

T e r r a B l u e

Die Erde im globalen Wandel



In Kooperation mit:
Volkssternwarte Laupheim e.V.


Sternwarte
Planetarium
Volkssternwarte Laupheim e.V.


EXPOSITIONEN & EVENTS

Die Volkssternwarte Laupheim e.V. mit Zeiss-Planetarium



Der Verein „Volkssternwarte Laupheim e.V.“ wurde 1975 gegründet und hatte sich von Beginn an der astronomischen Bildungsarbeit verschrieben. 1990 konnte das neugebaute Planetarium in Betrieb genommen werden. Der Erweiterungsbau mit den Sternwarten kam 1997 dazu. 2012 wurde das Planetarium grundlegend technisch modernisiert und zählt heute zu den modernsten Zeiss-Planetarien in dieser Größenklasse. Nun greifen die Laupheimer Hobby-Astronomen erneut nach den Sternen und planen die Erweiterung mit einem Schülerforschungszentrum und einer Ausstellung zum **„Forum der Astronomie“**.

Was für eine Einrichtung in dieser Größenordnung völlig ungewöhnlich ist: hinter den Kulissen ziehen fast ausschließlich Ehrenamtliche die Fäden. Die rund 40 aktiven Mitglieder des Trägervereins Volkssternwarte Laupheim e.V. möchten die Geheimnisse des Universums für jedermann anschaulich vermitteln. Planetarium und Sternwarte in Laupheim ermöglichen jährlich rund **40.000 Besuchern** den Blick ins All.



Ihr Klick zu den Sternen
www.planetarium-laupheim.de

Terra Blue

Die Erde im globalen Wandel



Impressum

© 2011, 1. Auflage, 10.000 Exemplare

Expo-Star GmbH
Expositionen und Events
D-88480 Achstetten
Tel.: +49 (0) 177-892 8337

Redaktion: Robert Clausen
Satz & DTP: Christian Stehle

In Kooperation mit:



Volkssternwarte Laupheim e.V.
Planetarium und Sternwarte
Milchstraße 1
D-88471 Laupheim



**„Am ersten Tag deutete jeder auf sein Land.
Am dritten oder vierten Tag zeigte jeder auf seinen Kontinent.
Ab dem fünften Tag achteten wir auch nicht mehr auf die Kontinente –
wir sahen nur noch die Erde als einen, ganzen Planeten“.**

Sultan bin Salman bin Abdulaziz Al Saud
Erster Araber im All während seines Weltraumfluges im Juni 1985

Terra Blue

Die Erde im globalen Wandel



Vorwort

Wir alle glauben unseren Planeten zur Genüge zu kennen. Aus dem Weltraum, mit Satelliten beobachtet, ergeben sich jedoch vollkommen neue Perspektiven und Einsichten, die uns davon erzählen, wie wenig wir erst von den großen globalen Zusammenhängen verstehen, die das Klima und das Leben auf der Erde steuern.

Nicht zuletzt die Debatte um die Klimawandel-Problematik zeigt uns, dass es wichtig ist, solche Zusammenhänge zu erforschen. Raumfahrt-Organisationen wie die ESA betreiben daher Erdbeobachtungssatelliten, die wertvolle Daten für die Wissenschaft liefern. Gleichzeitig erlaubt es der Blick aus dem All auch, Anwendungen zur Erleichterung des täglichen Lebens zu schaffen – von der Wettervorhersage bis zur Umweltkontrolle.

Ein verantwortungsvoller Umgang mit unserer Umwelt, den Ressourcen und der Zukunftsplanung auf einer immer stärker bevölkerten Erde beginnt sehr häufig mit etwas ganz anderem: mit Faszination. Auch das Erkennen der Einzigartigkeit und der Verletzlichkeit unseres Planeten, die aus dem Weltraum sofort zu erkennen sind, ist eine starke Motivation, unseren Heimatplaneten, dieses Paradies im Sonnensystem, auch entsprechend zu bewahren (schließlich ist und bleibt es der einzige Ort, auf dem wir leben können).

Faszination wecken – das ist das Grundthema dieser wunderbaren Ausstellung. Die großformatigen Fotos aus dem Weltraum bilden die Schönheit unseres Planeten ab, geben neue Ein- und Überblicke und regen zum Staunen an. Es wird deutlich, dass große Zusammenhänge erst im globalen Rahmen und „aus der Ferne“ erkannt werden können. Die Fernerkundung der Erde durch Satelliten spielt hierbei eine Schlüsselrolle, ebenso die internationale Kooperation und die wissenschaftliche Zusammenarbeit über Ländergrenzen hinweg.

Es wird gerne gesagt, dass uns das Raumfahrtzeitalter zurück zur Erde gebracht hat. Das wird durch die Ausstellung „**Terra Blue**“ im besten Sinn verdeutlicht.

Prof. Volker Liebig

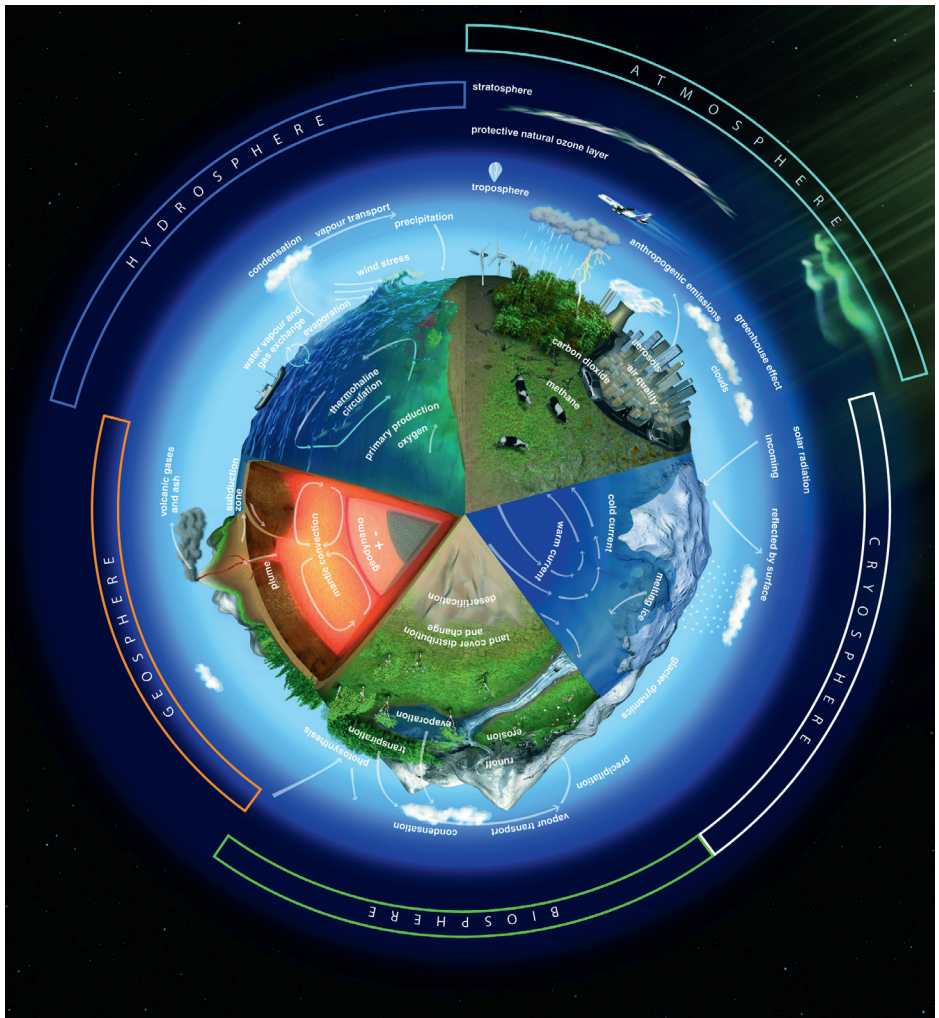
Direktor ESA Erdbeobachtungsprogramme



Wir danken den folgenden Institutionen und Privatpersonen für die freundliche Überlassung von Bild- und Textmaterial sowie Modellen zur Exposition: ACIA, ESA, EADS Astrium, ESRIN, DLR, GLFC, NASA/JPL-Caltech, NOAO, NSIDC, Robert A. Rohde, University of Maryland, USGS, Volkssternwarte Laupheim e.V., Wikipedia.

