, um die Position im Raum berechnen zu können. Genau genommen sind es sogar vier, da die GPS-Empfänger ansonsten sehr genaue Referenzuhren haben müssten. Stattdessen dient einer der **Satelliten als Zeitreferenz**.

Bei guten Empfangsbedingungen werden meist mehr als acht Satelliten in die Positionsberechnung einbezogen. Je mehr Satelliten ausgewertet werden können, desto genauer ist die Positionsberechnung. Gängige GPS-Empfänger können **12-14 Satelliten gleichzeitig empfangen**<sup>2</sup>.

möglich (der theoretische zweite Schnittpunkt entfällt, weil er weit von der Erdoberfläche entfernt liegt). Würden beliebige Orte und Entfernungen vorgegeben, so gibt es keine Lösung, wenn sich die Kugeloberflächen nicht schneiden – was bei realen Aufgaben der Satellitennavigation aber immer der Fall ist“<sup>3</sup>.

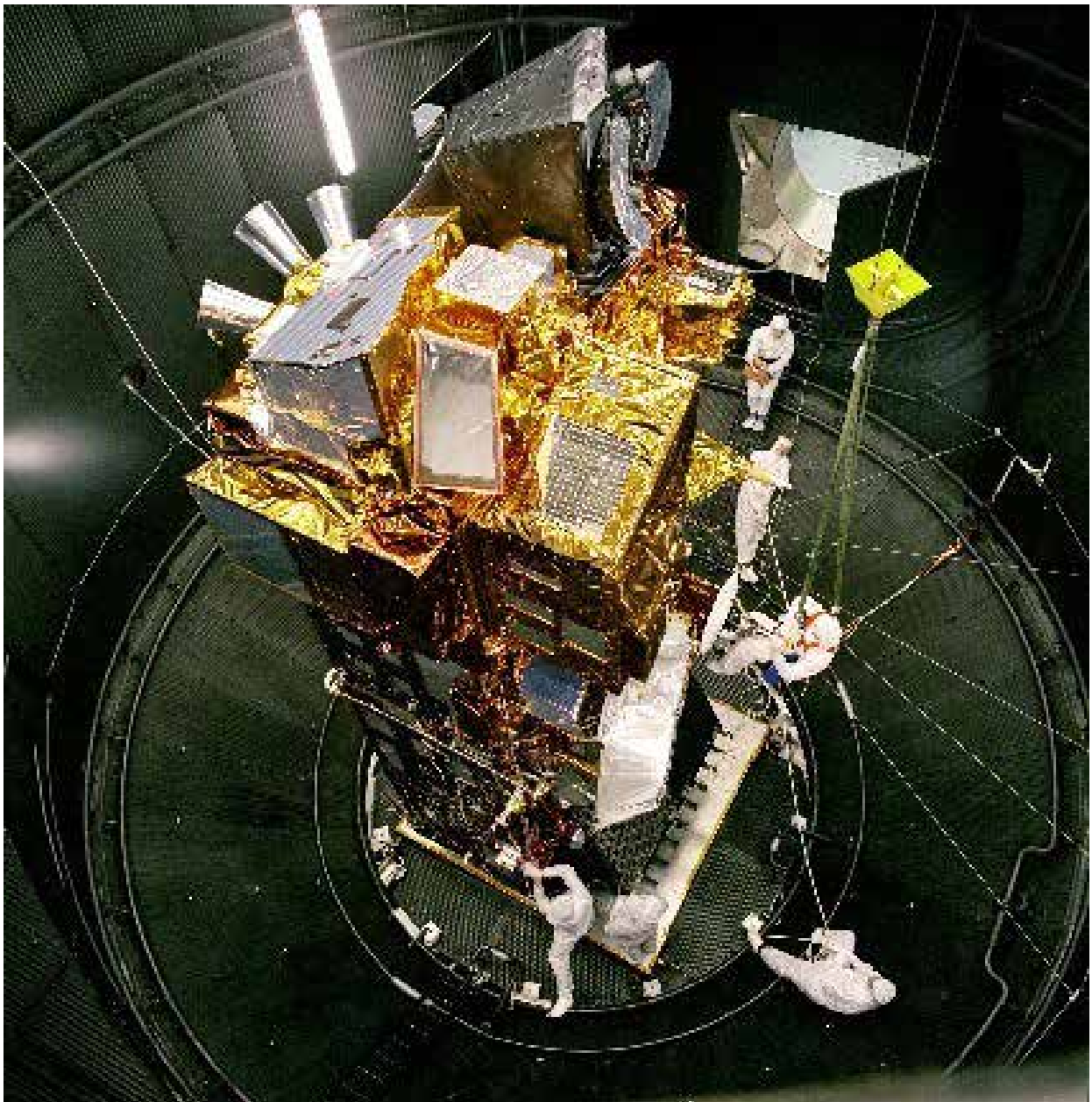
## 6 Wo werden Satelliten gebaut und wie werden sie getestet?

Allein in Europa gibt es eine Vielzahl an Produktionsstätten, in denen immer nur einzelne Komponenten des Gesamtpakets hergestellt werden. Theoretisch können sogar Schüler einen kleinen Satelliten bauen und testen – hierfür gibt es auch Bewerbe der ESA<sup>4</sup>.

Produktionsstätte wäre z. B.:  
Berndorf-NÖ: RUAG Space GmbH,  
Hochleistungsthermalisolation<sup>5</sup>

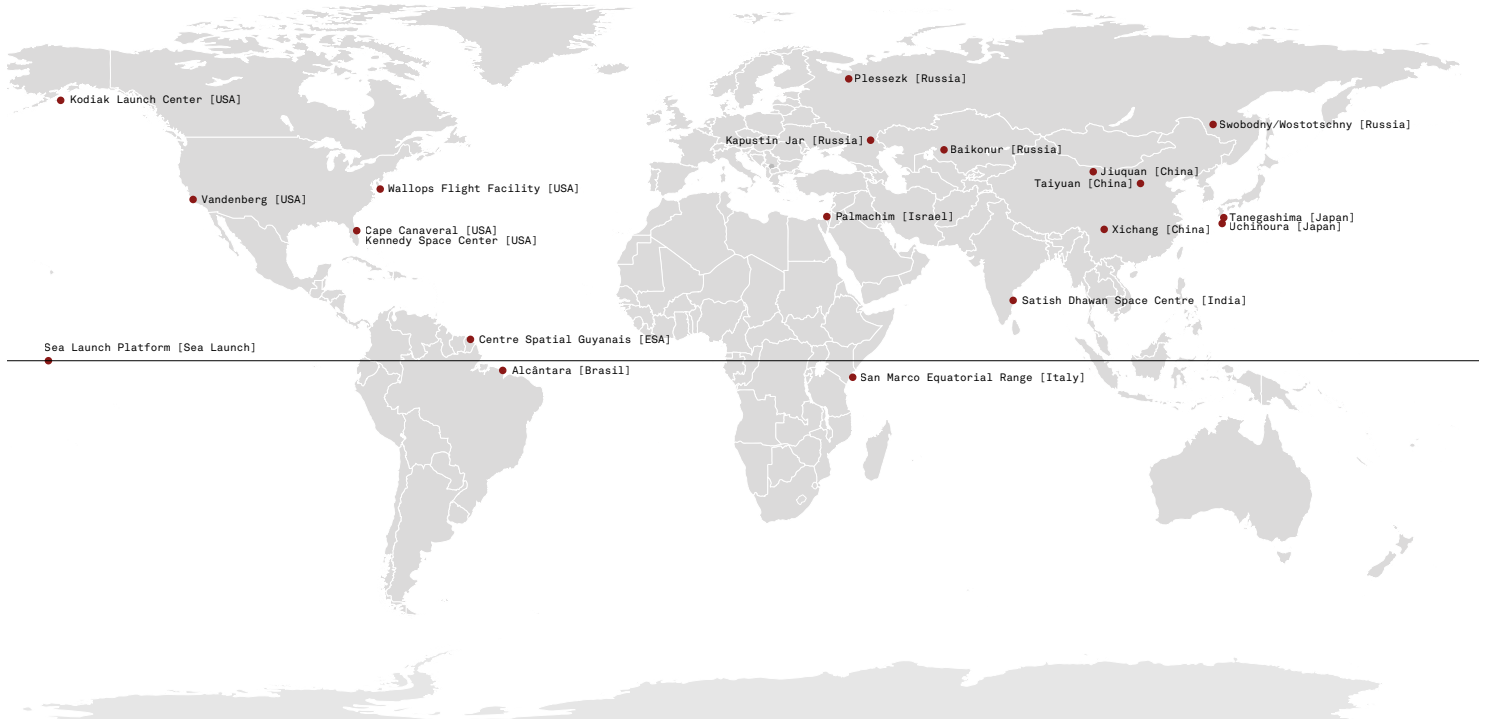
Gebaut und getestet werden diese großen Satelliten bei Raumfahrtorganisationen oder großen Firmen in großen Hallen wo Reinraum-Bedingungen vorliegen.

