

Naturräumliche Gliederung Europas

Vom Weltall aus betrachtet erscheint der europäische Kontinent wie eine Ansammlung von Inseln und Halbinseln. Die Nähe zu den Meeren prägte in vielfältiger Weise das Wirken der Menschen. Und so ist es nicht erstaunlich, dass gerade europäische Seefahrer und Forscher die Entdeckungsgeschichte der Erde entscheidend bestimmt haben. Das Satellitenbild (M 3.2) vermittelt eine ungewohnte Ansicht des europäischen Kontinents. Im Unterschied zu topographischen Karten, auf denen Wesentliches hervorgehoben und weniger Wichtiges zurückgedrängt bzw. weggelassen wird (Generalisierung), zeigen Satellitenaufnahmen durch den Empfang und die Umsetzung von elektromagnetischen Wellen die gesamte Vielfalt der Formen der Erdoberfläche. Die hohe Informationsdichte der Daten erschwert dabei einerseits die Auswertung des Bildmaterials, vermittelt andererseits aber einen realistischeren Eindruck des Raumes.

Satellitenbilder haben keine Legende, weshalb zur Interpretation Erfahrung, geographische Kenntnisse und das Hinzuziehen von Hilfsmitteln notwendig sind. Zur Auswertung tektonisch-morphologischer Informationen sind vor allem Unterschiede im Farbton und in der Farbsättigung, der Textur der Oberfläche, der Größe und der Form zu berücksichtigen.

Besonders deutlich treten Geländeformen in ariden bzw. semiariden Regionen zutage, da die starke Reflexion grüner Blätter wegfällt, doch können auch in den feucht-gemäßigten, humiden Breiten Landschaftsstrukturen durchaus erkannt werden.

3.1 Gliedern Sie das Satellitenbild in drei große Flächen entsprechend der Ihnen bekannten naturräumlichen Einheiten.

3.2 Verfolgen Sie den linienhaften Verlauf der Hochgebirge und ordnen Sie diese unter Zuhilfenahme einer geologischen Karte der entsprechenden Gebirgsbildungsphase zu (M 3.4).

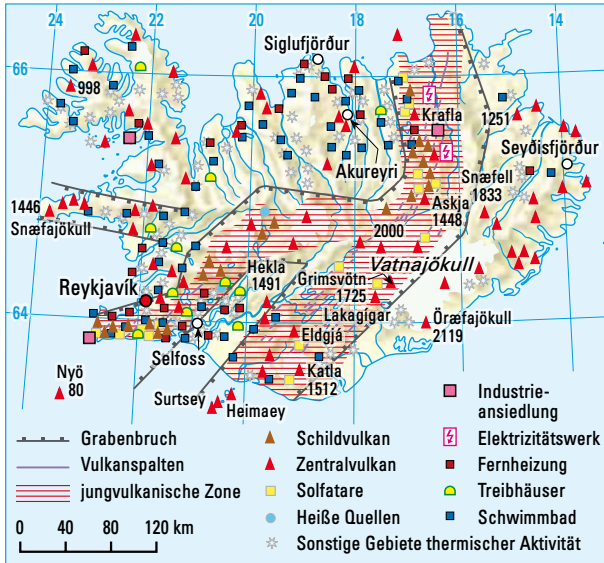
3.3 Vergleichen Sie auf der Satellitenaufnahme die Textur der Oberfläche von Alpen und Zentralmassiv. Erläutern Sie, wie unterschiedliche Gebirgsformationen im Satellitenbild erscheinen.



M 3.2 Europa im Satellitenbild

Geothermie – Energie aus der Tiefe

M 3.5 Vulkanische Erscheinungen und Nutzung der Erdwärme auf Island



M 3.6 Heimat der Trolle und Feen

„So ruhig und in sich gelassen Island oft wirkt, die Insel ist immer noch in Bewegung ... Alle fünf Jahre, so Seismologen, bricht auf Island ein Vulkan aus. Zuletzt war es der Hekla im Süden der Insel, der Ende Februar 2000 ein Feuerwerk aus einer fast sieben Kilometer langen Eruptionsspalte spie. Gleichzeitig ist Islands Oberfläche zu einem Zehntel vereist. Allein der Vatnajökull-Gletscher ist größer als alle Alpengletscher zusammen. Seine Seen werden von der unterirdischen Vulkanhitze vorm Gefrieren bewahrt. Aus Feuer und Eis geht das dritte Island prägende Element hervor: Wasser. Es existiert in allen drei Aggregatzuständen: flüssig, dampfend oder gefroren. Unvorstellbare Mengen Gletscherschmelzwasser donnern im Sommer den engen Cañon des „goldenen Wasserfalls“ Gullfoss hinunter, rauschen den mächtigen Dettifoss oder den von Basaltsäulen gesäumten Svartifoss hinab. Alle paar Minuten schießt kochend heißes, dampfendes Wasser aus dem Geysir Strokkur im Haukadalur und aus dem Solfatarenfeld am Kverkfjöll wabern Dampfschwaden zwischen bizarren Eisblöcken hoch.“