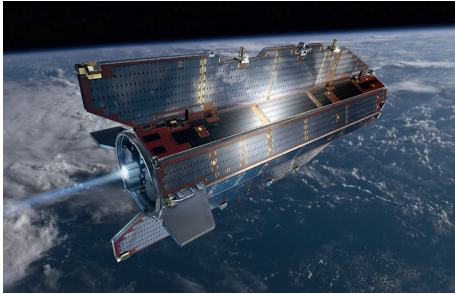
Fernerkundung

„Späher“ im All

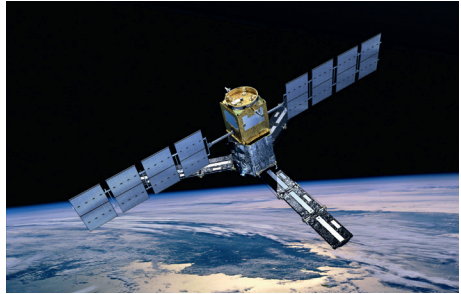


„**Earth Explorers**“ ist der Name einer Serie von Erdbeobachtungsmissionen, deren Schwerpunkt auf der Erhebung von Daten für Wissenschaft und Forschung im Rahmen der **Living Planet Programme** der Europäischen Weltraumorganisation (**ESA**) liegt. Die Missionen sind auf das Verständnis des Erdsystems und den Einfluss menschlicher Aktivitäten auf die natürlichen Vorgänge auf der Erde ausgerichtet.

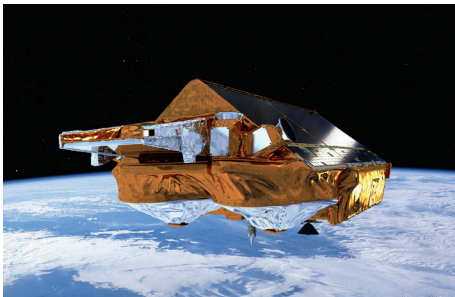
Die Erdbeobachtungsmission der ESA



▲ **GOCE** misst regionale Variationen des Erdschwerefeldes mit bisher nicht erreichter Präzision. Ein Hauptziel ist die Bestimmung einer Referenzfläche zur Beobachtung von Meeresströmungen, die durch ihren großen Beitrag zum globalen Wärmetransport entscheidend für das Klima sind. Start: 17. März 2009



▲ **SMOS** misst die Bodenfeuchte der Festlandsareale und den Salzgehalt der Meere. Dies sind wichtige Größen für die Verbesserung globaler Klimamodelle. Sie wurden noch niemals zuvor von einem Satelliten gemessen. Start: 2. November 2009



▲ **Cryosat** vermisst die genauen Oberflächenhöhen der Landeismassen in Grönland und in der Antarktis sowie die Dicke des schwimmenden Meereises. Start: 8. April 2010



▲ **ADM-Aeolus** erforscht die Dynamik der Erdatmosphäre: Feuchtigkeitsverteilung, Strömungs- und Windverhältnisse werden gemessen. Start: April 2013



◄ **Envisat**, ein Umweltsatellit der ESA, ist seit dem 1. März 2002 im Einsatz. Mit einer Größe von 26 x 10 x 5 Metern und einem Gewicht von 8 Tonnen ist er das schwerste Objekt, das je von einer Ariane-Rakete ins All geschossen wurde.

Envisat umkreist die Erde auf einer polaren Umlaufbahn in 800 km Höhe. An Bord befinden sich zehn hochentwickelte Instrumente für die Messung der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre, der Temperatur der Ozeane, sowie die Bestimmung von Wellenhöhen und Wellenrichtungen, Windgeschwindigkeiten und des Wachstums der Pflanzen.



Das „Bergland des Hungers“

Das Tibetsi-Gebirge im Norden des Tschad ist eine von Vulkanismus und Erosion geprägte Landschaft – umgeben von Sand- und Kieswüsten. Links oben im Bild: Straßen und runde, bewässerte Flächen. Am rechten Rand des Gebirges liegt der Vulkan Emi Koussi, der mit 3 415 Metern der höchste Berg der Sahara ist. Aufnahme: Satellit ENVISAT am 19. Nov. 2009. © ESA

Verwüstungen

Wüsten auf dem Vormarsch



Aufnahmen von **Wüstengegenden** aus dem All bestechen durch eine ganz eigene Ästhetik. Dabei dokumentieren sie eines der größten Probleme unserer Zeit: die **Wüstenbildung** gefährdet 33% der globalen Landoberfläche.

Das Problem ist oft vom Menschen verursacht. Meist ist es das Zusammenspiel von starkem Bevölkerungsdruck und unangepasster Landnutzung wie Rodung, Kultivierung, Überweidung und Holzeinschlag. Wenn die Regeneration durch die Natur die Art und Intensität der Nutzung durch den Menschen nicht mehr ausgleichen kann, sind Degeneration und Wüstenbildung die typischen Folgen (**Sahel-Syndrom**).

◀ **Ubari** und **Murzuq** – Sandmeere im Südwesten Libyens, Sahara (Envisat)



◀ Das Aralsee-Syndrom

Die seit ca. 1960 zunehmende Austrocknung des Aralsees stellt weltweit eine der größten vom Menschen verursachten Umweltkatastrophen dar. Um riesige Baumwoll- und Reisanbaugebiete zu bewässern wurden die Zuflüsse des Sees umgeleitet. Die Folge: der einst viertgrößte See der Erde ist um 75% geschrumpft, großteils verlandet und enthält nur noch zehn Prozent der ursprünglichen Wassermenge.

◀ Der Aralsee: 1989 und 2008

Verlust der Primärwälder

Die Erde verliert jährlich sechs Millionen Hektar Primärwald. Am stärksten sind die Regenwälder betroffen.: Rodungen im Amazonasgebiet (links) und im Grenzgebiet Brasilien/Bolivien (rechts).





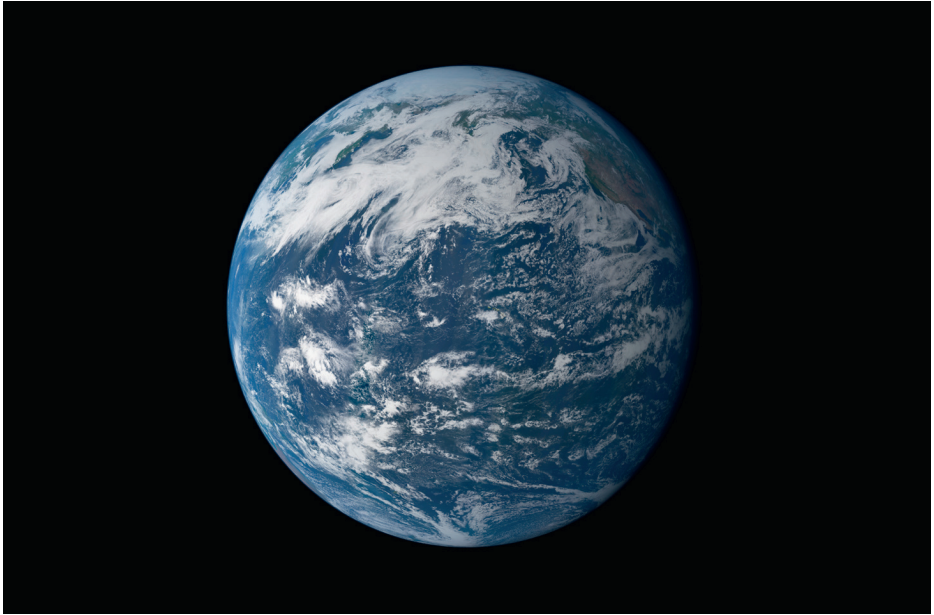
Las Vegas

Links die Wüstenmetropole Las Vegas, rechts der Colorado River, der vom Hoover-Damm zum 180 km langen Lake Meade aufgestaut wird. Las Vegas ist die am schnellsten wachsende Stadt der USA. Zu den über 1 Million Einwohnern der Region kommen jährlich etwa 40 Millionen Touristen. Der Wasserverbrauch der Privathaushalte, sowie der Casinos und Hotels in Las Vegas ist absurd hoch.

Aufnahme Landsat-7 am 3. Mai 2000. © DLR, University of Maryland, GLCF, EarthSat, USGS

Wasser...

...bis zum letzten Tropfen!



