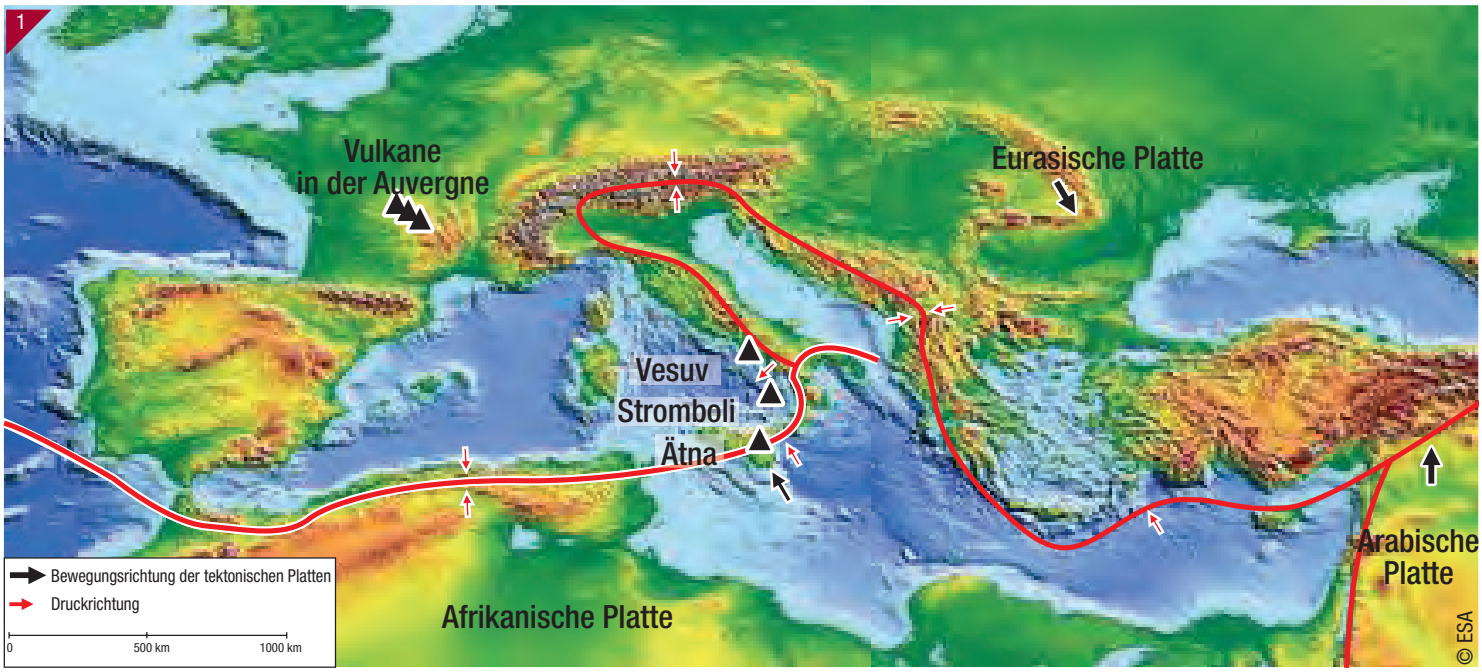
esa

9- Vulkane: der Ätna

European Space Agency
Agence spatiale européenne

the Living Planet

Die Erdoberfläche besteht aus großen Platten, die sich langsam, aber stetig gegeneinander verschieben. Diese Bewegungen sind für Erdbeben und Vulkanausbrüche verantwortlich.



Diese aus Satellitendaten errechnete Aufnahme des Mittelmeeres zeigt die verschiedenen Meerestiefen sowie das Relief des Festlands. Deutlich sind auch die Gebirgsketten auf dem Meeresgrund zu erkennen. Der Verlauf der Plattenränder ist hier relativ leicht ersichtlich. Verschieben sich die Platten, bilden sich Brüche oder Verwerfungen, wodurch geschmolzenes Gestein aus dem Erdinneren plötzlich an die Oberfläche gelangt – so entstehen in diesen Gebieten Vulkane, wie z. B. in Italien.

Die Insel Sizilien im Herzen des Mittelmeeres, Oktober 2002 während eines Ausbruchs des Ätna, Aufnahme des Satelliten Envisat.

Die riesige Rauchwolke beim Ausbruch des Ätna im Oktober 2002 ist deutlich aus dem All zu erkennen und kann eine Ausdehnung von mehreren Tausend Kilometern erreichen. Sie besteht aus Gasen, Staub und Asche, enthält Kohlendioxid und Schwefel und wirkt sich auf die Umwelt aus.
Wie aus dem Bild ersichtlich, treibt der vorherrschende Wind den Rauch in Richtung afrikanische Küste (Tunesien, Libyen). Satelliten sind in der Lage, stets aktualisierte Informationen zu diesen Phänomenen bereitzustellen.