Die Vakuumkammern zum Testen, die man auch heizen und kühlen kann (von -100°C bis zu +100°C) haben da bis zu Wohnzimmer oder Turnsaal Größe. Startkosten: 30.000-50.000 pro kg in den niedrigen Erdorbit.“

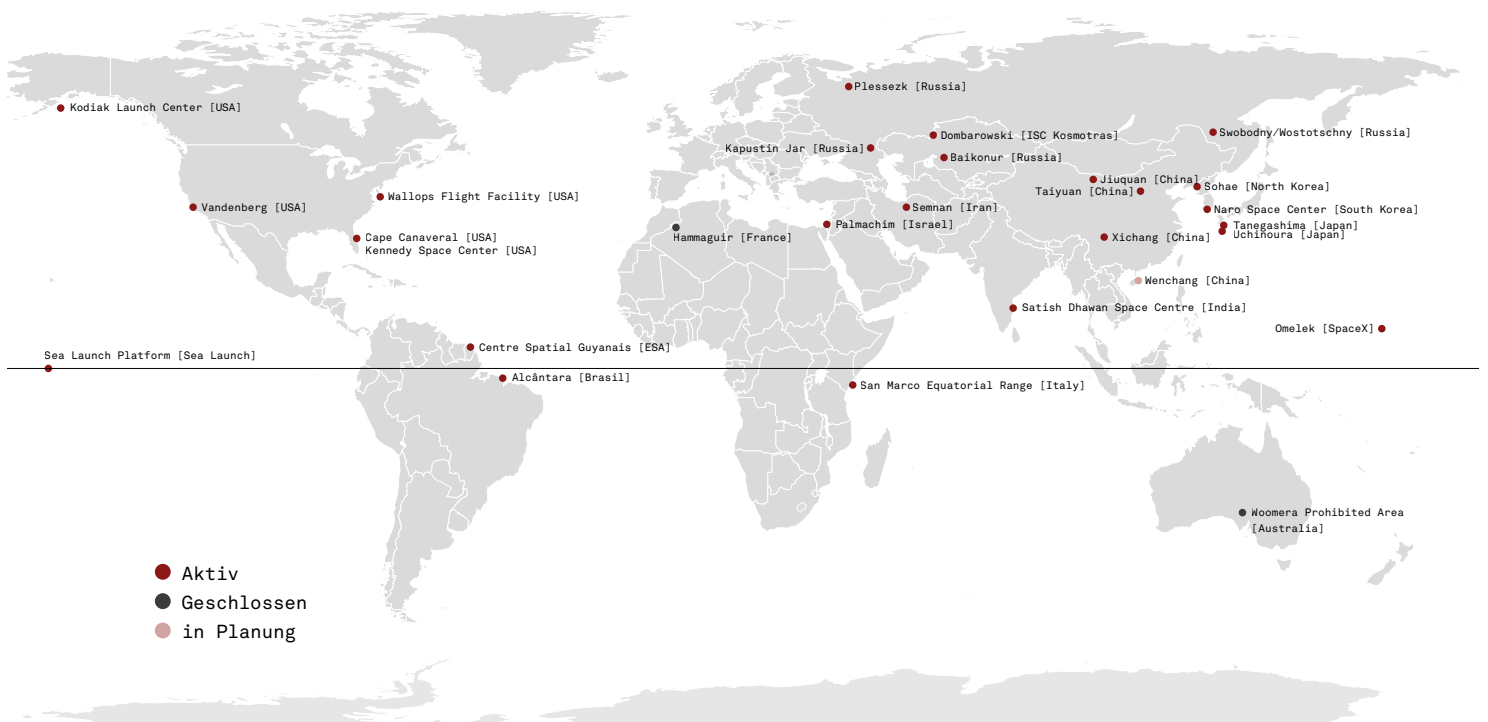


## 7 Von wo werden Satelliten gestartet und wieso von dort?

Hier gibt es natürlich einen Zusammenhang mit ehemaligen, aufgelassenen Militärstützpunkten, wodurch die notwendige Infrastruktur bereits vorhanden und für zivile Satellitenstarts verwendet werden können.



Weltraumbahnhöfe Stand 2006



Weltraumbahnhöfe Stand 29.12.2013

NAME	LAND, REGION/PROVINZ	BETREIBER	KOORDINATEN	ERSTER ORBITALSTART	BEMERKUNG
BAIKONUR	Kasachstan, Qysylorda	Russland	645° 55' N, 63° 18' O	4. Okt. 1957	Erster orbitaler Start weltweit
CAPE CANAVERAL AIR FORCE STATION (CCAFS)	USA, Florida	US Air Force	628° 29' N, 80° 35' W	31. Jan. 1958	Suborbital: 1. Dez. 1955, Orbitaler Fehlstart 6. Dez. 1957
CENTRE SPATIAL GUYANAIS (CSG)	Frankreich, Französisch-Guayana	Europäische Welt- raumorganisation (ESA)	65° 13' N, 52° 45' W	6. Feb. 1975	Suborbital: 9. Apr. 1968, orbitaler Fehlstart 5. Nov. 1971
CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCANTARA (CLA)	Brasilien, Maranhão	Brasilien	62° 22' S, 44° 24' W		Fehlstarts: 2. Nov. 1997 und 11. Dez. 1999
DOMBAROWSKI	Russland, Oblast Orenburg	ISC Kosmotras	651° 2' N, 59° 52' O	12. Juli 2006	
HAMMAGUIR	Algerien, Hammaguir	Centre interarmées d'essais d'engins spéciaux	630° 52' N, 3° 0' W	26. Nov. 1965	seit 1967 nicht mehr in Betrieb
IMAM KHOMEINI SATELLITE LAUNCH CENTER	Iran, Provinz Semnan	Iranische Weltraum- agentur	635° 16' N, 53° 57' O	2. Feb. 2009	
KAPUSTIN JAR	Russland, Oblast Astrachan	Russland	648° 35' N, 45° 45' O	16. Mär. 1962	
KAUAI TEST FACILITY (KTF)	USA, Hawaii	Sandia National Laboratories	622° 3' N, 159° 47' W		Orbitaler Fehlstart 4. Nov. 2015
KENNEDY SPACE CENTER (KSC)	USA, Florida	NASA	628° 35' N, 80° 39' W	9. Nov. 1967	
KODIAK LAUNCH COMPLEX (KLC)	USA, Alaska	Alaska Aerospace Development Corporation	657° 26' N, 152° 20' W	30. Sep. 2001	Suborbital: 6. Nov. 1999
KOSMODROM JIUQUAN	Volksrepublik China, Gansu	Volksrepublik China (VR China)	640° 57' N, 100° 18' O	24. Apr. 1970	Suborbital: 1. Sep. 1960, orbitaler Fehlstart: 16. Nov. 1969
KOSMODROM TAIYUAN	Volksrepublik China, Shanxi	Volksrepublik China (VR China)	638° 51' N, 111° 36' O	6. Sep. 1988	Suborbital: 1. Mai 1985
KOSMODROM WENCHANG	Volksrepublik China, Hainan	Volksrepublik China (VR China)	619° 38' N, 110° 57' O		noch nicht in Betrieb
KOSMODROM XICHANG	Volksrepublik China, Sichuan	Volksrepublik China (VR China)	628° 12' N, 102° 4' O	8. Apr. 1984	Fehlstart: 29. Jan. 1984
KWAJALEIN MISSILE RANGE	Marshallinseln Kwajalein-Atoll	SpaceX	69° 3' N, 167° 45' O	28. Sep. 2008	Suborbital: 15. Nov. 1961; orbitaler Fehlstart 24. Mär. 2006
NARO SPACE CENTER	Südkorea, Jeollanam-do	Südkorea	634° 26' N, 127° 32' O	30. Jan. 2013	Teilweise erfolgreicher Start 25. Aug. 2009
PALMACHIM	Israel, Zentralbezirk	Isr. Verteidigungsstreitkräfte und Isr. Raumfahrtorganisation (ISA)	631° 53' N, 34° 41' O	19. Sep. 1988	Suborbital: 01. Mai 1987
PLESSEZK	Russland, Oblast Archangelsk	Russland	662° 56' N, 40° 27' O	17. Mär. 1966	
SAN-MARCO-PLATTFORM SAN MARCO EQUATORIAL RANGE (SMER)	Kenia Kenia nahe Malindi, vor der Küste Kenias	Italien	62° 56' S, 40° 13' O	26. Apr. 1967	Suborbital: 25. Mär. 1964, nicht mehr in Betrieb
SATISH DHAWAN SPACE CENTRE (SHAR)	Indien, Andhra Pradesh	Indian Space Research Organisation (ISRO)	613° 43' N, 80° 14' O	18. Juli 1980	Suborbital: 9. Okt. 1971
SEA-LAUNCH-PLATTFORM	Internationale Gewässer	Sea Launch	60° 0' N, 154° 0' W	28. Mär. 1999	Mobile Startplattform
SOHAE	Nordkorea, P'yöngan-pukto	Nordkorea	639° 40' N, 124° 42' O	12. Dez. 2012	Orbitaler Fehlstart: 12. Apr. 2012
SWOBODNY	Russland, Oblast Amur	Russland	651° 44' N, 128° 5' O	4. Mär. 1997	Seit 2006 nicht in Betrieb
TANEGASHIMA SPACE CENTER	Japan, Präfektur Kagoshima	Japanische Raumfahrtagentur (JAXA)	630° 23' N, 130° 57' O	9. Sep. 1975	Suborbital: 19. Sep. 1968
UCHINOURA	Japan, Präfektur Kagoshima	Institute of Space and Astronautical Science (ISAS)	631° 15' N, 131° 5' O	11. Feb. 1970	Suborbital: 1. Aug. 1962, orbitaler Fehlstart: 26. Sep. 1966
VANDENBERG AIR FORCE BASE (VAFB)	USA, Kalifornien	US Air Force	634° 44' N, 120° 35' W	28. Feb. 1959	
WALLOPS FLIGHT FACILITY(WFF)	USA, Virginia	NASA	637° 50' N, 75° 29' W	16. Feb. 1961	
WOOMERA PROHIBITED AREA(WPA)	Australien, South Australia		631° 12' S, 136° 50' O	29. Nov. 1967	nur noch Startplatz für Höhenforschungsraketen
WOSTOTSCHNY	Russland, Oblast Amur	Russland	651° 49' N, 128° 15' O	28. Apr. 2016	

Alle in der obigen Tabelle verzeichneten Weltraumbahnhöfe, Stand 29. Dezember 2013.



## 8 Wie groß sind Satelliten und welche Entfernung haben sie zur Erde?

Der größte Umweltsatellit war Envisat (Environmental Satellite). Er ist ein etwa acht Tonnen schwerer Umweltsatellit der Europäischen Weltraumorganisation (ESA). Er wurde 2002 gestartet und arbeitete bis 2012. Seine wichtigsten Aufgaben waren 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 und der größte (25 x 10 x 7 m) jemals geflogene Erdbeobachtungssatellit.