▲ Der Wasserplanet

Wasser prägt den Anblick der Erde aus dem All und gab ihm seinen Beinamen: „**Der blaue Planet**“. Die Erde ist der einzige Planet im Sonnensystem, auf dem Wasser in flüssiger Form existiert. 71% der Oberfläche sind von Wasser bedeckt. 97% davon sind Salzwasser. Von den 3% Süßwasser sind 79% in den Eisschilden der Pole und in Gletschern gebunden, 20% sind Grundwasser. Nur 1% steht als Oberflächenwasser für die Nutzung durch den Menschen zur Verfügung.



Während in Europa in der Regel ausreichend Wasser in sauberer Qualität zur Verfügung steht leiden viele Menschen in den Entwicklungsländern unter **Wasserknappheit**. Insgesamt haben nur 80% der Weltbevölkerung Zugang zu sauberem Trinkwasser. In Zukunft drohen Verteilungskämpfe insbesondere unter den Anrainerstaaten internationaler Wasserläufe.

Der private **Wasserverbrauch** pro Person und Tag schwankt beträchtlich: von 5 Litern in Madagaskar und 25 Litern in Indien über 127 Liter in Deutschland und bis zu 295 Litern in den USA.

Die riesigen Wasserflächen der Ozeane nehmen große Mengen der Sonnenenergie auf, speichern diese und geben sie langsam wieder ab. Die Weltmeere sind **Klimapuffer** und gleichen extreme Temperaturschwankungen aus. Darüber hinaus nehmen die Meere mehr als 30% der CO₂-Emissionen auf. Ohne diese „**Kohlenstoffsinken**“ wäre die globale Erwärmung bereits weiter fortgeschritten. Doch auch die Aufnahmekapazität der riesigen Ozeane ist nicht unbegrenzt...

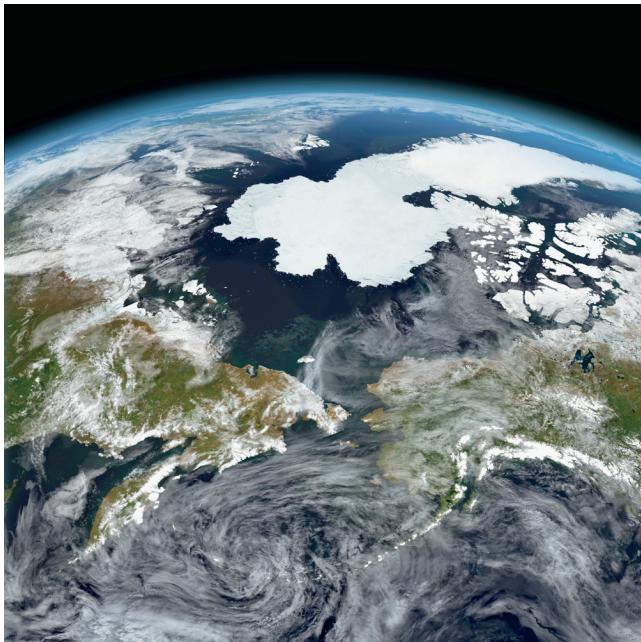
Der Rückzug des „ewigen Eises“

Die Polkappen schmelzen...



◄ Die Eisbedeckung der Arktis nach dem langen polaren Sommer im Jahre 2002.

Die Nordwestpassage zwischen Arktis und Kanada ist für konventionelle Schiffe zu riskant.



◄ Die auf einer Modellrechnung basierende Darstellung der Nordpolarregion im Jahre 2070.

Das Eis ist erheblich zurückgegangen; die Nordwestpassage ist für Schiffe befahrbar.

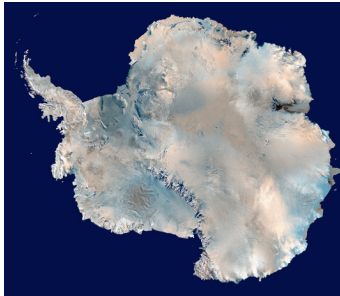
© DLR, NSIDC, ACIA, NASA

Eisschilde und Gletscher

Die Trinkwasser-Speicher der Erden



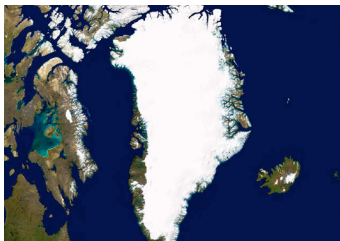
▲ Der **Aletsch-Gletscher** in den Berner Alpen ist mit 21 km Länge der größte Gletscher der Alpen.



Die großen Eisschilde

Die polaren Eisschilde der Antarktis und Grönlands enthalten etwa 99% allen Süßwasser-Eises der Erde. Sie sind etwa 3 km dick.

◀ Der antarktische Eisschild ist größer als Europa und enthält 30 Millionen Kubikkilometer Eis – das sind etwa 90% des gesamten Süßwasservorkommens der Erde. Würde man dieses Eis vollständig abschmelzen würde der Meeresspiegel um etwa 61 Meter ansteigen.



◀ Der grönländische Eisschild umfasst 2,85 Millionen Kubikkilometer Eis. Sein vollständiges Abschmelzen würde den Meeresspiegel um 7 Meter ansteigen lassen.

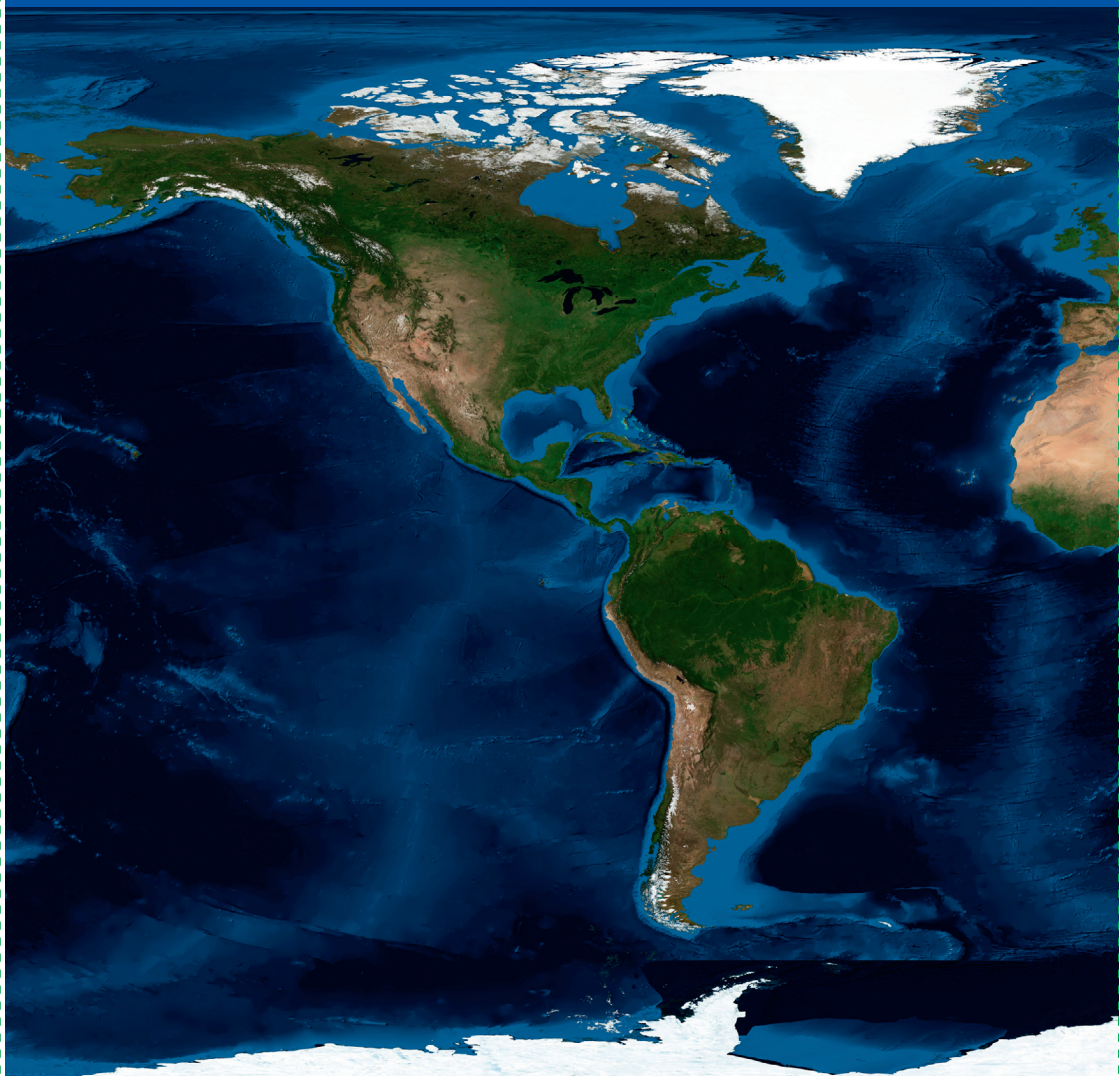
Weltweiter Gletscherrückgang

Die Gletscher spielen in der Klimaforschung eine entscheidende Rolle. Sie sind weltweit auf dem Rückzug. In den letzten 150 Jahren sind die Alpengletscher um etwa ein Drittel geschrumpft. In einigen Regionen ist das **Schmelzwasser** der Gletscher zeitweilig die Haupt-Trinkwasserquelle, weshalb ein Abschmelzen der Gletscher schwere Folgen für die Bevölkerung hätte. Hiervon werden besonders asiatische Städte im Einzugsbereich des Himalaya betroffen sein.