Aus menschlicher Perspektive geht die Verschiebung der tektonischen Platten nur sehr langsam vonstatten (einige Zentimeter pro Jahr). Aber auch diese langsamen Bewegungen summieren sich: so driftete Indien in den vergangenen 70 Millionen Jahren über 2 000 km Richtung Norden!

DER ÄTNA – DER AKTIVSTE VULKAN EUROPAS

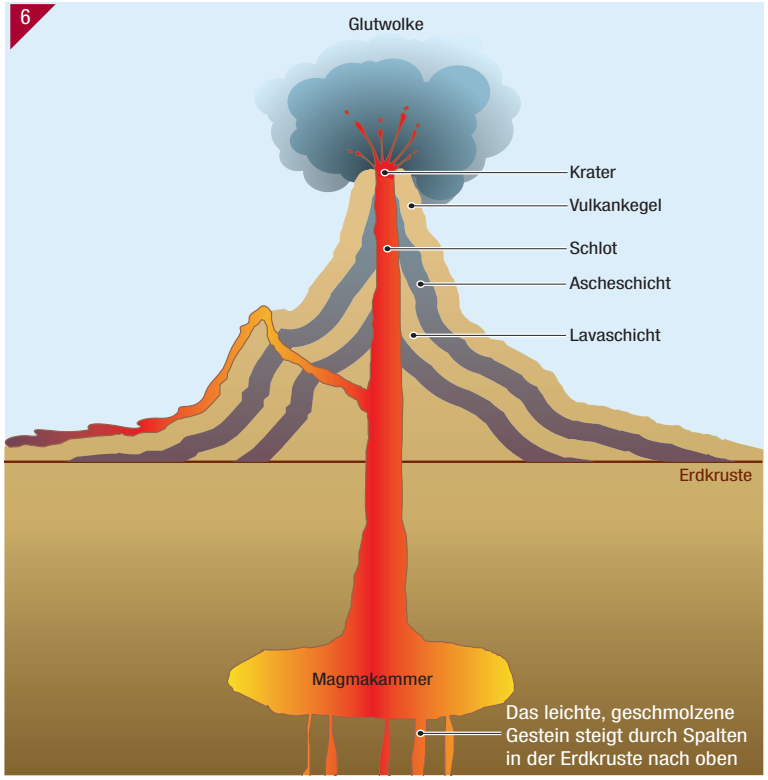
Der Ausbruch im Juli 2001: Rauch steigt aus dem Krater des Ätna auf. Die flüssigheiße Lava ist in Rot zu erkennen. Rezente Lavaströme an der Flanke des Vulkans erscheinen schwarz, ältere rötlich. Die Stadt Catania ist auf der unteren Bildseite an der Küste zu sehen. Die Vulkanerde ist äußerst fruchtbar; die Vegetation erobert ihre Gebiete nach einem Ausbruch rasch zurück (Aufnahme von Spot-5).

Die Stadt Catania am Fuße des Ätna.

Aktive Vulkane wie der Ätna brechen relativ häufig aus.

Aus diesem Grund ist die Beobachtung und Überwachung dieser Vulkane mit herkömmlichen Methoden am Boden oder mithilfe von Satelliten unerlässlich. Im Jahr 1669 wurde ein Teil der Stadt von einem Lavastrom zerstört.

Nächtlicher Ausbruch des Ätna. Im Hintergrund sind die Lichter von Catania zu erkennen.



Der aufsteigende Rauch des Vulkans enthält Gase und Asche. Aber der Vulkan spuckt auch geschmolzene Materie (Magma) und Gestein oder Felsbrocken in allen Größen, die aus dem Erdinneren stammen. Etwa 10 km unter der Erdoberfläche befindet sich ein großes Magma-Reservoir (Gesteinsschmelze). Bei großem Druck steigt das Magma auf und der Vulkan bricht aus. Dieser Druck ist so stark, dass er den Vulkan einige Zentimeter anheben kann.

ZENTIMETERGENAUE MESSUNGEN

Auf dieser gerechneten Darstellung sind zehn mehr oder weniger konzentrische Farbbänder zu sehen, die in vier Farbzyklen (gelb-rot-violett) angeordnet sind. Jeder Farbzyklus entspricht einer ca. 2,8 Zentimeter großen Hebung des Vulkans, d. h. die Vulkanspitze hat sich zwischen den Messungen um etwa 11 Zentimeter erhöht.

Die präzise Überlagerung von Radarsignalen ermöglicht nicht nur die Bestimmung des Reliefs, sondern auch die Messung von kleinen Erdbewegungen (z. B. bei Erdbeben, bei Vulkanausbrüchen oder vor dem Abgang eines Bergsturzes).