MetOp ist mit ca. etwas über 4 Tonnen Gewicht leichter und auch von den Abmessungen mit 17 x 7 x 4 m kleiner als ENVISAT.

Hinsichtlich der Entfernung zur Erde unter-

scheidet man zwischen zwei Typen von Satelliten. Die einen sind sogenannte „geostationäre Satelliten“. Diese sind in einer Entfernung von bis zu 36.000 km im 90 Grad Winkel zum Äquator ausgerichtet und drehen sich mit der Erdrotation mit.

Die anderen befinden sich in einer „polaren Umlaufbahn“ in Höhen von 240 bis ca. 800 km und umkreisen die Erde von Pol zu Pol. Für eine Umrundung benötigen sie je nach Höhe ca. 90 bis 100 Minuten. Durch die Erdrotation überfliegt er bei jeder Umrundung ein anderes Gebiet des Planeten. Je nach Abtastbreite der Instrumente hat er somit in 5 bis 9 Tagen den gesamten Planeten beobachtet.

## 9 Wie groß ist der größte Satellit?



**ENVISAT** (Environmental Satellite) ist ein etwa acht Tonnen schwerer Umweltsatellit der Europäischen Weltraumorganisation (ESA), der 2002 gestartet wurde und bis 2012 arbeitete. Seine wichtigsten Aufgaben waren die ständige Überwachung des Klimas, des Ozeans, der Landfläche bzw. allgemein des Ökosystems der Erde. Mit Gesamt-

kosten von 2,3 Milliarden Euro war er der bisher teuerste Satellit der ESA und der größte (25 x 10 x 7 m) jemals geflogene Erdbeobachtungssatellit.

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 Elektroniknutzlastbuchse PEB zur Polaren Plattform. Astrium France lieferte das Servicemodul und weitere Instrumente.

## 10 Wie teuer ist ein Satellit?

Ein großer Kostenfaktor ist der Transport in den Orbit. Die kleinste Platzeinheit auf einer Rakete eines privaten Unternehmens kostet ca. 77.000 USD <sup>6</sup>, will man z. B. mit SpaceX Falcon 9 5.5 Tonnen in den GTO (Geo Transfer Orbit) transportieren, so muss man 62 Mio. \$ parat haben <sup>7</sup>.

### Kleine Satelliten

z. B. **CubeSats** (10x10x10cm, 1 kg) können durchaus von Amateuren um ca. € 20.000-30.000 am Küchentisch zusammengebaut werden.

Dazu kommen noch die Startkosten ins LEO (Low Earth Orbit, ca. 300-600 km Höhe) von derzeit € 30.000-50.000 pro kg.

Wenn man das von der professionellen Seite angeht, dann kostet ein 2U CubeSat (10x10x20cm, 2 kg, so wie Pegasus) ca. € 30.0000-40.0000.

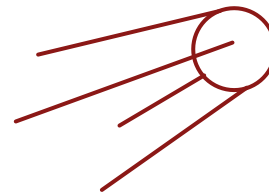
Das kann man noch in einem kleinen Elektronik und Mechanik Labor entwickeln und zusammenbauen (etwa an Unis).

Getestet wird das ganze in einer kleinen thermischen Vakuumkammer und einem Rütteltisch (diese sind da im Preis imbegriffen). Als Startkosten schlagen etwa € 80.000 zu Buche. (so siehts bei Pegasus aus)

### Große Satelliten

haben Entwicklungskosten von bis zu ein paar 100 Millionen. Da gehts um die Größe und welche Mission der erfüllen soll. Von ca. 100 kg bis zu 1500 kg ist da alles drinnen.

→ Siehe auch Frage 9 am Beispiel „ENVISAT“



## 11 Wie lange gibt es diese Satelliten schon?

Der erste Satellit trug den Namen **SPUTNIK 1** und wurde am 04. Okt. 1957 vom damaligen russischen (kassachichischen) Weltraumflughafen „Baikonur“ gestartet.

Dieser Sputnik – späteres Synonym für alle sowjetischen Satelliten, auch der Kosmos-Serie und anderer „Sputniks“ – wog 83,6 Kilogramm und damit fünfmal mehr als der US-Explorer 1 vom 31.1. 1958 und war eine mit Stickstoff gefüllte, hochglanzpolierte Aluminiumkugel.

Sie bestand aus zwei Millimeter starkem Blech aus einer Aluminiumlegierung AlMg6T, hatte 58 cm Durchmesser, und zwei Antennenpaare (je 2,4 bzw. 2,9 Meter lang). Der Satellit trug zwei Funksender vom Typ D 200 mit einem Watt Leistung für codierte Kurzwelligensignale.

## 12 Wie weit konnten Satelliten in das Weltall vordringen?

Voyager 1 ist sie das am weitesten von der Erde entfernte von Menschen gebaute Objekt überhaupt und wird diesen Status auf absehbare Zeit auch behalten.

Voyager 1 ist eine Raumsonde der NASA zur Erforschung des äußeren Planetensystems und des interstellaren Raums im Rahmen des Voyager-Programms.

Sie wurde am 5. September 1977 vom Launch Complex 41 auf Cape Canaveral mit einer Titan-III-E-Centaur-Rakete gestartet.

Ihre identisch aufgebaute Schwester-sonde Voyager 2 war bereits 16 Tage früher auf einer anderen Flugbahn gestartet. Voyager 1 flog zunächst die Planeten Jupiter und Saturn an und trat ungefähr im August 2012 als erstes von Menschen erzeugtes Objekt in den interstellaren Raum ein.

Die Mission der Voyager 1 gilt als einer der größten Erfolge der NASA und der Raumfahrt allgemein. Die Sonde sendet noch heute regelmäßig Daten zur Erde. Außerdem ist sie das am weitesten von der Erde entfernte von Menschen gebaute Objekt überhaupt und wird diesen Status auf absehbare Zeit auch behalten. Zurzeit (15. Juni 2016) ist Voyager 1 ca. 135,20 Astronomische Einheiten (AE) von der Sonne entfernt. Das sind etwa 20,23 Milliarden Kilometer. Jährlich nimmt die Entfernung um rund 3,6 AE (ca. 540 Mio. km) zu, dies entspricht einer Geschwindigkeit von etwa 61.000 km/h. Von der Erde aus betrachtet befindet sich Voyager 1 im Sternbild Schlangenträger.

### URSPRÜNGLICHE MISSIONSZIELE

Die Voyager-Sonde hatten keinen besonderen Forschungsschwerpunkt.

Da es zu diesem Zeitpunkt erst wenige Erkenntnisse über die äußeren Planeten gab, sollten diese ausgebaut werden.

Daher waren die ursprünglichen Missionsziele relativ weit gefasst:

- Untersuchung der Atmosphäre von Jupiter und Saturn im Hinblick auf Zirkulation, Struktur und Zusammensetzung
- Analyse der Geomorphologie, Geologie und Zusammensetzung der Monde
- genauere Bestimmung der Masse, Größe und Form der Planeten, aller Monde und Ringe Untersuchung diverser Magnetfelder im Hinblick auf ihre Feldstruktur
- Analyse der Zusammensetzung und Verteilung von geladenen Teilchen und Plasma
- besonders genaue Untersuchungen der Monde Io (Jupiter) und Titan (Saturn).

05.09.1977 Start auf Cape Canaveral

05.03.1979 Passage Jupiter

11.11.1980 Passage Saturn

01.01.1990 Beginn der interstellaren Mission

16.12.2004 Eintritt in den Termination Shock

2005 Eintritt in das Heliosheath

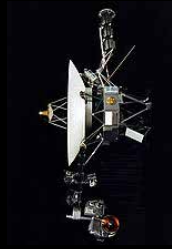
August 2012 Eintritt in die Heliopause

ca. 2025 Ende der wissenschaftl.  
Aktivitäten

Heliosphere

Interstellare Materie

Oortische Wolke



## 13 Wie lang bleibt ein Satellit in Betrieb?

Die Lebensdauer eines Satelliten ist abhängig von der Mission, die er zu erfüllen hat sowie den Ereignissen, die ihm während seines „Lebens“ begegnen. Meteosat 2 – ein meteorologischer Satellit – wurde für 2 Jahre Betrieb geplant. ESA/ESOCs gute Behandlung verlängerte seine Lebensdauer auf 10 Jahre. ERS-1, der erste europäische Erdbeobachtungssatellit, der auf Radartechnik basierte, hatte eine zu erwartende Lebensdauer von 2 Jahren als er am 17. Juli 1991 in Betrieb genommen wurde. Letzt-

endlich war er 9 Jahre in Betrieb. IUE, der Ultraviolet Explorer, war 19 Jahre in Betrieb, obwohl er für eine 2-jährige Mission konzipiert war<sup>8</sup>.

Um space debris („Abfall im All“) zu vermeiden, werden Satelliten, die entweder durch Kollisionen beschädigt und nicht mehr funktionsfähig sind, oder ausgedient haben in den sogenannten „Friedhofsorbit“ (>36 000 km) geschickt oder zum kontrollierten Wiedereintritt (→ Verglühen) gebracht<sup>9</sup>.

## 14 Wie lange sollen Satelliten betrieben werden?

Satellitenmissionen werden in der Regel auf 5 Jahre ausgelegt. Tatsächlich senden die Satelliten viele Jahre länger ihre Signale zu den Bodenstationen. Der Satellit ENVISAT wurde 2002 gestartet und es war geplant, dass er bis 2007 sendet. Tatsächlich sendete er bis zum April 2012. Das heißt er wird

immer noch seine Messungen durchführen, aufgrund eines technischen Problems kommen diese Daten an der Bodenstation nicht mehr an. Trotzdem war die Mission äußerst erfolgreich, da er 7 Jahre länger seiner Aufgabe nachging, als ursprünglich geplant.