<http://www.spiegel.de/reise/fernweh/0,1518,236995,00.html>

Auf Island lässt sich ablesen, welche Vorgänge an den plattentektonisch bedingten Nahtstellen der Erdkruste noch heute stattfinden. Die Insel liegt nicht nur direkt an der Grenze zweier auseinander driftender Kontinentalplatten, sondern sitzt auch mitten auf einem Hot spot, d. h. einer Stelle, an der glühendes Magma aus dem Erdmantel bis in die Erdkruste vordringen kann. Diesem verdankt die Insel ihre Entstehung. Vor etwa 25 Mio. Jahren durchdrangen Lavamassen den Meeresboden und ließen im Verlauf zahlreicher Eruptionen die Insel in die Höhe wachsen, bis sie schließlich über den Meeresspiegel aufragte.

Island ist Teil des Mittelatlantischen Rückens, der die Plattengrenze zwischen der Nordamerikanischen und der Eurasischen Kontinentalplatte bildet. Durch das unvermindert anhaltende Auseinanderdriften der Erdplatten brach auf der Insel ein Zentralgraben auf, der von einem dichten vulkanischen Spaltensystem begleitet wird. Auf diese jungvulkanische Zone, die kaum mehr als 100 km breit ist und sich im Süden in zwei parallele Stränge teilt, beschränken sich die vulkanischen Aktivitäten (M 3.5). Nur hier kommen Magmenkammern vor, in denen Gesteinsschmelzen z. T. aus 20 km Tiefe direkt an die Oberfläche aufsteigen und zu Vulkaneruptionen führen.

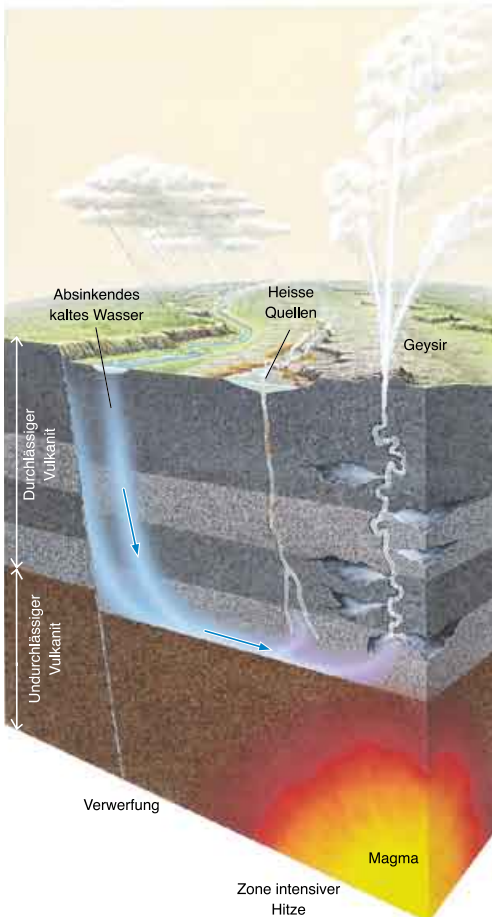
Die beiden Kontinentalplatten zerrren die Insel im Norden mit etwa 2 cm/a, im Südtteil mit durchschnittlich 4,5 cm/a auseinander. Dabei entstanden Querbrüche, die rechtwinklig zum Zentralgraben verlaufen. Über Jahre hinweg bauen sich im Bruchsystem Spannungen auf, die sich in Erdbeben entladen und bis in die Gegenwart zu erheblichen Verschiebungen auf der Insel führen können.

Vulkaninsel Island – ideale Voraussetzungen für die Nutzung von Erdwärme

Aufgrund des vulkanischen Charakters von Island existiert ein verstärkter aufwärts gerichteter geothermischer Gradient. 37 aktive Vulkane heizen den Untergrund auf, sodass eindringendes Niederschlagswasser erwärmt wird und als heißes Grundwasser oder Wasserdampf an der Oberfläche austreten kann. Heiße Quellen, Geysire und Wasserdampfspalten sind sichtbare Zeichen des



M 3.7 Einbau einer Bodenheizung in eine Hauptstraße von Reykjavik



M 3.8 Entstehung von Geysiren und heißen Quellen

geothermischen Potenzials der Insel. Nur wenige hundert Meter unter der Erdoberfläche herrschen in wasserführenden Gesteinsschichten Temperaturen bis zu 350 °C.

In den Hochtemperaturgebieten der jungvulkanischen Zone tritt heißes Grundwasser bzw. Wasserdampf mit Temperaturen von über 100 °C, in den Niedrigtemperaturgebieten der tertiären Basaltregionen im Mittel mit 75 °C an Bohrlöchern aus (M 3.5). Das Energieangebot ist fast unerschöpflich und so können bereits heute etwa 90% der isländischen Haushalte mit Erdwärme versorgt werden. Gleichzeitig treibt überschüssiger Wasserdampf in vier Geothermiekraftwerken Turbinen an und erzeugt jährlich ca. 655 GWh Strom. Der Inselstaat sieht beste Chancen in spätestens 30 Jahren völlig unabhängig von fossilen Brennstoffen zu sein. In Zukunft soll die Kapazität der Geothermiekraftwerke ausgebaut werden, sodass dann Wasserstoff in großen Mengen erzeugt und exportiert werden kann.