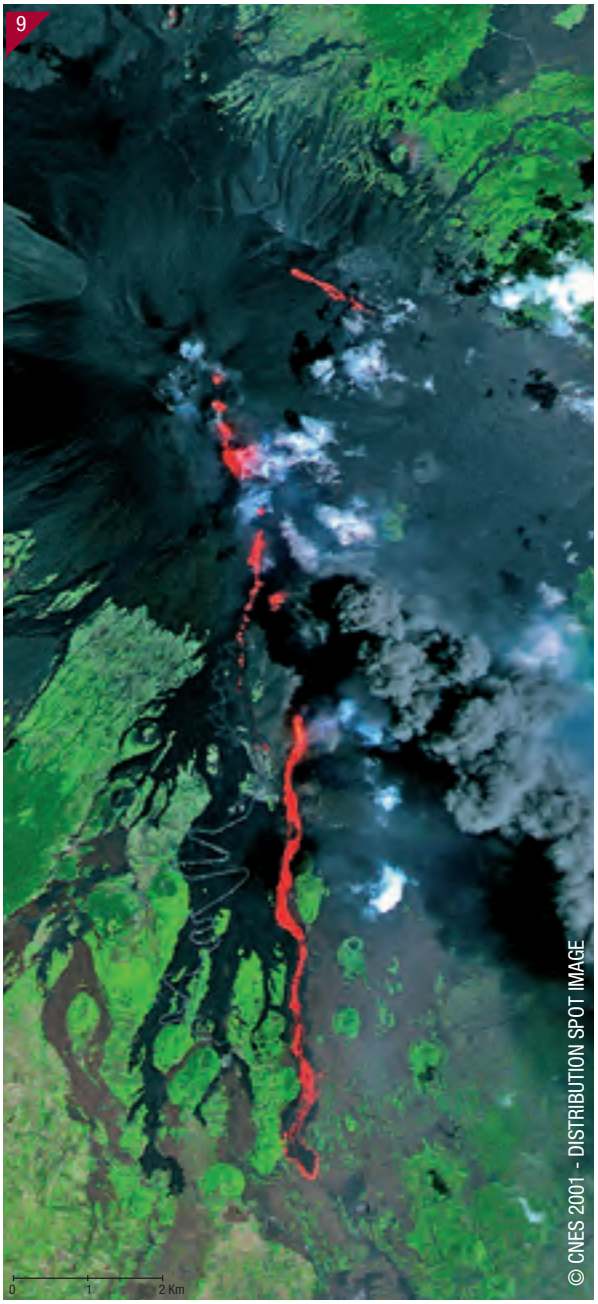
Radare senden Mikrowellenimpulse, die von der Erdoberfläche (einem Vulkan, einem Berg, einer Stadt, einem Wald usw.) wie ein Echo zurückgeworfen und anschließend vom Satelliten aufgezeichnet werden.
Um festzustellen, ob die Erdoberfläche sich auch nur um wenige Millimeter bewegt hat, genügt es, im Abstand von einigen Tagen Radarmessungen aus dem All vorzunehmen. Stimmen die von allen Objekten am Boden zurückgeworfenen Wellen nicht exakt überein, bedeutet dies, dass sich der Boden an dieser Stelle um einige Millimeter bewegt hat.

Lavaströme und insbesondere Glutwolken können sich mit hoher Geschwindigkeit talwärts bewegen und alles zerstören, was sich ihnen in den Weg stellt.

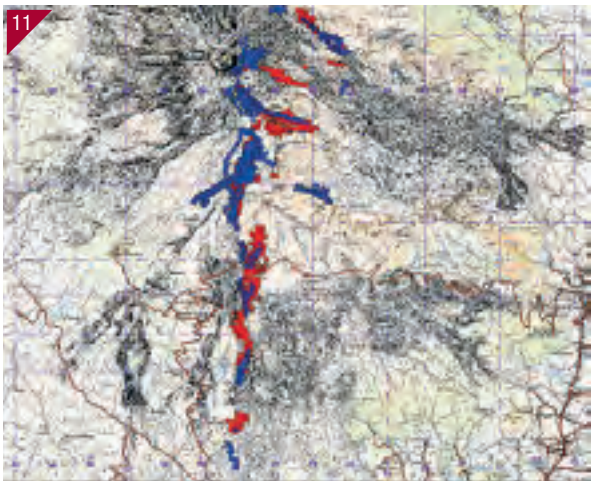
Die durch Lavaströme und Glutwolken verursachten Schäden können beträchtliche Ausmaße erreichen. Mithilfe der Satellitenbeobachtung wird die Entwicklung eines Vulkanausbruchs überwacht und die Bewegung der Lavaströme verfolgt. Zudem können Satelliten auch die einem Ausbruch vorangehenden Erdbewegungen und Temperaturänderungen wahrnehmen.

Nach einem Ausbruch des Ätna entstandene Schäden.

Zwischen dem Vulkanausbruch, dem Überflug des Satelliten, der Datenübertragung, der Bildbearbeitung, der Übermittlung der Bilder an die Lokalbehörden und der Ausgabe von Warnungen vor Ort verstreicht immer eine gewisse Zeit. Aus diesem Grund stellen Satelliten zwar nicht das wichtigste Präventionsmittel dar, sind jedoch äußerst nützlich für die Bedarfsplanung und Schadensbeurteilung nach einer Katastrophe sowie die Planung der Rettungseinsätze. So vermitteln sie beispielsweise aktuelle Informationen über die Straßenverhältnisse und die Zugangswege in die betroffenen Gebiete.
Dank dem durch Satelliten bereitgestellten Gesamtüberblick ist es zudem möglich, bei Noteinsätzen die Prioritäten besser festzulegen.