## 15 Was passiert bei einem Satellitenausfall bzw. bei der Abschaltung eines Satelliten?

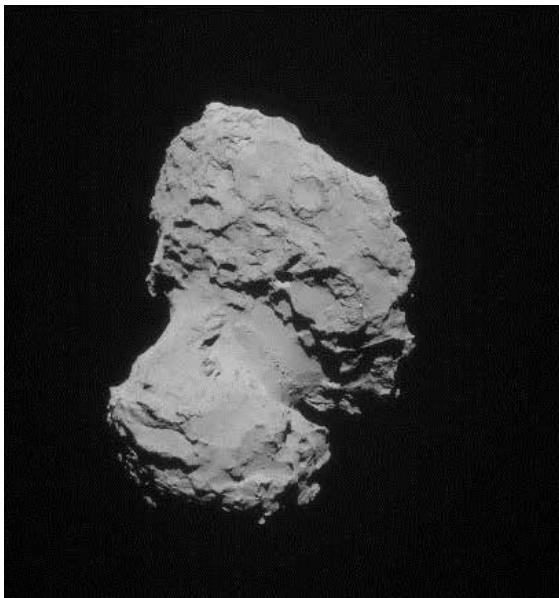
Der Satellit verbleibt weiter in seiner vorgegebenen Bahn. Je nach Flughöhe verringert sich die Geschwindigkeit unterschiedlich schnell. Wenn er langsamer wird, beginnt nach einiger Zeit die Erdanziehung (Schwerkraft) zu wirken und er beginnt abzustürzen. Beim Wiedereintritt in die Atmosphäre, verglühen die Satelliten in der Regel.

Größere Teile oder hitzebeständige Teile gelangen bis auf die Erdoberfläche. Diese Abstürze werden natürlich verfolgt, um entsprechend reagieren zu können, sollte der Absturz zum Beispiel in bewohntes Gebiet erfolgen.

## 16 Wurde ein Satellit jemals von Meteoritenschauer getroffen?

Ist derzeit nicht bekannt. Auch die bemannte Raumstation „ISS“ (International Space Station) wurde noch von keinem bedrohlichen Meteoritenschauer getroffen.

## 17 Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Meteorit auf der Erde einschlägt? Wird das All im Hinblick auf einen Meteoreinschlag beobachtet?



Asteroiden sind Gesteinsbrocken von unterschiedlicher Größe. Die meisten umkreisen die Sonne zwischen Mars- und Jupiterbahn. Astronomen schätzen ihre Zahl in diesem so genannten Asteroidengürtel auf mindestens 6.000. Vermutlich gibt es weit mehr, allerdings lassen sich kleinere Objekte von

der Erde aus nicht beobachten. Ihre Größen reichen von dem erst im Sommer 2001 präsentierten „2001 KX76“ mit einem Durchmesser von etwa 1.200 km bis zu wenigen Kilometern.

Asteroiden umkreisen die Sonne auf kreis- oder ellipsenförmigen Bahnen, da ihre Bahnen jedoch ständig Störungen durch die Planeten ausgesetzt sind, stoßen viele dieser Gesteinsbrocken irgendwann mit den Planeten zusammen – im Durchschnitt nach zehn Millionen Jahren. Man schätzt, dass es etwa 1.000 die Erdbahn durchkreuzende Planetoiden mit Durchmessern von mehr als einem Kilometer gibt. Die meisten von ihnen sind „Kandidaten“ für einen Zusammenstoß mit der Erde.

Es gibt bei der „NASA“ das „Near Earth Object Program“ welches genau solche Situationen beobachtet und auch versucht Gegenstrategien zu entwickeln um eine derartige Kollision zu verhindern.

## 18 Welche Temperaturen herrschen auf der Außenseite des Raumschiffs beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre?

Die NASA spricht von fast 3000 Grad Fahrenheit, die beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre erreicht werden. Das sind rund 1650 Grad Celsius.

## Quellen

### Start

- \_ Rakenstufen
- \_ Nutzlasten
- \_ Missionszugehörige Objekte

### Andere

- \_ Feststoffmotor
- \_ Flüssigmetall-Tropfen
- \_ Degradation von Oberflächen

### Fragmentation

- \_ Explosionen
- \_ Kollisionen



## Senken

### Natürlicher Abstieg

- \_ Atmosphärischer Widerstand
- \_ Gravitation von Sonne und Mond
- \_ Solarer Strahlungsdruck

### Aktive Manöver

- \_ De-Orbiting
- \_ Rückholung von Objekten (Space Shuttle)

## 19 Wie viel Weltraummüll gibt es schon?

Derzeit befinden sich schätzungsweise insgesamt 250 Millionen vom Menschen geschaffene Objekte mit einem Durchmesser größer als einem Millimeter in Umlaufbahnen um die Erde. Aufgrund der hohen Relativgeschwindigkeiten stellen selbst kleinste Objekte eine Gefahr für die bemannte und die unbemannte Raumfahrt dar. Schlägt ein Weltraummüllobjekt auf einem Satelliten ein, so kann dies zur Beeinträchtigung seiner Funktion bzw. zum Totalausfall führen. Somit stellt Weltraummüll ein wirtschaftliches Risiko für den Satellitenbetreiber dar. Für Raumfahrtagenturen bzw. Satellitenbetreiber ist es wichtig das Gefährdungspotential durch Weltraummüll zu kennen. Daher wurde am Institut für Raumfahrtssysteme im Auftrag der ESA das **MASTER Model 11** (Meteoroid and Space Debris Terrestrial Environment Reference Model) entwickelt.

Einen wesentlichen Forschungsschwerpunkt am Institut für Luft- und Raumfahrtssysteme der TU Braunschweig bildet die Modellierung der Bewegung und Verteilung aller künstlichen Objekte auf Erdumlaufbahnen (Weltraummüll). Auf diesem Gebiet wurde in der jüngeren Vergangenheit intensiv im Rahmen des Projektes MASTER gearbeitet. MASTER ist das europäische Modell zur Abschätzung des Risikos durch Hochgeschwindigkeitseinschläge von Raumfahrt-Rückständen auf Satelliten. MASTER wurde unter der Leitung des Institutes für Raumfahrtssysteme in Zusammenarbeit mit mehreren europäischen Partnern im Auftrag der ESA entwickelt. MASTER liegt ein sehr komplexes Modell der Weltraumumgebung zugrunde, um die räumliche Dichte und die Geschwindigkeitsverteilung der Weltraummüllobjekte einschließlich natürlicher Meteoriten zu bestimmen.

## 20 Was genau lässt sich aus Satellitenbildern ablesen?

Je nach **Sensortyp** können verschiedene Daten gesammelt und ausgewertet werden. Einige Beispiele hierfür wären<sup>10</sup>:

Der **LiDAR** (Light detection and ranging) Sensor verwendet Laserstrahlung in Form von Licht Impulsen und einen Empfänger, der die Rückstrahlung misst. Die Entfernung zu einem Objekt kann dann anhand der Zeitdifferenz zwischen Senden und Empfangen eines Signales, sowie der bekannten Lichtgeschwindigkeit bestimmt werden. ( $\text{Weg} = \text{Geschwindigkeit} \cdot \text{Zeit}$ )

Ein **Scatterometer** misst hochfrequente Mikrowellenstrahlung. uvm.

### ANWENDUNGEN DER SATELLITEN DATEN <sup>11</sup>

- \_ Wetterbeobachtung  
(→ Wettervorhersage, Wirbelstürme, etc.)
- \_ Klimabeobachtung
- \_ Überwachung der Ozeane
- \_ Beobachtung der Atmosphäre



## 21 Sind auf Satellitenfotos Personen zu erkennen? Wo liegt die zivile/militarische Auflösung?

Einige eindrucksvolle Satellitenbilder in high resolution sind auf der Satellite Imaging Corporation website zu finden. Typische Auflösungen liegen zwischen 0.4 und 1.5 Meter <sup>12</sup>.

## 22 Können Satelliten auch Videos machen?

Von Videos oder Filmen spricht man ab einer Frequenz von etwa 15 Bildern pro Sekunde, da das menschliche Auge ab dann nicht mehr zwischen Einzelbildern unterscheiden kann <sup>13</sup>.

METEOSAT ist z. B. ein geostationärer Satellit der über dem Äquator bei 0° in einer Höhe von rund 36 000 km die Erde beobachtet und dabei alle 15 min. ein Bild aufnimmt <sup>14</sup>. „Videos“ von Satelliten erscheinen im Zeitraffermodus.

## 23 Welche Veränderungen gab es in den letzten Jahren?

In den letzten Jahren gab/gibt es nicht nur eine festgestellte Veränderung sondern deren mehrere. Die bekanntesten werden generell mit den Begriffen:

- \_ **Klimawandel**, verursacht durch die Summe der verschiedensten Ursachen
- \_ **Ozonloch**, verursacht durch den Ausstoß von Flour-, Chlor-, Kohlenwasserstoffen (FCKW) und damit verbunden die Abnahme der schützenden Ozonschicht
- \_ **Treibhauseffekt**, verursacht durch Gase wie CO<sub>2</sub>/Methan/Lachgas-Distickstoffoxid
- \_ einhergehend mit dem **Anstieg der durchschnittlichen Temperatur** von 15 Grad Celsius um bis zu 2 Grad Celsius und mehr

## 24 Warum überwacht man die Erde mit Satelliten?

Um genau solche Veränderung im „Biotop Erde“ zu erkennen und mögliche Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Dies ist sicherlich kein einfacher Prozess, wenn wir zum Beispiel an die Klimaverhandlungen im Rahmen der „Kyotoprotokolle“ denken.

## 25 Warum geben Satelliten uns schon seit Jahrzehnten eine aktuelle Bestandsaufnahme vom Zustand unserer Welt?

Satelliten sammeln bei jedem Umlauf um die Erde Daten zu bestimmten, mittels Soft- und Hardware vorgegebenen Themen.

Das sind z. B. Temperaturmessungen, Messungen von verschiedenen Schadstoffen in der Atmosphäre, Menge und Art von Aerosolen. Diese Daten werden über Jahre hinweg gesammelt und in den wissenschaftlichen

Einrichtungen der ESA, aber auch von verschiedenen Universitäten ausgewertet, damit Diagramme erstellt mit denen man bis auf 2 bis 3 Stunden genau den Zustand des Medium Luft feststellen kann. Mit den erhaltenen Langzeitdaten wird auch versucht eine Prognose von bis zu 15 Tagen im Voraus zu erstellen.