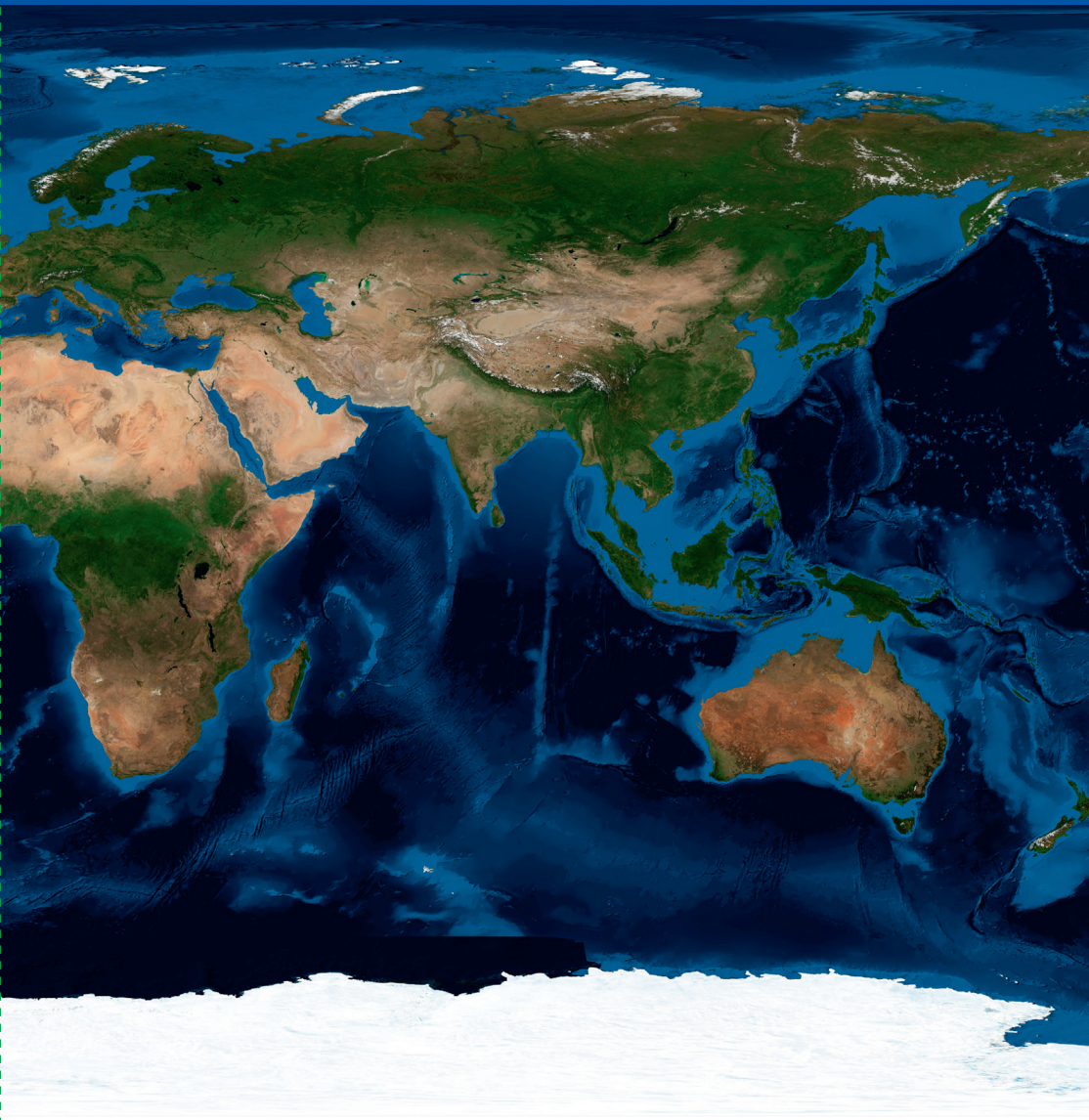


◀ Rückgang der Gletscher im Himalaya (Bhutan).

Das Satellitenbild zeigt die Bildung zahlreicher Gletscherseen am Endpunkt der sich zurückziehenden Gletscher.



Diese Gesamtansicht der Erde zeigt die Landmassen und deren Topografie, die Ozeane und die topografische Gestalt der Meeresböden. © NASA, EOS, Goddard Space Flight Center



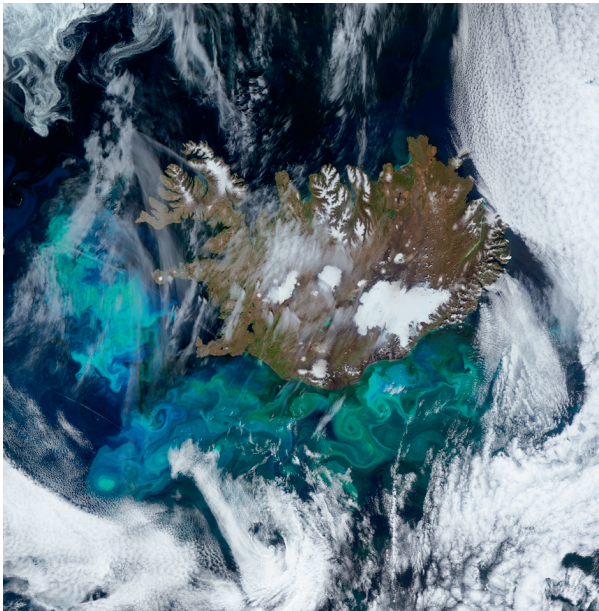
Die Oberfläche der Erde misst 510 Millionen km². Der größte Teil der Erdoberfläche (71%) ist von Wasser bedeckt. Der Anteil der Landfläche (29%) beträgt etwa 148,9 Mio. km².

Algenpest und Planktonblüte



◄ Ein grün-gelber Teppich aus Cyanobakterien bedeckt weite Teile der Ostsee. Die starke Belastung durch Abwässer führt in den Sommermonaten regelmäßig zu Algenblüten und belastet das Ökosystem.

Aufnahme Satellit Terra am 11. Juli 2005. © DLR, NASA,



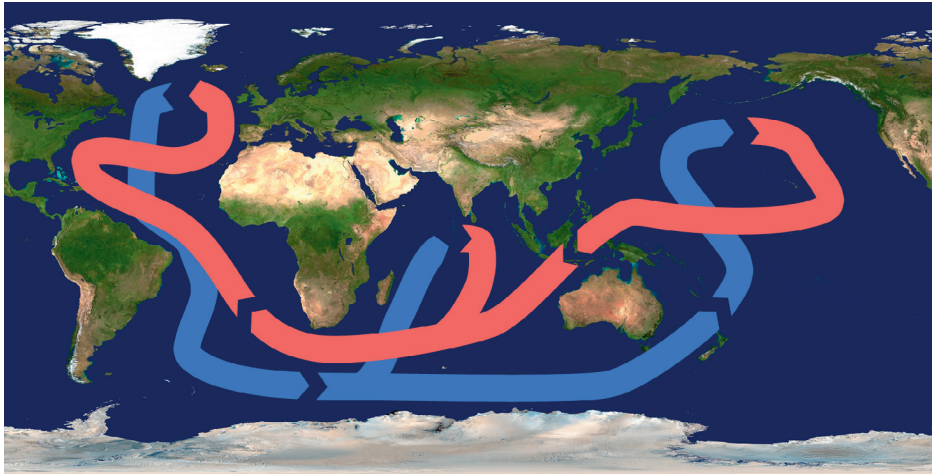
◄ Das Phytoplankton vor Island besteht aus mikroskopisch kleinen Pflanzen und Bakterien.