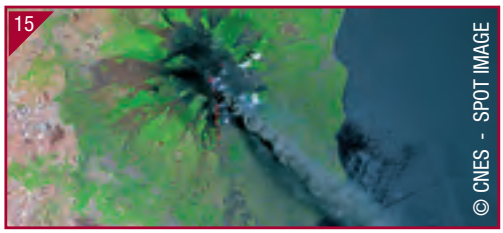
Auf diesem Satellitenbild ist die Ausdehnung der frisch ausgeflossenen Lava in Rot zu erkennen. Links davon befindet sich ein etwas älterer Lavastrom, der die Straße zerstört hatte. Diese wurde neu gebaut, was deutlich zu erkennen ist. (Aufnahme von Spot).

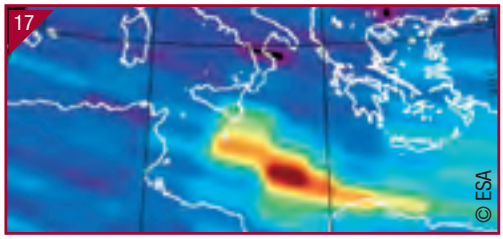


Satellitenaufnahmen stellen Informationen bereit, die den Lokalbehörden zusammen mit Karten die Möglichkeit an die Hand geben, angemessen auf die jeweilige Situation zu reagieren.

Wie funktionieren Satelliten?

Die Internationale Charta zum Katastrophenmanagement





Für die Bereitstellung aller nützlichen Informationen bei einer Katastrophe reicht ein einziger Satellit nicht aus, da er sich zum Zeitpunkt des Ereignisses auf der anderen Seite der Erde befinden kann. Zudem ist ein Satellit, der Bilder im sichtbaren Bereich aufzeichnet, nicht einsatzfähig, falls sich die betroffene Region unter einer Wolkendecke befindet oder die Katastrophe nachts ausbricht. In diesem Fall ist ein Radarsatellit am besten geeignet.

Die Europäische Weltraumorganisation und verschiedene andere Raumfahrtagenturen mehrerer Länder haben eine Vereinbarung getroffen, die eine Bündelung und Koordination der im Weltraum stationierten Beobachtungsinstrumente ermöglichen. Die auf den Namen „Internationale Charta zum Katastrophenmanagement“ getaufte Vereinbarung legt fest, wie diese technischen und wissenschaftlichen Instrumente im Katastrophenfall den Behörden zur Verfügung gestellt werden.

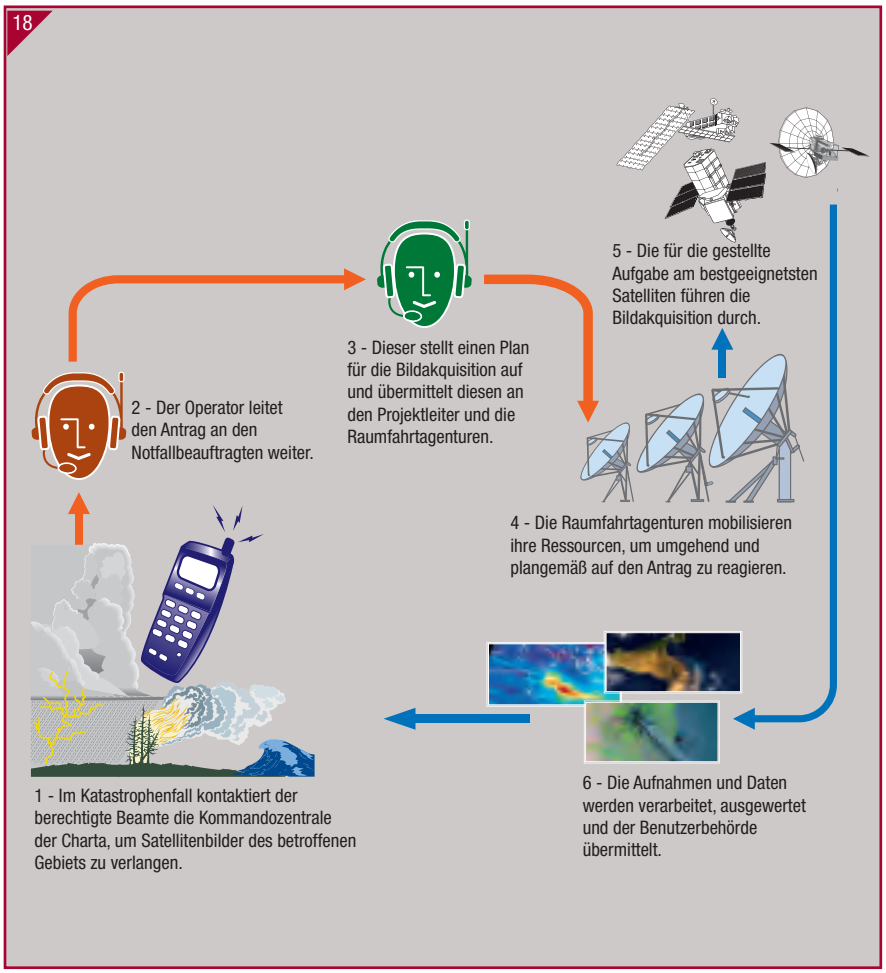
Funktionsweise der Charta

Im Katastrophenfall wird im Rahmen dieser internationalen Charta die Aufnahme von Satellitenbildern als oberste Priorität organisiert.