## 26 Wie können wir Umweltverschmutzung verhindern?

Eine 100% Verhinderung von Umweltverschmutzung, speziell des Umweltmediums Luft wird nicht mehr möglich sein. Wir müssten dadurch sehr viele Produktionsprozesse derart drastisch zurück fahren und würden uns damit in unserem persönlichen und gesellschaftlichen Zusammenleben sehr verändern müssen. Dies würde wahrscheinlich auch zu einem Stillstand bzw. sicher zu einer starken Verzögerung der notwendigen Weiterentwicklung des gesellschaftlichen, intellektuellen Lebens eines jeden einzelnen bedeuten.

Grundsätzlich aber kann die Belastung der Umwelt durch

- den sorgsamem Umgang der vorhandenen Ressourcen,
- durch überlegtes verwenden von Gefahrstoffen wo es in Gewerbe und Industrie notwendig ist,
- durch sinnvolles Recyceln von Stoffen aus Abfällen usw.

sehr stark verringern.

## 27 Welchen Einfluss hat der Mensch auf den Planeten?

Seit dem es Menschen auf diesem Planeten gibt, verändert er zu seinem Wohle die Oberfläche unseres Planeten und gräbt auch mehr oder weniger tiefe Löcher in die Erdkruste hinein. Nicht alle Veränderungen unseres Planeten können sofort als negativ erkannt werden, da der Mensch im Streben nach genügend Lebensraum, Versorgung

der Bevölkerung mit den lebensnotwendigen Dingen immer in den Naturhaushalt eingreifen muss.

Die negativen Seiten dieser Eingriffe erkennt man leider immer einige Jahrzehnte später und trifft in der Regel immer nachfolgende Generationen.

## 28 Wie haben sich menschliche Einflüsse bereits auf den Planeten ausgewirkt?

Nicht alle Veränderungen unseres Planeten können sofort als negativ erkannt werden, da der Mensch im Streben nach genügend Lebensraum, Versorgung der Bevölkerung mit den lebensnotwendigen Dingen immer in den Naturhaushalt eingreifen muss. Die negativen Seiten dieser Eingriffe erkennt man leider immer einige Jahrzehnte später und trifft in der Regel immer nachfolgende Generationen.

### Beispiel „Aralsee“



1964



2009

Seit den 70er Jahren stieg die Zahl der Magen- und Darmerkrankungen sowie die der Atmungsorgane sprunghaft an. So breiteten sich Typhus, Paratyphus, Hepatitis und Tuberkulose aus. Typhuserkrankungen nahmen teilweise um das 20- bis 30-fache zu. Auch organische Erkrankungen treten gehäuft auf und die Krebserkrankungen nahmen extrem zu. Am schlimmsten betroffen sind Kinder und schwangere Frauen. Die Kindersterblichkeit ist viermal höher als in Russland und in den meisten Regionen stirbt jedes zehnte bis zwölfte Kind vor dem

1. Lebensjahr. Sie wird durch verseuchte Nahrungsmittel und der Aufnahme von hohen Anteilen von Pflanzenschutzmitteln in der Muttermilch begünstigt. Damit ist die Säuglingssterblichkeit vergleichbar mit armen afrikanischen Staaten wie Kamerun, Kenia, Sudan oder Simbabwe. Einher geht dies mit einer wachsenden Zahl von Fehlbildungen und Behinderungen Neugeborener wie z.B. Lippen-Kiefer-Gaumenspalten oder Anecephalie (angeborenes Fehlen des Gehirns). 30 % der Kindersterblichkeit sind auf akute Darmerkrankungen zurückzuführen. 70 % der Mütter und 96 % der gebärfähigen Frauen leiden aufgrund von Mangelernährung an Anämie. Salzstaub führt bei vielen zu Atemwegs- und Augenerkrankungen. Nagetiere aus den vertrocknenden Sumpfreionen flohen in die bewohnten Gebiete und übertrugen Erreger, wenn sie sich in Brunnen und Böden aufhielten. Dazu gehören Pest, Cholera und Tularämie. 1989 hatten von 10 Personen mindestens 6 ein Krankheitsbild, ob Kind oder Erwachsener. Man schätzt, dass ungefähr 25 % der Bevölkerung in den Baumwollanbaugengebieten geistig retardiert ist. Es wird davon ausgegangen, dass die gesundheitlichen Folgen der Austrocknung des Aralsees vom Ausmaß ähnlich den Folgen des Reaktorunfalls in Tschernobyl sind, jedoch ist die Aufmerksamkeit für den Aralsee in der westlichen Welt sehr gering.

## 29 Konnte schon einmal ein Umweltvergehen durch die Beobachtung aus dem All aufgedeckt werden?



Im Sinne eines strafbaren Tatbestandes in Österreich nicht. Aber bei der Explosion der Bohrinsel „**Deepwater Horizon**“ im Golf von Mexiko (amerikanische Südküste) konnte die tägliche Ausbreitung des austretenden Erdöles über Monate hinweg beobachtet und fotografisch festgehalten

werden. Mit diesen optischen Satellitenauswertungen wurde in weiterer Folge auch gegenüber der Firma „BP“ in zivilrechtlichen Verfahren ua die Schadenersätze entsprechend eingefordert (Strafe in Höhe von 4,5 Mrd. US-Dollar, für Schadenersatz und Folgekosten 38,1 Mrd. US-Dollar).

## 30 Was ist Umweltkriminalität?

Darunter versteht man grundsätzlich den, nach österreichischem Recht verbotenen Eingriff in die Lebensgrundlagen des Menschen. Eben in die Umweltmedien Wasser, Boden und Luft. Man unterscheidet zwischen verwaltungsrechtlichen Normen (Magistrat und Bezirksverwaltungsbehörde) und strafrechtlichen Normen (Staatsanwaltschaft und Landesgericht).

## 31 Was ist Ihre Aufgabe im Bereich der Umweltkriminalität?

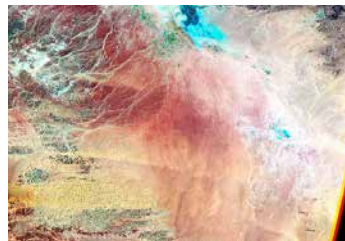
Meine Aufgabe ist es Straftaten gegen die Umwelt wie Boden-, Wasser- und Luftverunreinigungen, Straftaten gegen Tiere, Straftaten mit Lebens-, Arznei- und Dopingmittel, sowie illegale Abfallentsorgungen bzw. grenzüberschreitende verbotene Abfallexporte zu verfolgen, aufzuklären und den zuständigen Behörden anzuzeigen.

## 32 Hat sich die Erde verändert? Nehmen Stürme zu und wie schnell schmelzen die Gletscher?

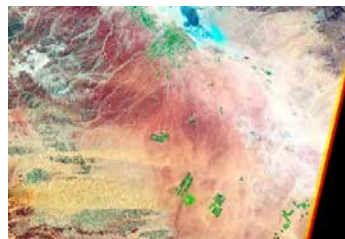
Das Gesicht der Erde hat sich verändert. Im großen Bereich erkennt man dies natürlich nur anhand von Satellitenbildern die immer wieder von den gleichen Plätzen des Planeten Lichtbilder herstellen. Im kleinen Bereich brauchst du nur mit offenen Augen durch deine gewohnte Umgebung gehen und du wirst die Veränderung, verursacht von Menschenhand merken.

Anhand der schon seit Jahrhunderten, an verschiedensten Stellen durchgeführten Wetteraufzeichnungen, die ab den letzten Jahrzehnten mit den Wetter- und Klimadaten der Satellitenbeobachtung kombiniert werden, sind diese Veränderungen nicht nur gefühlsmäßig zu bemerken, sondern auch mit Daten unterlegt.

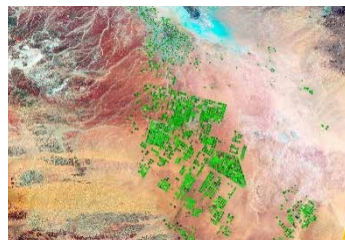
Die Bilder zeigen die Veränderungen in Saudi Arabien im Wadi As-Sirhan: Die grünen Flecke sind erzeugte, kreisrunde landwirtschaftliche Nutzflächen mit einem Durchmesser von 1km. Bewässert werden diese Pflanzungen in der nordafrikanischen Wüste mit Wasser, das aus ca. 2km Tiefe hochgepumpt wird.



1987



1991



2000



2012

### 33 Gibt es Methoden gegen den Klimawandel, die vom Weltraum aus umgesetzt werden können?

Grundsätzlich nein. Aber unter dem Begriff Geo-Engineering bezeichnet man technische Eingriffe in geochemische oder biogeochemische Kreisläufe, etwa um die Klimaerwärmung oder die Versauerung der Meere zu bremsen.

Die National Academy of Sciences (NAS) erwähnte Geoengineering und mehrere

Maßnahmen in ihrer Veröffentlichung zu den Implikationen der Globalen Erwärmung aus dem Jahr 1992. Es sind sehr unterschiedliche Überlegungen, die im Begriff „Geoengineering“ zusammengefasst werden. Aufgrund ihres unterschiedlichen Lösungsansatzes werden diese Vorschläge in 2 Hauptgruppen unterteilt:

#### 1.

##### **Beeinflussung der Sonneneinstrahlung (Solar Radiation Management (SRM)):**

Diese Techniken zielen darauf ab, die Reflexion von Sonnenlicht zu erhöhen, um so einem globalen Temperaturanstieg entgegenzuwirken. Die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre und deren weitere Auswirkungen, wie eine mögliche Versauerung der Meere, kann mit SRM nicht direkt beeinflusst werden. Es wird vermutet, dass diese Methoden im Falle einer drohenden Klimakatastrophe relativ rasch einen kühlenden Effekt bringen würden. Insbesondere Aerosolausbringungsmethoden bergen aber große Risiken in Hinblick auf unerwünschte Nebeneffekte (wie beispielsweise eine Schädigung der Ozonschicht oder negative Auswirkungen auf die Gesundheit von Menschen, Tier- und Pflanzenwelt).