Sie bilden die Grundlage der maritimen Nahrungskette.

Aufnahme Satellit Terra am 21. Juni 2004. © DLR, NASA

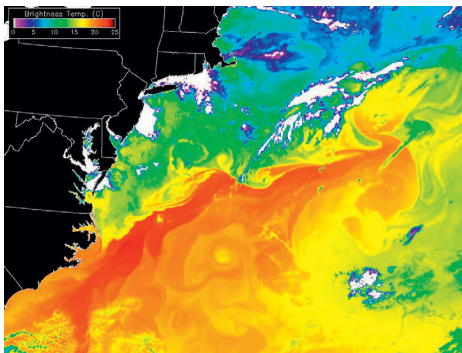
Meeresströmungen

Das globale Fernwärmenetz



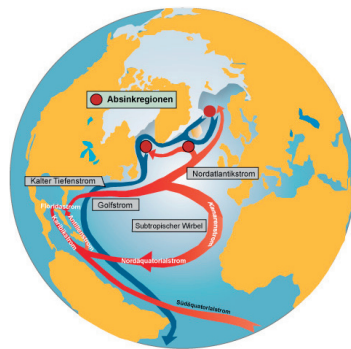
Das globale Förderband

Die großen Meeresströmungen wälzen gewaltige Wassermassen um. Sie transportieren und verteilen Kälte und Wärme wie eine **globale Klimaanlage** rund um den Globus. Die Strömungen werden durch Unterschiede in der Temperatur, dem Salzgehalt (Salinität) und den daraus resultierenden Unterschieden in der Dichte des Meerwassers angetrieben. Die Meeresströmungen sind für das globale Klimasystem und das Klima an den Küstenregionen entscheidend.



Der Golfstrom

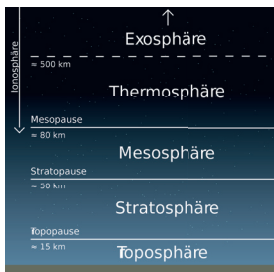
Der Florida- und der Antillenstrom vereinigen sich nördlich der Bahamas zum Golfstrom. Er verläuft an der Küste Nordamerikas nach Norden (links) und fließt dann als Nordatlantikstrom in Richtung Europa. Ohne die „**Fernwärme**“ aus dem Golf von Mexiko wäre es in Mittel- und Nordeuropa deutlich kühler. Die Energiemenge dieser Fernheizung ist gewaltig – sie entspricht in etwa der Produktion von mehr als einer Millionen Kernkraftwerken. Der Golfstrom hat großen Einfluss auf das **Klima in Europa**. An der Südwestküste Englands liegt die Temperatur auch im Winter meist über dem Gefrierpunkt und damit weit höher als in anderen Gegenden auf dem gleichen Breitengrad. So wachsen in Cornwall Palmen. Auch das relativ milde Klima Islands ist auf den Golfstrom zurückzuführen.



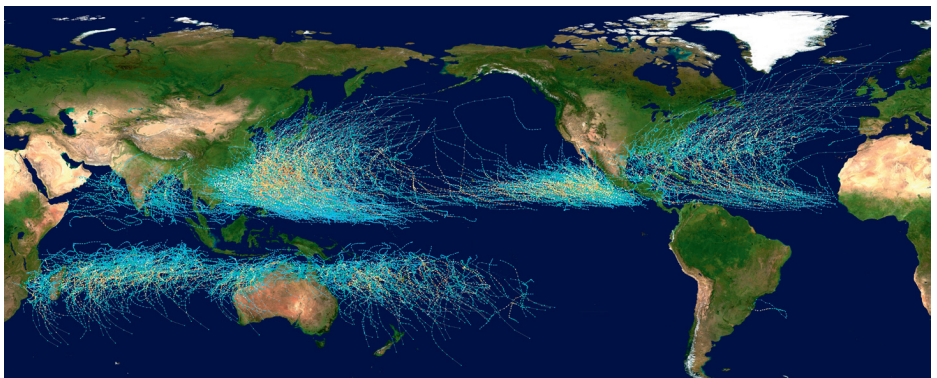
Dem Nordatlantikstrom verdankt der Hafen von Murmansk, dass er das gesamte Jahr über eisfrei ist.

Die Atmosphäre

Eine hauchdünne Schutzschicht...



Hauchdünn ist die Atmosphäre im Vergleich zum Erdradius. Dies wird deutlich, wenn man sie aus dem Weltraum betrachtet. Die **Troposphäre** ist der untere Teil der Atmosphäre. Sie reicht bis in eine Höhe von 15 km und enthält fast den gesamten Wasserdampf. Hier entsteht unser Wetter



▲ Die Verlaufbahnen von **tropischen Wirbelstürmen** in den Jahren 1985 bis 2005

Der Klimawandel führt zu einem erhöhten Energiegehalt der Atmosphäre, was zu Wetterextremen bis hin zum vermehrten Aufkommen von tropischen Wirbelstürmen führen kann.

Emissionen

„Dicke Luft“ und Löcher...



Der natürliche Treibhauseffekt

Treibhausgase blockieren zum Teil die vom Boden abgestrahlte Wärme, die sonst ins Weltall entweichen würde. Die in der Atmosphäre vorkommenden natürlichen Treibhausgase erhöhen die Temperatur auf der Erde um etwa 33°C . Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt würde die durchschnittliche Temperatur auf dem Blauen Planeten bei -18°C liegen.

Die Störung des natürlichen Gleichgewichts durch den Menschen verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt und führt zur **globalen Erwärmung** mit zahlreichen negativen Folgen.



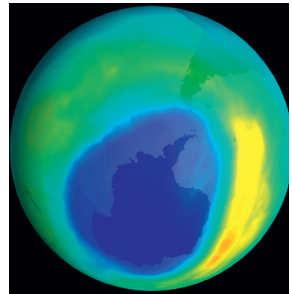
Kohlenstoffdioxid (CO_2) macht etwa 60% des vom Menschen verursachten zusätzlichen Treibhauseffektes aus. Es entsteht bei der Verbrennung fossiler Energieträger durch Beheizung, Verkehr, die Industrie und durch die Stromerzeugung. CO_2 wird erst nach etwa 120 Jahren in der Atmosphäre abgebaut.

Methan (CH_4) ist ein 25fach stärkeres Treibhausgas als CO_2 . Die zunehmende Haltung von Rindern, der häufige Nassreisanbau und Emissionen von Deponiegas führen zu einer Verstärkung des Treibhauseffektes. Die Verweildauer in der Atmosphäre beträgt 9 bis 15 Jahre.