Die Charta kommt auf Antrag der Zivilschutzbehörden bei einer Katastrophe zur Anwendung, die Menschenleben gefährdet oder beträchtliche Sachschäden verursacht.

Diese internationale Koordinationsarbeit ist das Ergebnis einer europäischen Initiative.
Im Januar 2007 vereinigte sie folgende Organisationen:

Europäische Weltraumorganisation (ESA)
Centre national d’études spatiales (Cnes) – Frankreich
Kanadische Raumfahrtagentur (CSA)
Indian Space Research Organisation (ISRO)
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) – USA
Argentinische Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)
Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)
US Geological Survey (USGS)
DMC International Imaging / British National Space Center (BNSC)
Chinese National Space Administration (CNSA)



Begleitheft für Lehrer

Die Begleithefte für Lehrer dienen der Unterrichtsvorbereitung und ergänzen die an die Schüler verteilten Faltbroschüren. Sie enthalten eine Zusammenfassung nützlicher Informationen für die Einführung in das jeweilige Thema sowie zusätzliche Daten zu den Satellitenaufnahmen, eine Bibliographie und eine Liste mit Websites zu den behandelten Themen.

Themenset Nr. 9: Vulkane: der Ätna

Das Themenset Nr. 9 setzt sich mit Vulkanen auseinander.

Es bietet folgende Möglichkeiten:
- Kennenlernen der wichtigsten Vulkane in Europa;
- Erkennen der mit der Vulkantätigkeit verbundenen Phänomene;
- Untersuchung der Beziehungen zwischen der menschlichen Gesellschaft und dem Vulkanismus.

Vulkanismus

Das Verständnis und die Lokalisierung von Vulkanen weltweit setzt die Auseinandersetzung mit der Plattentektonik voraus. Der feste obere Teil der Erdkruste, die Lithosphäre, ist ca. 100 km dick und umfasst die Kontinente sowie den Grund der Ozeane. Sie besteht aus der Erdkruste und dem oberen Teil des Erdmantels und ist in sechs tektonische Hauptplatten und in sechs kleinere Platten aufgeteilt. Diese Platten „schwimmen“ auf der zähflüssigen Asthenosphäre, die Konvektionsströmungen ausgesetzt ist. Die Bewegung der Platten führt zur Bildung großer Bruchsysteme in der Erdkruste, die das Aufsteigen von Magma begünstigen. Die Beziehungen zwischen Vulkanismus und seismischer Instabilität sind heute erwiesen („Pazifischer Feuerring“) und Gebiete mit aktiven Vulkanen sind zugleich auch Erdbebenregionen.

Vulkanausbrüche unterscheiden sich je nach Art und Form der in der Magmakammer vorkommenden Materie. Es wird zwischen folgenden Eruptionstypen unterschieden: hawaiianischer Typus (flache Lavakuppe, keine Explosion, wenig Auswürfe, ergiebige Lavaströme), strombolianischer Typus (abwechselnder Ausstoß von Gasen mit Auswürfen und Lavaströmen, die sich in Schichten auf dem Vulkankegel ablagern), vulkanianischer Typus (viele Auswürfe, Gasexplosionen) und plinianischer Typus (heftige Gasexplosionen, Glutwolken, Bildung von Schlotpfropfen, sog. Vulkandome). Ein Vulkan kann Phasen verschiedener Eruptionstypen durchlaufen, sich also über Jahrhunderte verändern. Die Aktivität von Vulkanen ist meist nicht kontinuierlich.

Der Vulkanismus hat unterschiedliche Auswirkungen auf die menschlichen Gesellschaften. Vulkane stellen in erster Linie eine große Naturgefahr für die Bevölkerung dar. Der dramatische Ausbruch des Vesuvs vor knapp 2 000 Jahren, aber auch jüngere Vulkanausbrüche wie der des Pinatubo auf den Philippinen, des Nevado del Ruiz in Kolumbien oder auf der Karibikinsel Montserrat führen uns vor Augen, dass der Vulkanismus eine unkontrollierbare Gefahr darstellt. Dabei darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass er auch positive wirtschaftliche Auswirkungen nach sich ziehen kann. Die Ascheablagerungen an den Flanken oder am Fuß von Vulkanen sind äußerst fruchtbar und somit förderlich für die Landwirtschaft. Kurbäder, Tourismus (z. B. die Puy-Kette in der französischen Auvergne) und die Nutzung von Vulkanerde und -gestein (Puzzolanerde, Andesit, Basalt usw.) zeugen von der Anpassungsfähigkeit des Menschen an dieses Naturphänomen.