#### 2.

##### **Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre (Carbon Dioxide Removal (CDR)):**

Da diese Methoden direkt an der Hauptursache des Klimawandels (die steigenden CO<sub>2</sub>-Werte) ansetzen, werden ihre Unsicherheiten und Nebenwirkungen als eher gering eingeschätzt. Im Gegensatz zu SRM-Methoden dürfte es aber Jahre dauern, bis der gewünschte Effekt in der Atmosphäre eintritt. Die Wirkung auf die Weltmeere ist noch deutlich träger. Wenn die CO<sub>2</sub>-Emissionen weiter steigen wie bisher, wird die resultierende Versauerung der Meere, durch die zahlreiche marine Spezies vom Aussterben bedroht sind, auch mit CDR noch über Jahrhunderte anhalten. Carbon Dioxide Removal umfasst direkte CO<sub>2</sub>-Beeinflussungsmethoden wie Luftfiltration, CO<sub>2</sub>-Sequestrierung (CCS), aber auch indirekte Methoden wie Düngung der Meere mit Eisen oder Phosphor.

## 34 Was kann man als Einzelperson zum Schutz des Planeten beitragen?

Es ist klar, dass ich als Einzelperson die Erde vor dem Klimagau nicht retten kann. Wir können nur gemeinsam den Klimawandel verlangsamen. Tatsache ist, dass der einzelne Österreicher aufgrund seiner Lebensführung den **5 ½ fachen** ökologischen Fußabdruck hinterlässt. Eine Verringerung erfolgt nur, indem wir versuchen unseren CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren.

### Zum Beispiel:

Durch jede eingesparte 1 kWh Strom vermeiden Sie 0,6 kg CO<sub>2</sub> und reduzieren Ihre Stromrechnung um 25 Cent. Durch das Sparen von 1 kWh Heizenergie vermeiden Sie bei einer Ölheizung 0,4 kg CO<sub>2</sub> und reduzieren Ihre Heizkosten um 8 Cent.

Kurze Strecken zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurücklegen. Häufig wird der PKW für Strecken von weniger als 5 km genutzt. Nutzen Sie für diese Strecken das Fahrrad oder gehen Sie zu Fuß. Damit schonen Sie nicht nur das Klima, sondern tun auch Ihrem

Geldbeutel und Ihrer Gesundheit etwas Gutes. Auf einer Strecke von 5km lassen sich so schnell 1 kg CO<sub>2</sub> vermeiden.

### Nachhaltiger Konsum

Nachhaltig einkaufen bedeutet vor allem auch, darauf zu achten, dass man ökologisch und sozial unbedenkliche Produkte kauft. Das bedeutet beispielsweise, dass bei der Produktion möglichst wenige und nur erneuerbare natürliche Ressourcen verbraucht werden, keine giftigen und Umwelt schädlichen Stoffe verwendet werden und, dass die an der Herstellung beteiligten Arbeiter unter guten Bedingungen arbeiten und angemessen bezahlt werden. Beim Kauf von energieverbrauchenden Geräten sollte man zusätzlich noch darauf achten, dass das Gerät einen niedrigen Energieverbrauch hat. Artikel zu reparieren oder secondhand zu kaufen, ist ebenfalls eine Möglichkeit, Ressourcen zu schonen und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren

[www.mein-fussabdruck.at](http://www.mein-fussabdruck.at)

## 35 Kann man gegen die Unwetter etwas unternehmen oder wird man nur davor gewarnt mit Hilfe der Satelliten?

Grundsätzlich kann man gegen Unwetter nichts unternehmen. Aber da die Unwetter und der Klimawandel die größten Herausforderungen der heutigen Zeit sind, das Wetter und dessen Auswirkungen besser vorhersagen, gleichzeitig die wachsende Nachfrage nach schnellen und immer präziseren Messungen stillen zu können, braucht es zur Aufzeichnung der atmosphärischen

Bedingungen/Variablen aus globaler Sicht, die Erdbeobachtung mittels Satelliten.

Je schneller die Bevölkerung vor starken Unwettern wie Schneestürme (Blizzard) Hurrikane, Typhons usw gewarnt werden, desto geringer sind die finanziellen Schäden am persönlichen Eigentum. Auch können mehr Menschen vor dem Tod oder starken Verletzungen bewahrt werden.

### 36 Werden die Infos der Satelliten direkt an Wetterstationen geleitet oder wer wertet die Daten aus?

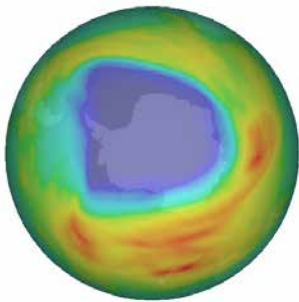
Für den Satelliten „MetOp“ bedeutet dies, die ermittelten Daten werden einmal pro Umlauf an eine dafür speziell gebaute Bodenstation in Svalbard (Norwegen), nahe dem Polarkreis übertragen. Von hier aus gehen die Daten an EUMETSAT in Darmstadt, Deutschland. Es gibt auch einen Datenaustausch mit der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) in den USA. Nach der Verarbeitung, stehen die Daten den Benutzern innerhalb von 2 Stunden

15 Minuten nach der Raumbesichtungen zur Verfügung.

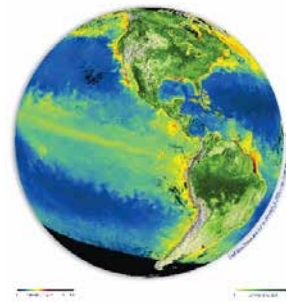
Darüber hinaus können auch Echtzeit-Daten den meteorologischen Büros und während des Überfluges auch an lokale Benutzer weitergeleitet werden. Die dafür notwendigen Tools erhält man im Wege der Firma EUMETSAT und stellt ein sehr nützliches Service für kleine Stationen in abgelegenen Gebieten oder für Schiffe auf dem Meer.

### 37 Wie erkennt man den Klimawandel durch die Informationen des Satelliten?

Indem man mit den erhaltenen Daten zu den verschiedensten Schadstoffen in der Atmosphäre, dem Temperaturanstieg usw. verschiedene Klimamodelle berechnet. Unabhängig davon ergänzen die Satellitendaten auch sogenannte „vor Ort“ (insitu) gemessene Daten.



Ozonverteilung  
über der Antarktis



Global Ocean  
Chlorophyll and Leaf Area Index

### 38 Warum gibt es Unwetter durch den Klimawandel?

Unwetter hat es immer schon gegeben, da sämtliche Vorgänge auf der Erde einem physikalischen, chemischen oder biologischen Ablauf unterliegen. Durch den bewussten oder auch unbewussten Eingriff in diese Abläufe passiert es, dass sich die Auswirkungen verstärken.



## 39 Wie teuer war das Projekt METOP und wie viele Ressourcen wird es in Zukunft beanspruchen?

Das Projekt **MetOp** besteht aus insgesamt 3 Satelliten, die zeitversetzt gestartet werden. Die gesamten Kosten werden voraussichtlich 2,5 Mrd. € betragen. Davon gehen 0,5 Mrd. € an die ESA für die Entwicklung, Konstruktion und Transport der Satelliten und ca. 2 Mrd. € an EU-METSAT für den laufenden Betrieb der Satelliten, Empfang und Auswertung der Daten.

## 40 Auf welche Weise überprüft der Satellit METOP die Wettervorgänge?

Mit seiner Nutzlast, das sind die einzelnen, nachangeführten Instrumente misst **MetOp** die verschiedensten Gase und Partikel in unserer Atmosphäre. Die Auswertung erfolgt durch die Bodenstationen

**A-DCS** (Datenerfassungssystem)  
**AMSU-A1 & A2**  
 (erweiterte Mikrowelleneinheiten)  
**ASCAT** (Advanced Scatterometer)  
**AVHRR/3** (erweitertes, sehr hohes Resolution Radiometer)  
**GOME-2** (Global Monitoring Experiment-2)  
**GRAS** (Global Navigation Satelliten System Empfänger)  
**HIRS/4** (hochauflösender Infrarotstrahler)  
**IASI** (Infrarot Interferometer)  
**MHS** (Mikrowelle Luftfeuchtmessung)  
**SARP-3** (Search And Rescue-Prozessor)  
**SARR** (Search And Rescue-Repeater)  
**SEM-2** (Space Environment Monitor)

Z. B. das Instrument „IASI“ misst die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit und Spurengase wie Kohlenmonoxid, Stickoxide, Methan, Ozon.

Damit möchte man die Wechselwirkungen innerhalb der atmosphärischen Prozesse, die Atmosphärenchemie, den Klimawandel, hervorgerufen durch die Umweltverschmut-

zung, besser verstehen.

Dieses Messgerät ist ein bildgebendes System, besteht aus einem Fourier-Transformation Spektrometer\*, verbunden mit einem Michelson-Interferometer, das die vorherrschende Infrarotstrahlung der Erde/ Atmosphäre beobachtet und misst.

Gemessen wird im Infrarotbereich zwischen einer Wellenlängen von 3,4 und 15,5 Mikron. Dies ermöglicht dem Instrument, Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsprofile in der Troposphäre und unteren Stratosphäre zu erstellen.

Durch dieses Instrument können auch chemische Komponenten in kleinen Konzentrationen erkannt werden. Mit einer Abtastbreite von ungefähr 2000 Kilometer auf der Erdoberfläche, wird eine globale Abdeckung in 12 Stunden erreicht. Für einen optimalen Betrieb des IASI wird sein Messzyklus mit dem Zyklus des ebenso an Bord befindlichen amerikanischen Instrumentes AMSU) synchronisiert.

Das IASI-Instrument erstellt ein Temperaturprofil mit einer Genauigkeit von 1 Kelvin und einer vertikalen Auflösung von 1 km. Profile der Luftfeuchtigkeit verfügen über eine Genauigkeit von 10 % und einer vertikalen Auflösung von 1 km.