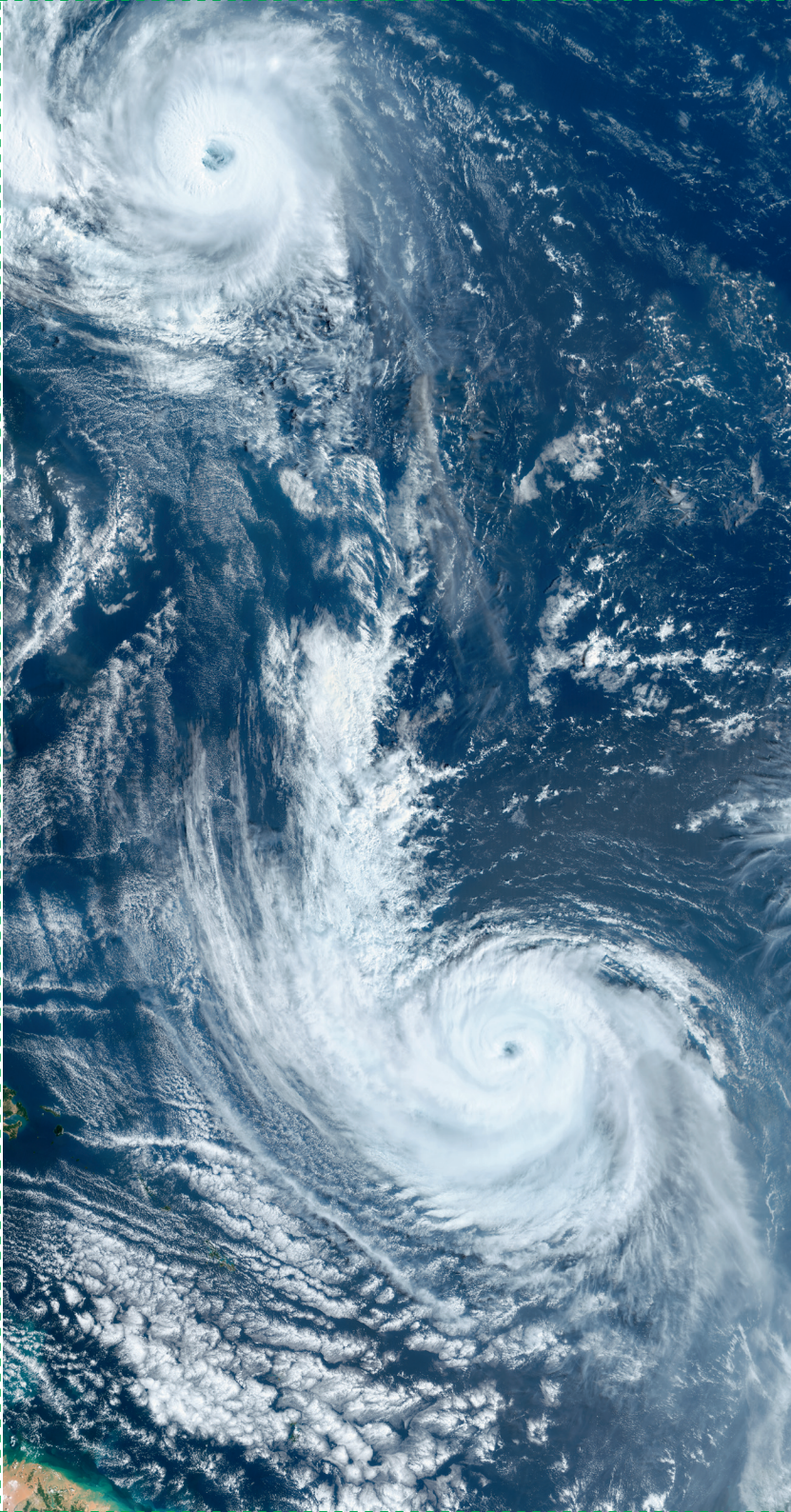
Stickstoffdioxid (NO_2) ist ein 298fach stärkeres Treibhausgas als CO_2 . Hauptverursacher ist mit mehr als 50% der Straßenverkehr. Es hat eine atmosphärische Verweilzeit von 114 Jahren und wirkt sich auch auf die Ozonschicht aus.

Das Ozon-Loch

In der **Stratosphäre** befindet sich die **Ozonschicht**. 1985 entdeckte man in den langandauernden Polarnächten einen starken Rückgang der Ozonkonzentration über der Antarktis; 1992 auch über der Nordpolarregion. Verursacht wurde dieses Ozonloch durch Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW). Strahlt gegen Ende der Polarnächte die Sonne durch das noch nicht wieder geschlossene Ozonloch, nimmt die UV-Strahlung zu, so dass mit einem deutlichen Anstieg von Hautkrebsfällen und schweren Augenerkrankungen zu rechnen ist. 1987 wurde FCKW verboten. Es wird jedoch bis etwa 2050 dauern, bis sich die Ozonschicht erholt hat. Die Ozonkonzentration wird ständig von **Umweltsatelliten** überwacht.



Das Ozonloch am 6. Sept. 2000 (Antarktis) ▲

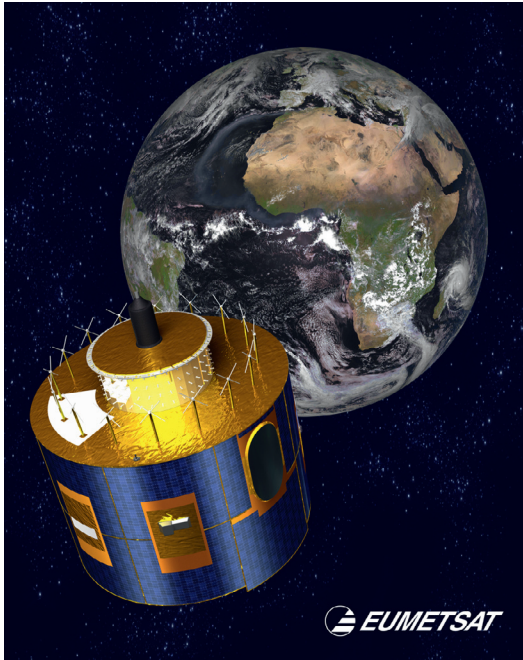


Hurrikane und Taifune

Erreicht ein tropischer Wirbelsturm Orkanstärke ($12 = 118 \text{ km/h}$) bezeichnet man ihn als Hurrikan oder Taifun. Der Taifun Ketsana (links) über der Philippinensee am 24. Oktober 2003 erreichte Windgeschwindigkeiten von bis zu 230 km/h . Der Taifun Parma (rechts) entstand als tropisches Tiefdrucksystem nördlich von Guam und wurde zeitweise zu einem Supertaifun heraufgestuft. Taifune gehören zu den schlimmsten Naturkatastrophen im Pazifik. Aufnahme des Satelliten Terra/Aqua © DLR, NASA

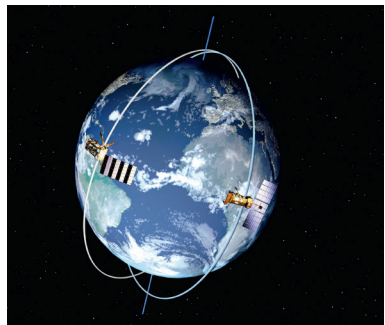
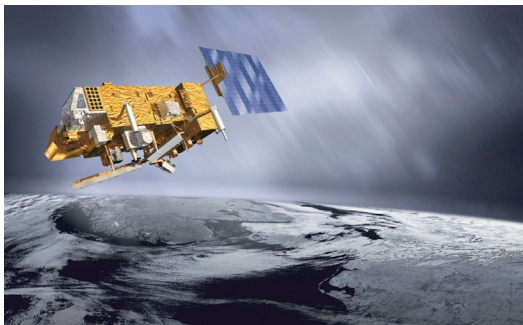
Wetterbilder

Das tägliche Wetter – direkt aus dem All



Meteosat ist der Name für geostationäre Wettersatelliten, die die europäische Organisation **EUMETSAT** betreibt und in enger Zusammenarbeit mit der **ESA** entwickelt. Meteosat-1 startete 1977, Meteosat-9 im Jahr 2005. Der Satellit umrundet die Erde synchron zur Erdumdrehung in 24 Stunden einmal. Die verwendete **geostationäre** Position bei 0° geographischer Länge im Erdabstand von ca. 36.000 km über dem Äquator ist für die Wetterbeobachtung über Europa, dem östlichen Atlantik, sowie Afrika und Teile Südamerikas optimal.

EUMETSAT, die europäische Organisation für die Nutzung meteorologischer Satelliten ist eine zwischenstaatliche Organisation mit Sitz in Darmstadt mit derzeit **26** europäischen Mitgliedsstaaten und **fünf** Kooperationsstaaten. EUMETSATs Daten, Produkte und Dienstleistungen leisten einen bedeutenden Beitrag für die Wettervorhersage und für die Überwachung des globalen Klimas.



Ergänzt werden die **geostationären** Wettersatelliten der **Meteosat**-Reihe durch **Metop** (links), der auf einer **polaren Umlaufbahn** in 820 Km Höhe um die Erde kreist und zusätzliche Daten zur Chemie der Atmosphäre liefert. Satelliten mit polarer Umlaufbahn können innerhalb eines Tages nahezu die gesamte Erdoberfläche abtasten. Rechts: Die Bahnen von EUMETSATs **Metop** und eines Wettersatelliten der **NOAA** (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Künstliche Wolken...

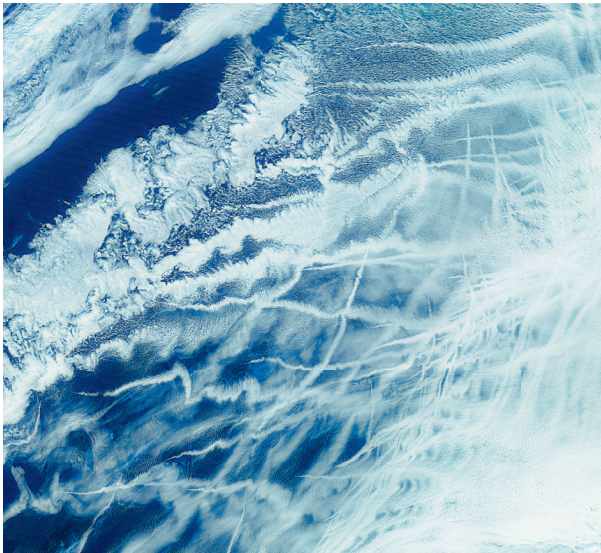
...als Klimafaktor



◀ Kondensstreifen

Der deutlich erkennbare, etwa 5 km breite Kondensstreifen wirft einen Schatten auf die darunter liegende Bewölkung. Die Abschattung der künstlichen Wolken beeinflusst die natürliche Einstrahlungsbilanz der Erde.