Satellitenbilder

Deckblatt

Aufnahme Deckblatt: Der Ätna-Krater (Proba / Chris)
Proba ist ein kleiner, im Jahr 2002 von der ESA gestarteter Testsatellit mit einem Gewicht von nur 94 kg, der die Erprobung neuer, automatischer Funktionen ermöglicht. Er ist unter anderem mit einem leistungsstarken Instrument (Chris), einer hoch auflösenden Multispektralkamera, ausgestattet. Diese Aufnahme entstand am 30. Oktober 2002.

Mittelteil

Bild Nr. 1: Digitales Modell von Europa und dem Mittelmeerraum
Dieses digitale Höhenmodell (DHM – Englisch: Digital Elevation Model, DEM) von Europa und dem Mittelmeerraum zeigt unter anderem das Unterwasserrelief.
Die satellitengestützten Altimeter messen selbst leichte, sich im Zentimeterbereich über viele Kilometer hinziehende Erhebungen auf der Meeresoberfläche. Durch die Genauigkeit und hohe Anzahl von Messungen kann nach der Integration dieser Daten in ein digitales Modell und unter Einbeziehung anderer Quelldaten (Sonarmessungen usw.) und Parameter (Kenntnis des Geoids, Auswirkungen der Gezeiten usw.) eine Karte des Unterwasserreliefs erstellt werden, auf der die Kontinuität der geologischen Strukturen der Kontinente auf dem Meeresboden erkennbar ist.
Diese Karte, die anhand von Messdaten mehrerer Satelliten (insbesondere ERS-1 und ERS-2) entstand, wurde in Gemeinschaftsarbeit von mehreren Laboratorien erstellt.

Bild Nr. 2: Sizilien und der Ausbruch des Ätna (Envisat / MERIS)
Die ausgestoßenen Aerosole und Gase haben regional und global dauerhafte Auswirkungen auf die Atmosphäre. Die durch das Schwefeldioxid erzeugte Schwefelsäure kann mehrere Jahre in der Atmosphäre verbleiben. Mithilfe von Satelliten ist es möglich, die Entwicklung und Auswirkungen auf Atmosphäre und Wolken nachzuvollziehen und zu analysieren. Diese Aufnahme entstand am 28. Oktober 2002.

Bild Nr. 3: Der Ausbruch des Ätna (Spot-5)
Der Ätna ist mit einer Höhe von 3 370 m der höchste und zugleich aktivste Vulkan Europas.
Seine Auswürfe können Geschwindigkeiten bis 450 m pro Sekunde erreichen und somit die Schallgeschwindigkeit übertreffen. Diese Aufnahme zeigt Lavaströme aus verschiedenen Sekundärkratern.

Bild Nr. 7: Darstellung des Ätna mit Radarinterferometrie (Envisat)
Die Interferometrie ist eine Technik, die eine Vermessung des Reliefs im Dekameterbereich sowie die Erfassung von Bodenbewegungen im Millimeterbereich ermöglicht. Sie besteht in der Kombination der Wellenphasen von zwei Radarsignalen desselben Gebietes, die meist zu unterschiedlichen Zeiten oder aus zwei leicht verschiedenen Positionen aufgezeichnet wurden. So entsteht ein Interferogramm, aus dem das Relief berechnet werden kann. Ist der Abstand der beiden Aufnahmepositionen klein (etwa im Meterbereich), kann das Interferogramm auch Erdverschiebungen im Millimeterbereich aufzeigen. Dies ist möglich, weil die Phasen des rückgestreuten Signals eines jeden Objektes am Boden (jeder Stein usw.) gemessen und verglichen werden. Über größere Oberflächen kann auf diese Weise eine relative Bewegung der Erdoberfläche (Aufblähen eines Vulkans vor der Eruption oder Krustenbewegungen nach einem Erdbeben usw.) sichtbar gemacht werden. Auf einem bildmäßigen Interferogramm sind die Phasendifferenzen meist zyklisch in Farbe dargestellt. Ein Farbzyklus stellt in diesem Fall die Verschiebung einer Oberfläche um 2,8 cm in Richtung des Satelliten dar und entspricht im Fall des Radars auf Envisat der halben Wellenlänge des Radarsignals.

Diese komplexe Technik wird zur Überwachung von Bodenbewegungen – insbesondere der auf den Magmadruck zurückzuführenden Ausdehnung von Vulkanen – oder Vorzeichen von Erdrutschen eingesetzt. Sie kann als Ergänzung von seismografischen Messungen am Boden herangezogen werden.