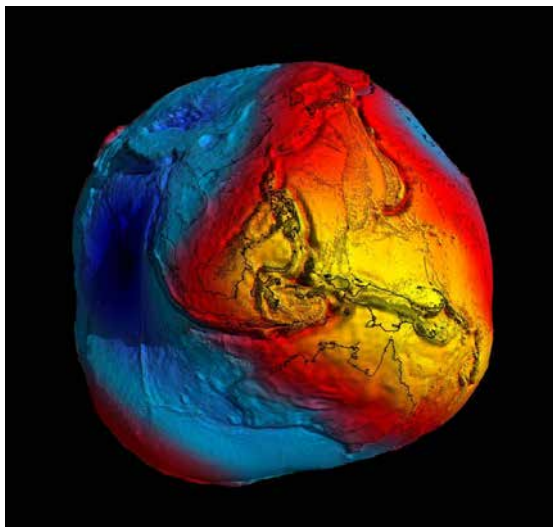
## 41 Was unterscheidet die METOP-Satelliten von den anderen?

Der Unterschied liegt grundsätzlich in der Bauart, den Messtechniken der an Bord befindlichen Nutzlast und natürlich im wissenschaftlichen Auftrag den der Satellit zu erfüllen hat.

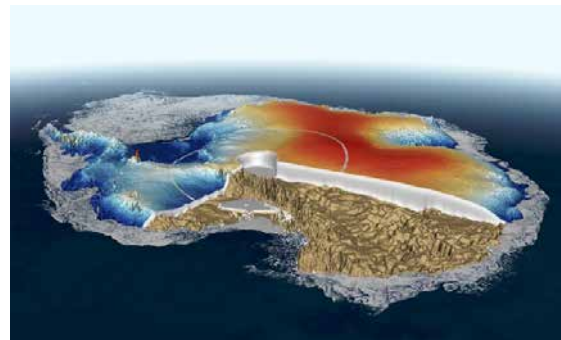
So gibt es zum Beispiel auch die Satelliten SMOS (misst die Bodenfeuchte und den Salz-

gehalt der Ozeane) oder CRYOSAT“ (misst das Volumen der vorhandenen Eisdecke in der Arktis und Antarktis).

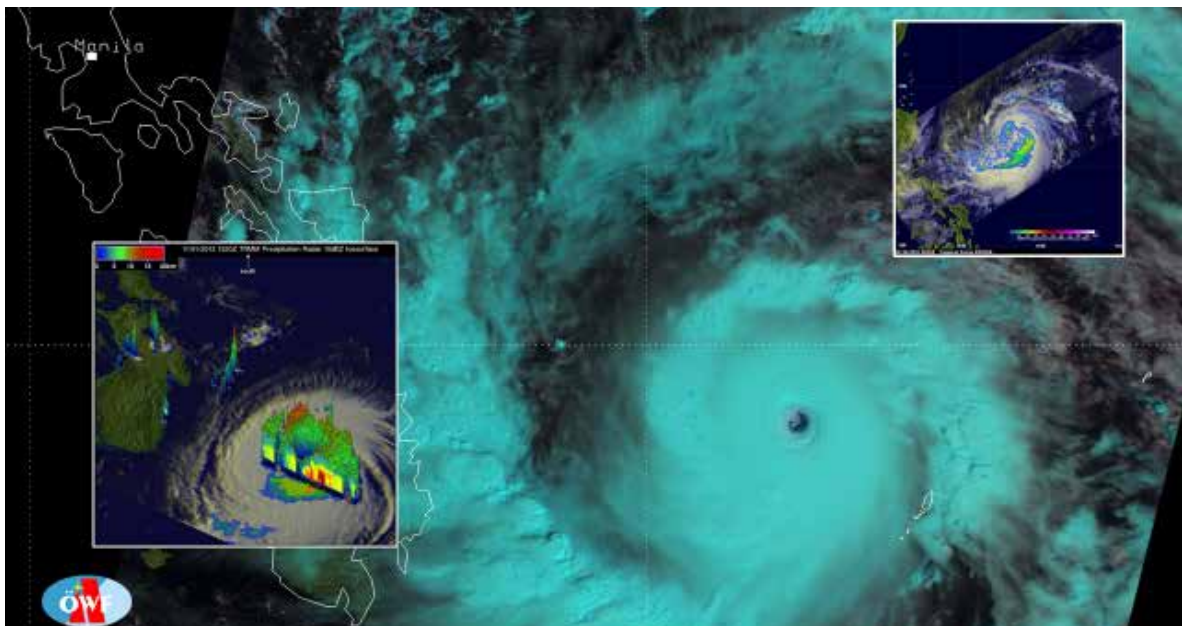
Der Satellit GOCE erforschte die Erdgravitation, mit den Daten wurde ein sogenanntes Geoid der Erde hergestellt.



Geoid von GOCE



Auswertung des Volumens des Eises der Antarktis durch die Daten von CRYOSAT



Typhon „Hayan“ aus der Sicht von MetOp

## 42 Was ist die ESA?



Die Europäische Weltraumorganisation **ESA** (**European Space Agency**) ist Europas Tor zum Weltraum. Seit November 2008 gehören ihr 18 Mitgliedstaaten an. Indem die ESA die Finanzmittel und das Know-how der einzelnen Länder bündelt, ermöglicht sie die Realisierung von Programmen und Projekten, die keiner der Mitgliedsstaaten jemals im Alleingang auf die Beine stellen könnte.

Aufgabe der ESA ist es, das gemeinsame europäische Weltraumprogramm zu konzipieren und umzusetzen. Des Weiteren soll sie die Entwicklung der europäischen Raumfahrt koordinieren und fördern – und natürlich sicherstellen, dass die diesbezüglichen Investitionen allen Europäern dauerhaften Nutzen bringen.

Die Zielsetzung ihrer Projekte ist dementsprechend vielfältig – von der Erforschung der Erde, ihres unmittelbaren Umfelds, des Sonnensystems und des Universums über die Entwicklung satellitengestützter Technologien und Dienstleistungen bis hin zur Förderung verschiedener europäischer High-Tech-Industrien. Die ESA koordiniert ihre Tätigkeiten mit denjenigen der nationalen Weltraumagenturen ihrer Mitgliedstaaten. Damit die gewonnenen Erkenntnisse und Erfindungen nicht nur Europa, sondern der gesamten Menschheit zugutekommen, arbeitet die ESA darüber hinaus auch intensiv mit außereuropäischen Weltraumorganisationen zusammen.

**Die 18 Mitgliedsstaaten der ESA sind:** Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und die Tschechische Republik.

An bestimmten Projekten arbeitet im Rahmen entsprechender Kooperationsverträge auch Kanada mit. Ungarn, Polen und Rumänien sind Europäische Kooperierende Staaten (ECS). Faktisch ist die ESA eine völlig eigenständige und unabhängige Organisation. Allerdings unterhält sie über ein ESA/EG-Rahmenabkommen natürlich enge Beziehungen zur EU. So teilen sich die beiden Organisationen unter anderem eine gemeinsame europäische Weltraumstrategie – und entwickeln gemeinsam die europäische Weltraumpolitik. Die ESA hat ihren Hauptsitz in Paris, hier werden vom ESA-Rat die Beschlüsse für zukünftige Projekte gefasst. Darüber hinaus hat die ESA jedoch in ganz Europa weitere Zentren mit jeweils verschiedenen Aufgabenbereichen.

- Das Europäische Weltraumforschungs- und -technologiezentrum **ESTEC** (European Space Research and Technology Centre) mit Sitz in Noordwijk in den Niederlanden ist Entwicklung- und Testzentrum für die meisten ESA-Raumfahrzeuge.
- Das Europäische Raumfahrtforschungsinstitut **ESRIN** (European Space Research Institute) befindet sich in Frascati bei Rom in Italien. Zu seinen Aufgaben gehören das Sammeln, Speichern und Weiterleiten von Daten von Erderkundungssatelliten an die ESA-Partner. Zudem dient es als Entwicklungszentrum der künftigen europäischen Trägerrakete Vega und erfüllt die Funktion als Informationstechnologie-Zentrale der Organisation.

- Das Europäische Raumflugkontrollzentrum **ESOC** (European Space Operations Centre) ist für die Überwachung der ESA-Satelliten in der Umlaufbahn verantwortlich und befindet sich in Darmstadt in Deutschland.
- Das Europäische Astronautenzentrum **EAC** (European Astronaut Centre) trainiert Astronauten für künftige Missionen und liegt in Köln in Deutschland.
- Im Europäischen Weltraum-Astronomiezentrum **ESAC** (European Space Astronomy Centre) in Villafranca del Castillo, Spanien, laufen die wissenschaftlichen Daten aller astronomischen und planetaren ESA-Missionen in so genannten „Science Operation Centres“ zusammen und werden dort archiviert.

Weiterhin unterhält die ESA Verbindungsbüros in Brüssel, Washington und Moskau, einen Raumflughafen in Kourou, Französisch-Guayana, sowie Bodenstationen, Stationen zur Kommunikation mit den ESA-Satelliten und Sonden und mehrere Büros für die Bereiche Wissenschaft und bemannte Raumfahrt in verschiedenen Teilen der Welt. Heute beschäftigt die ESA über 2 000 ständige Mitarbeiter aus allen Mitgliedstaaten – Wissenschaftler, Ingenieure, IT-Spezialisten, Verwaltungs- und Rechtsangestellte sowie die Mitglieder des Europäischen Astronautenkorps. Die ESA-Aktivitäten lassen sich in ein „Pflichtprogramm“ und optionale Programme unterteilen. Das Pflichtprogramm, das die Weltraumforschungsprogramme und das allgemeine Budget umfasst, wird von allen Mitgliedstaaten gemeinsam finanziert.

Der anteilmäßige Beitrag der einzelnen Staaten richtet sich dabei nach dem jeweiligen Bruttoinlandsprodukt. Bei den optionalen Programmen ist es hingegen jedem einzelnen Staat freigestellt, ob und in welcher Höhe er sich beteiligt.