© DLR, GLCF



◀ „Ship Tracks“

Emissionen von großen Schiffen erzeugen durch den hohen Ausstoß von Schwefeldioxid langgestreckte, tiefe Wolken über dem Meer, die ebenfalls Einfluss auf das Klima haben.

© DLR, NASA

Klima im Wandel

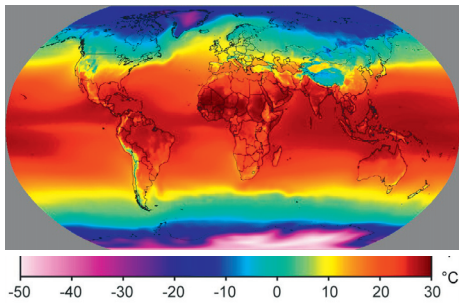
Die globale Erwärmung



Unter der „**globalen Erwärmung**“ fasst man den in den letzten Jahrzehnten beobachteten Anstieg der Temperatur in der erdnahen Atmosphäre und den Meeren, sowie deren künftig erwartete Erwärmung zusammen.

Von 1906 bis 2009 ist die Temperatur weltweit um $0,74^{\circ}\text{C}$ angestiegen. Das mit Abstand wärmste Jahrzehnt wurde zwischen 2000 und 2009 gemessen. In Abhängigkeit vom künftigen Ausstoß von Treibhausgasen wird bis zum Jahre 2100 eine weitere Erwärmung zwischen $1,1^{\circ}\text{C}$ und $6,4^{\circ}\text{C}$ erwartet.

Dies hätte fatale Folgen: Verstärkter Rückgang der Gletscher, das Abschmelzen der Eisschilde, ansteigende Meeresspiegel und zunehmende Wetterextreme.



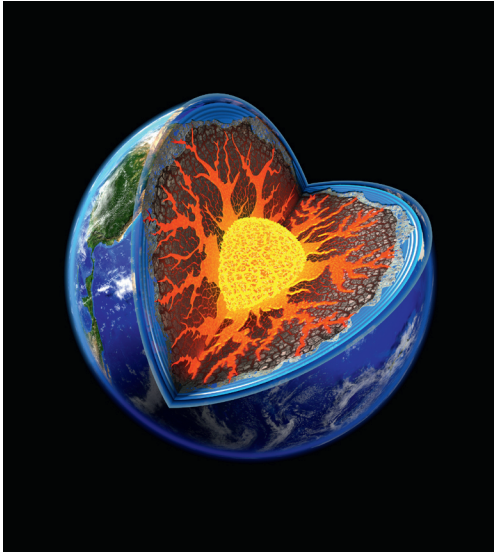
◀ Die Karte zeigt die **durchschnittliche Jahres-Temperatur der bodennahen Luftschichten** im Zeitraum **1961 bis 1990**. Der Bereich zwischen den Wendekreisen des Krebses und des Steinbocks (23° $26'$ nördlich bzw. südlich des Äquators) umfasst einen 5.200 km breiten Streifen mit den höchsten Temperaturen. Die kältesten Temperaturen weisen Grönland und die Antarktis auf.

Für die **globale Erwärmung** ist nach dem heutigen Stand der Wissenschaft die Verstärkung des natürlichen **Treibhauseffektes** durch menschliches Einwirken verantwortlich. Durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, das weltweite Abholzen der Wälder sowie intensive Land- und Viehwirtschaft werden die Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2) und Methan in der Atmosphäre angereichert. Dadurch kann weniger Wärme von der Erdoberfläche in den Weltraum abgestrahlt werden.



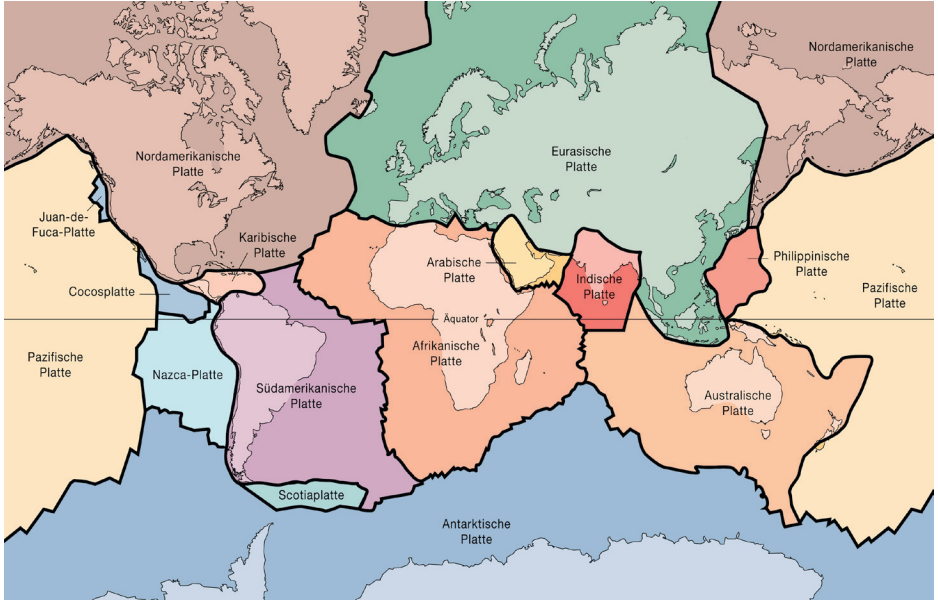
Plattentektonik

Schwimmende Kontinente



Das Innere der Erde

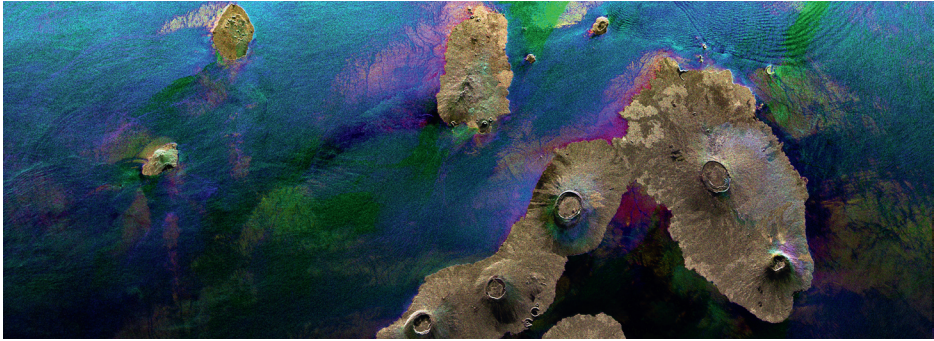
Die **Erdkruste** ist ca. 40 km dick und besteht aus kristallinen Gesteinen. Darunter liegt der 2.900 km dicke **Erdmantel**, der aus zähplastischem Gestein besteht. Daran schließt sich der flüssige Teil des **äußeren Erdkerns** an, der hauptsächlich aus einer 2.900 °C heißen Nickel-Eisen-Schmelze besteht. Im Zentrum befindet sich der **innere Erdkern**, vermutlich eine feste Nickel-Eisen-Legierung. Der innere Erdkern hat einen Durchmesser von 2.500 km. Dort herrscht ein Druck von vier Millionen bar und eine Temperatur von über 4.000 °C. Die Erdkruste besteht aus riesigen festen Platten. Diese „schwimmen“ auf dem Erdmantel und sind in ständiger, langsamer Bewegung, angetrieben durch aufsteigendes, heißes Material aus dem glutflüssigen Erdmantel.



▲ **Die Platten der Erdkruste** bewegen sich gemäß der **Plattentektonik**. Dort wo sich die Platten berühren, kommt es häufig zu Erdbeben.