Seite 5 - Ausbruch des Ätna im Jahr 2001

Bild Nr. 9: Lavastrom am Ätna (Spot-5)
Dieses Bild ist eine Vergrößerung der im Mittelteil abgebildeten Spot-Aufnahme. Besonders gut zu erkennen ist eine Serpentinenstraße, die wieder auf dem Lavastrom gebaut wurde, der sie zuvor zugeschüttet hatte.

Bild Nr. 11: Wärmeströme an den Flanken des Ätna
Die Internationale Charta zum Katastrophenmanagement wurde nach einem Ausbruch des Ätna am 26. Juli 2001 aktiviert. Der Vulkan bedrohte das in der Achse des Lavastroms gelegene Dorf Nicolosi mit 5 000 Einwohnern.
Diese Karte zeigt, welche Informationen von den Mitgliedern der Charta rasch bereitgestellt werden können: die Entwicklung der

Wärmeströme vom 29. Juli 2001 im Vergleich zu denen vom 21. Juli ist rot und blau eingezeichnet. Erstellt wurde die Karte anhand von Bildern des Satelliten Landsat.

Seite 6 – Wie funktionieren Satelliten?

Bild Nr. 18: Die Internationale Charta zum Katastrophenmanagement

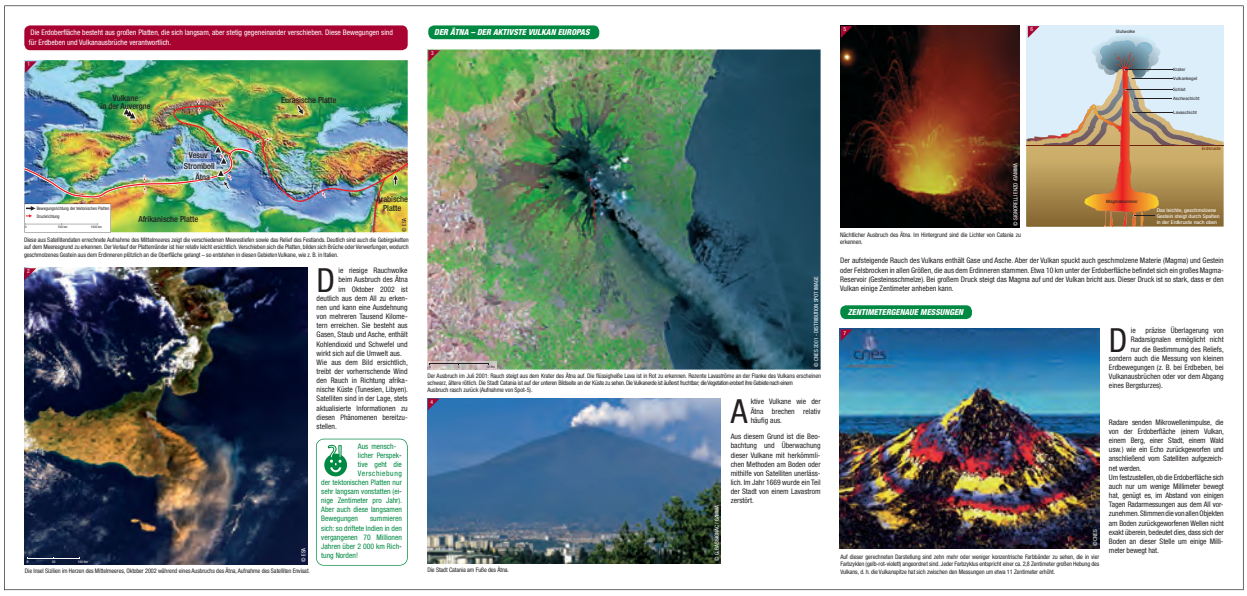
Im Juli 1999 beschlossen die französische Raumfahrtagentur CNES und die Europäische Weltraumorganisation ESA, ihre Satellitensysteme für die Prävention und das Management von Natur- und Industriekatastrophen bereitzustellen. Die Internationale Charta zum Katastrophenmanagement trat offiziell am 1. November 2000 in Kraft und hatte im Januar 2007 zehn Mitglieder.
Die Koordination und Bündelung der Raumfahrtkapazitäten mehrerer Raumfahrtagenturen ist für die Überwachung und Beobachtung eines Krisengebiets unerlässlich.

Die Mobilisierung mehrerer Satelliten garantiert, dass im Katastrophenfall die dem betroffenen Gebiet am nächsten positionierten und geeignetsten Satelliten ihre Sensoren sofort auf das Katastrophengebiet richten. Die restlichen Satelliten auf der erdnahen Umlaufbahn, die die gesamte Erde im Durchschnitt alle zwei bis drei Tage abdecken, stellen ebenfalls nützliche Aufnahmen bereit, um das ganze Ausmaß der Katastrophe im Detail ermessen zu können, ihre Auswirkungen zu überwachen und genaue Karten für die Rettungskräfte und Katastrophenhelfer zur Verfügung zu stellen.