Das Budget 2009 beträgt ca. 3,6 Milliarden Euro. Die ESA funktioniert nach dem Prinzip eines geografischen Mittelrückflusses („Geographic Return“), d. h. sie investiert über Industrieaufträge für Raumfahrtsprogramme in jedem Mitgliedstaat Beträge, die mehr oder weniger den Beitragsgeldern des jeweiligen Landes entsprechen.

Die europäischen Pro-Kopf-Investitionen in die Raumfahrt sind vergleichsweise gering. Für die Raumfahrtausgaben bezahlt jeder Bürger eines ESA-Mitgliedstaates Steuer-gelder etwa in der Höhe eines Kinobesuchs pro Jahr. In den Vereinigten Staaten sind die Investitionen in die zivile Raumfahrt fast viermal so hoch.

Die Europäische Weltraumorganisation umfasst mehrere Direktionen, die insbesondere folgende Tätigkeitsbereiche abdecken: Wissenschaft und robotische Exploration, Trägerraketen, bemannte Raumfahrt, Erdbeobachtung, Telekommunikation und integrierte Anwendungen sowie Galileo und Navigation. Das Lenkungsgremium der ESA ist der ESA-Rat. Dieser trifft die Grundsatzentscheidungen, die den Rahmen für die Entwicklung des europäischen Weltraumprogramms abstecken. Unabhängig von der Größe und dem geleisteten Beitrag ist jeder Mitgliedstaat mit einer Stimme im ESA-Rat vertreten. An der Spitze der ESA steht ein Generaldirektor, der alle vier Jahre vom ESA-Rat gewählt wird. Amtierender Generaldirektor der ESA ist seit 2015 der deutsche Staatsbürger **Johann-Dietrich Wörner**.

## 43 Gibt es andere Lebewesen auf anderen Planeten?

Ob es Lebewesen auf anderen Planeten in irgendeiner Galaxie gibt ist immer noch ein großes Rätsel und wird es auch noch lange bleiben. Sicher ist, dass es in unserem Sonnensystem keinen Planeten mit Lebewesen gibt. Es besteht die Möglichkeit von ehemaligen Leben, in welcher Art auch immer, auf dem Mars, da dieser Planet von

ca. 2-3 Mrd. Jahren ungefähr so ausgesehen haben dürfte, wie heute unsere Erde. Genau wissen werden wir es, wenn die ersten Menschen den „roten Planeten“ betreten werden.

Sollten wir tatsächlich die einzigen Lebewesen in diesem Universum sein, so wäre das eine ziemliche Platzverschwendung.

## 44 Wie lange braucht eine Rakete bis zum Mond?

Dies ist grundsätzlich abhängig von der Geschwindigkeit der Rakete. Der Mond ist in etwa 384.000km von der Erde entfernt. Das Spaceshuttle erreichte zum Beispiel eine Startgeschwindigkeit von ca. 29.000km/h. Somit wäre dieses Raumschiff in ca. 13,2 Stunden in der Mondumlaufbahn.

Dies ist jedoch nur ein theoretischer Ansatz. Die erste Mondmission der „NASA“ mit der Bezeichnung „Apollo 11“ benötigte als Reisezeit 4 Tage für den Hinflug und 4 Tage für den Rückflug.

## 45 Wie umweltschädlich ist ein Flug oder ein Raketenstart ins Weltall?

Am Beispiel der drei Haupttriebwerke des Space Shuttles ist zu ersehen, dass diese bis genau 8,5 Minuten nach dem Start, Schub liefern und dann abgeschaltet werden. Dabei verbrennen sie ca. 1,5 Millionen Liter Flüssig-Sauerstoff und Flüssig-Wasserstoff bei 3315,6 °C.

Die Abgase des Haupttriebwerks bestehen zum größten Teil aus Wasserdampf, der das Reaktionsprodukt von Wasserstoff und Sauerstoff ist.

## 46 Ist das All wirklich unendlich und wieso ist es schwarz?

Hinter dieser scheinbar einfachen Frage, verbirgt sich das so genannte **Olberssche Paradoxon**, benannt nach dem Arzt und Amateurastronomen Wilhelm Olbers (1758 - 1840). Er stellte sich die Frage, warum der Nachthimmel eigentlich dunkel ist, wenn doch das unendlich große Universum angefüllt ist mit Abertausenden kosmischen Lichtquellen. Denn wenn hinter einer Lichtquelle eine weitere auftritt und daneben noch eine und so weiter, müsste der Nachthimmel doch eigentlich gleißend hell sein – zumindest aber nicht schwarz, so wie wir es beobachten.

Der Strahlungsstrom einer Quelle am Himmel nimmt mit dem Entfernungskwadrat ab; allerdings nimmt ebenso die Zahl der

Sterne (bei vorausgesetztem unendlichen, homogenen Universum) mit dem Entfernungskwadrat zu. Somit würde der Nettostrahlungsstrom gemessen auf der Erde konstant bleiben. Dieses Argument erklärt somit nicht die Dunkelheit. Der Weltraum ist jedoch nicht leer, sondern angefüllt mit Staub und Gas. Das Licht der Sterne und Galaxien wird an diesem Material gestreut, abgeschwächt und gerötet (Extinktion). Dieser Effekt reicht als Erklärung des dunklen Nachthimmels nicht aus, weil es nur eine Verschiebung des Lichts im Spektrum darstellt, vom optischen in den infraroten Bereich. Die Strahlung ist also noch da und Extinktion löst nicht das Olberssche Paradoxon.

Die Lösung des Rätsels besteht darin, dass die Ausbreitung des Sternenlichts mit extrem hoher, aber dennoch mit endlicher Geschwindigkeit, nämlich der Vakuumlichtgeschwindigkeit  $c$  von fast 300 000 Kilometern pro Sekunde geschieht.

### Die Konsequenz

Das Licht aller kosmischen Quellen hat die Erde seitdem diese Lichtquellen entstanden sind oder seitdem sie emittieren, bereits erreicht. Die Strahlung ist noch unterwegs in den Weiten des Alls.

Die beobachtete Expansion des Universums (→ **Hubble-Effekt**), getrieben durch die Dunkle Energie, schränkt die Beobachtung weiter ein. Denn durch die anhaltende Expansion entfernen sich entfernte

Objekte von der Erde noch mehr, da sie mit der expandierenden Raumzeit von uns weg „schwimmen“.

Das Olberssche Paradoxon verschwindet bei der Berücksichtigung der Endlichkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht. Der Kern der Lösung ist also in Einsteins Spezieller Relativitätstheorie zu finden – die kannte Wilhelm Olbers freilich nicht.

## Quellenangaben

- 1 Peter Schrotter. Vortrag: "The functional components of a satellite", Institute of Communication Networks and Satellite Communication, <https://www.tugraz.at/institute/iks/home/>
  - 2 GPS Navigation: <http://gpso.de/technik/> , aufgerufen am 6.7.2016
  - 3 Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/wiki/GPS-Technik> , aufgerufen am 6.7.2016
  - 4 <http://www.esa.int/Education/CanSat>
  - 5 RUAG Space GmbH:  
<http://www.ruag.com/de/konzern/medien/medienmitteilungen/news/ruag-space-expands-production-site-for-high-performance-thermal-insulation-in-berndorf-austria/6d-09198367fec3fa543cc100f54b1ffb/>, aufgerufen am 6.7.2016
  - 6 Rocket Lab USA: <http://book.rocketlabusa.com/> , aufgerufen am 7.7.2016
  - 7 SpaceX Falcon9: <http://www.spacex.com/about/capabilities> , aufgerufen am 7.7.2016
  - 8 FAQ ESA: Frage 11:  
[http://www.esa.int/ger/ESA\\_in\\_your\\_country/Austria/Haeufig\\_an\\_ESA\\_gestellte\\_Fragen2](http://www.esa.int/ger/ESA_in_your_country/Austria/Haeufig_an_ESA_gestellte_Fragen2) , aufgerufen am 6.7.2016
  - 9 ESA: "Im Orbit wird es eng", [http://www.esa.int/ger/ESA\\_in\\_your\\_country/Austria/Im\\_Orbit\\_wird\\_es\\_eng\\_\(print\)](http://www.esa.int/ger/ESA_in_your_country/Austria/Im_Orbit_wird_es_eng_(print)) , aufgerufen am 6.7.2016
  - 10 NASA Earthdata: <https://earthdata.nasa.gov/user-resources/remote-sensors>, aufgerufen am 6.7.2016
  - 11 Eumetsat: <http://www.eumetsat.int/website/home/AboutUs/WhatWeDo/index.html>, aufgerufen am 6.7.2016
  - 12 Satellite Imaging Corporation:  
<http://www.satimagingcorp.com/gallery/worldview-3/worldview-3-satellite-image-airport-madrid-spain/>, aufgerufen am 6.7.2016
  - 13 Wikipedia, Film: [https://de.wikipedia.org/wiki/Film#Technische\\_Voraussetzungen](https://de.wikipedia.org/wiki/Film#Technische_Voraussetzungen), aufgerufen am 7.7.2016
  - 14 Austrocontrol: [https://www.austrocontrol.at/jart/prj3/austro\\_control/data/uploads/SAT\\_Bilder.pdf](https://www.austrocontrol.at/jart/prj3/austro_control/data/uploads/SAT_Bilder.pdf) , aufgerufen am 7.7.2016
- Icons by Giuditta Valentina Gentile from the Noun Project

## Kontakt



Österreichisches  
Weltraum Forum Austrian Space Forum

ÖWF Büro Innsbruck /  
PolAres Spacesuit Laboratory  
Sillufer 3a  
6020 Innsbruck  
Austria

[info@oewf.org](mailto:info@oewf.org)  
[www.oewf.org](http://www.oewf.org)

Othmar Coser  
Konsulent für Umweltfragen  
Projektleiter Erdbeobachtungs-  
vorträge („Eye in the Sky“)

+43 660 67 22 191  
[othmar.coser@oewf.org](mailto:othmar.coser@oewf.org)