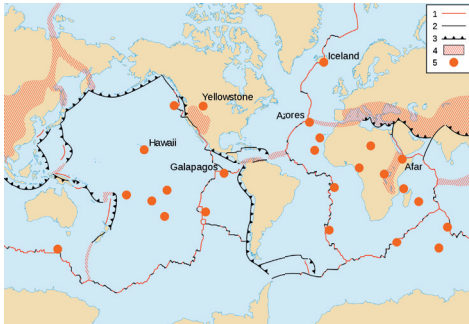
Vulkanismus

Plattengrenzen und Hot Spots



▲ Die **Galapagos-Inseln**, 1000 km westlich von **Ecuador** im Pazifik gelegen, sind vulkanischen Ursprungs. Die tektonische **Nasca-Platte**, auf der die Inseln liegen, bewegt sich über einer **Magmakammer (Hot Spot)**, die auch heute noch vulkanische Aktivität auf den Inseln Isabela und Fernandina bewirkt. Auf der Insel Fernandina brach der Vulkan Cumbre zuletzt im April 2009 aus.

Die Radar-Aufnahme des Satelliten **Envisat** zeigt farbige Strukturen im Wasser. Diese ergeben sich aus Höhendifferenzen, die durch Wind und Wellen hervorgerufen werden.



Entstehungsorte der Vulkane

Vulkane entstehen meist an den Rändern tektonischer Platten, also dort, wo Platten auseinanderstreben (1), sich aneinander vorbei (2), oder untereinander (3) schieben.

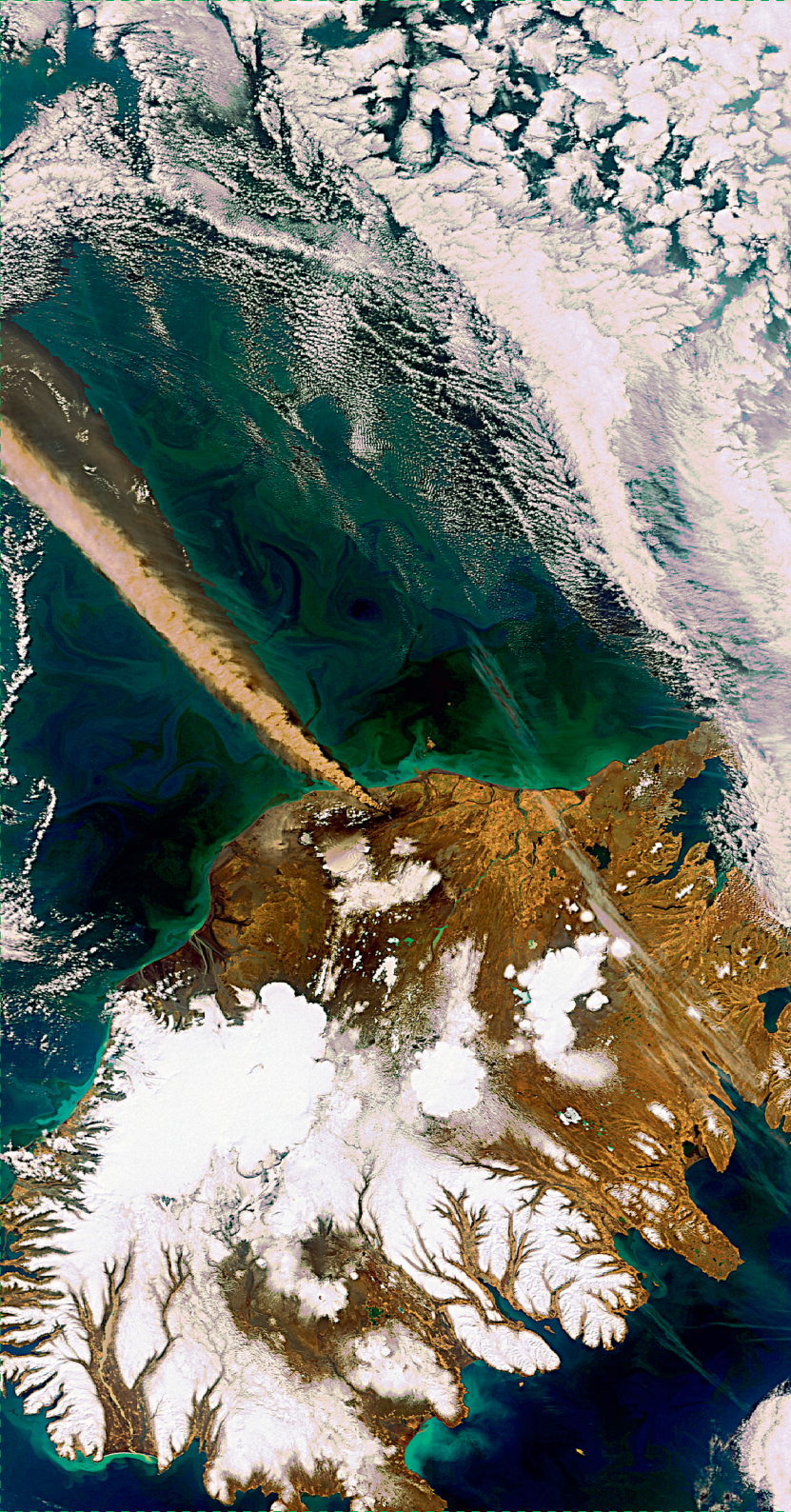
Dort herrschen spezielle Bedingungen, die zur Aufschmelzung des festen Gesteins und zur Magmabildung führen. Es bilden sich Magmaherde. Wenn der Druck zu groß wird, steigt das Magma über Spalten der Erdkruste auf und es kommt zu einem Vulkanausbruch.



Hot Spots

Vulkane können aber auch unabhängig von den Rändern der tektonischen Platten über sogenannten „Hot Spots“ (5) auftreten. Das sind ortsfeste Aufschmelzungsbereiche im Erdmantel. Wenn sich eine tektonische Platte über einen „Hot Spot“ hinwegbewegt, bilden sich wie an einer Perlschnur hintereinander liegende Vulkane. Bekannteste Beispiele dafür sind Hawaii und die Galapagos-Inseln.

◀ Der Kilauea auf Hawaii



Der Vulkan Eyjafjallajökull, Island

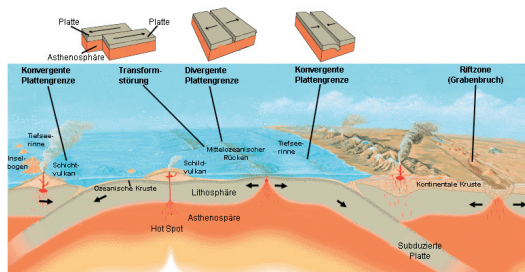
Der Ausbruch des 1.666 m hohen Vulkans begann am 20. März 2010. Auf Grund der ausgetretenen Vulkanasche wurde der Flugverkehr in großen Gebieten von Nord- und Mitteleuropa eingestellt. Dies war eine bis dahin beispiellose Beeinträchtigung des Luftverkehrs in Europa infolge eines Naturereignisses. Aufnahme des Satelliten ENVISAT am 11. Mai 2010. © ESA

Erdbeben

Wenn die Welt aus den Fugen gerät



▲ Das große Erdbeben vom 18. April 1906 in San Francisco gilt als eine der schlimmsten Naturkatastrophen in der Geschichte der Vereinigten Staaten. Durch das Beben und die anschließend ausgelösten Feuer kamen nach offiziellen Angaben rund 3.000 Menschen ums Leben. Das San Francisco-Erdbeben ereignete sich entlang des San Andreas-Grabens und hat das nördliche Drittel der Verwerfung auf einer Länge von 477 km aufgerissen



Wie entstehen Erdbeben?

Erdbeben entstehen durch die Bewegungen der tektonischen Platten. Insbesondere an den **Plattengrenzen**, wo sich verschiedene Platten auseinander (Spreizungszone), aufeinander zu (Kollisionszone) oder aneinander vorbei (**Transformverwerfung**) bewegen, bauen sich Spannungen innerhalb des Gesteins auf. Die Platten können sich in ihrer Bewegung verhaken und verkanten. Wird die Scherfestigkeit der Gesteine überschritten, entladen sich diese Spannungen durch ruckartige Bewegungen der Erdkruste, und es kommt zum Erdbeben. Wenn sich Beben auf See ereignen entstehen Wellen, die beim auflaufen auf Land Höhen von bis zu 100 Metern erreichen können. Diese **Tsunamis** können verheerende Zerstörungen verursachen.

Dieser Globus mit fast 2m Durchmesser steht im Mittelpunkt der Ausstellung
„Terra Blue – Die Erde im globalen Wandel“



Expo-Star GmbH
Expositionen und Events
Hauptstraße 1
D-88480 Achstetten

Tel.: +49 (0) 177-892.8337