Anhang – zwei Auszüge aus der Charta:

1 – In Krisenzeiten Staaten und Gemeinschaften, in denen Personen, Tätigkeiten oder Sachen von einer unmittelbar bevorstehenden Natur- oder technischen Katastrophe bedroht sind oder bereits geschädigt wurden, Daten zur Verfügung zu stellen, aus denen geeignete Informationen für die Krisenvorhersage und das Krisenmanagement gewonnen werden können.

2 – Mit diesen Daten sowie den aus dem Einsatz der weltraumtechnischen Einrichtungen hervorgegangenen Informationen und Diensten zur Organisation der Hilfsaktionen und Nachsorge beizutragen.



Online-Ressourcen

www.esa.int	Website der ESA (Europäische Weltraumorganisation)
www.esa.int/SPECIALS/ESRIN_SITE/index.html	Website des ESRIN – Europäisches Weltraumforschungsinstitut: Zentrum der ESA für die Erdbeobachtung
www.esa.int/eo	Website der ESA zum Thema Erdbeobachtung
earth.esa.int/earthimages	Satellitenbildergalerie der ESA
www.esa.int/education	Bildungswebsite der ESA
www.eduspace.esa.int	Website der ESA zum Thema Erdbeobachtung für Schulen (EDUSPACE)
www.dlr.de	Website des DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)
www.cnes.fr	Website der französischen Raumfahrtagentur CNES Präsentation der Missionen und Tätigkeiten des CNES
www.cnes-edu.fr	Bildungswebsite des CNES
www.spotimage.fr	Bildergalerie von SPOT IMAGE

VULKANE UND PLATTENTEKTONIK

www.eduspace.esa.int/subtopic/default.asp?document=277&language=de	EDUSPACE: Katastrophenüberwachung/Vulkane
www.vulkane.net/	Informationen über Vulkane mit Unterrichtsmaterial und Arbeitsblättern
klett-verlag.de/sixcms/list.php?page=geo_infothek&node=Vulkanismus&article=Infoblatt+Vulkanbauten	Informationsblatt des Klett-Verlags zum Thema Vulkanausbrüche
klett-verlag.de/sixcms/list.php?page=geo_infothek&node=Vulkanismus	Infothek des Klett-Verlags zum Thema Vulkanismus
klett-verlag.de/sixcms/list.php?page=geo_infothek&node=Plattentektonik	Infothek des Klett-Verlags zum Thema Plattentektonik
www.lehrer-online.de/nl-vulkanismus.php	Lehrmaterialien zum Thema Plattentektonik
www.scinexx.de/index.php?cmd=focus_detail&f_id=48&rang=1	Scinexx, das Wissensmagazin, zum Thema Plattentektonik
http://satgeo.zum.de/satgeo/beispiele/vulk/start.htm	Glossar zum Vulkanismus, von Schülern erstellt

INTERFEROMETRIE

www.fe-lexikon.info/lexikon-i.htm#interferometer	Aus dem Online-Lexikon für Fernerkundung

INTERNATIONALE CHARTA ZUM KATASTROPHENMANAGEMENT

www.disasterscharter.org	Website der Internationalen Charta zum Katastrophenmanagement (auf Englisch)

Satellitenbilder

Herstellung / Autoren

Projektleitung im Auftrag der ESA	Agostino de Agostini
Entwicklung	Frédéric Létang / Patrice Desenne
Redaktion und Gestaltung	Frédéric Létang
Produktion	Europimages - Aliette Cremer
Übersetzung	Susanne Haberstroh
Wissenschaftliche Beratung (ESA)	Isabelle Duvaux Béchon / Laurence Ghaye Jürg Lichtenegger
Pädagogische Beratung	Éric Janin
Dokumentation	Valérie Massignon – XYZèbre
Grafik	Boris Uzan / Serge Lauth
Illustrationen	Philippe Bouillon – Illustratek

Themenset Nr. 9 - Vulkane: der Ätna

Beantworte nach aufmerksamem Durchlesen und Anschauen des Themensets folgende Fragen:

1 – Welches Phänomen ist für Erdbeben und Vulkanausbrüche verantwortlich?
.....
.....
.....

2 – Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich eine tektonische Platte?
.....
.....
.....

3 – Was wird bei einem Vulkanausbruch in die Atmosphäre ausgestoßen?
.....
.....
.....

4 – Welche Schäden werden von einem Vulkanausbruch verursacht?
.....
.....
.....

5 – Welche Übereinstimmung kannst du zwischen der vom Satelliten Spot erstellten Aufnahme des Ätna (Abb. 3) und dem darunter dargestellten Foto des Ätna (Abb. 4) erkennen? Welche Informationen enthält das Satellitenbild?
.....
.....
.....
.....
.....

6 – Was sind die wichtigsten Funktionen von Fernerkundungssatelliten, mit denen Vulkane beobachtet werden?
.....
.....
.....

7 – Mit welcher Genauigkeit können bestimmte Satelliteninstrumente Erdverschiebungen beobachten?
.....
.....

8 – Welches Abkommen haben die Weltraumagenturen für den Fall einer Naturkatastrophe abgeschlossen? Wozu dient dieses Abkommen?
.....
.....
.....
.....