3.8 Verschaffen Sie sich auf der Grundlage einer geeigneten Atlaskarte einen Überblick über die Lage des Mittelatlantischen Rückens und erklären Sie, warum auf Island die aktiven Vulkane aufgereiht wie bei einer Perlenkette hintereinander liegen.

3.9 Zwei gegensätzliche Elemente kennzeichnen Island: Feuer und Eis. Erklären Sie, auch unter Berücksichtigung der Karte M 3.5, die Ursachen für das enge Nebeneinander dieser beiden Naturphänomene.

3.10 Stellen Sie Chancen und Risiken, die sich in der aktiven Dehnungszone Islands ergeben, gegenüber.

Verwenden Sie dazu u. a. folgende Internetseiten:

<http://www.planet-wissen.de/pw>

http://www.geothermie.de/geothermischer_strom/islandartikel/island_vulkanisch_gut.htm

3.11 Geothermie deckt heute weltweit weniger als 0,2% des Primärenergiebedarfs. Informieren Sie sich über die Anwendung der geothermischen Ressourcen im übrigen Europa. Verwenden Sie dabei auch Tabelle M 3.13 und die Internetadresse <http://www.renertec.bz.it/>, 2006



M 3.9 Europas größtes Geothermie-Kraftwerk in Larderello (Toskana)



M 3.10 Ausbruch des Ätna am 29. 10. 2002

Erdbeben und Vulkanismus im Mittelmeerraum

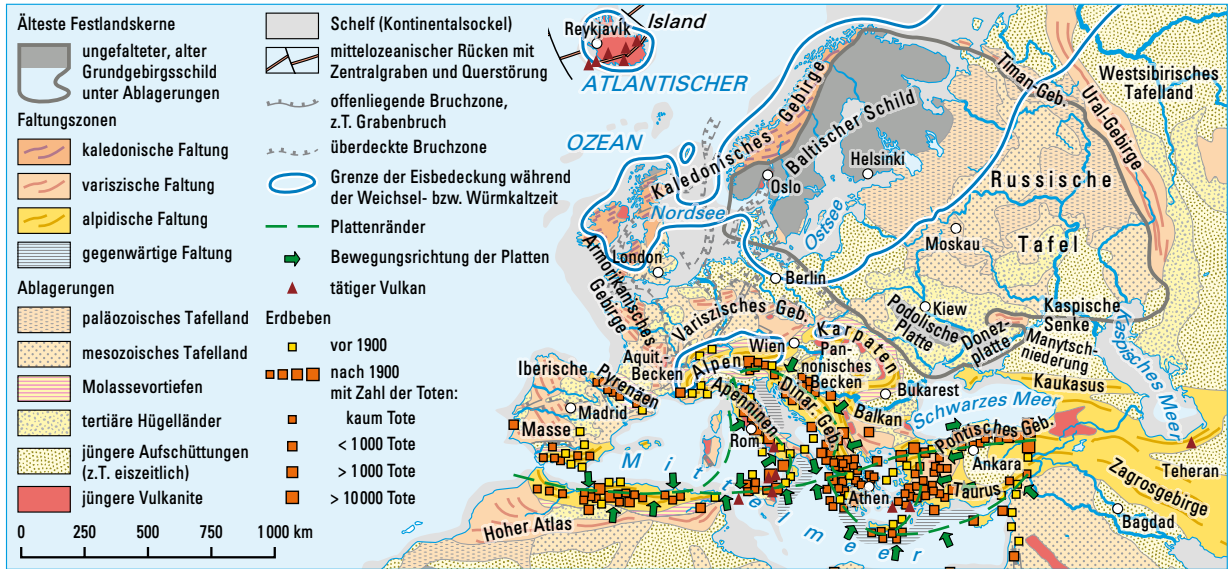
Italien gilt als der Pionier in der Nutzung von Erdwärme. Bereits im Jahre 1913 wurden die äußerst produktiven Dampfvorkommen in der Toskana genutzt, indem im weltweit ersten geothermischen Kraftwerk in Larderello mit der Stromproduktion begonnen wurde. Heute fördert man den ca. 250°C heißen Wasserdampf bis aus einer Tiefe von 3 500 m an die Oberfläche. In 60 geothermischen Zentralen werden mit über 800 MW zwar nur 1,5% der gesamten italienischen Stromproduktion erzeugt, doch liegt das Land damit an der Spitze der Europäischen Union.

Die Regionen Toskana und Latium bieten für die Nutzung von Erdwärme zum Teil sehr gute natürliche Voraussetzungen, da in diesem Bereich die Tyrrhenische unter die Eurasische Platte abtaucht, wobei erheblich mehr Wärme aus dem Erdinneren an die Oberfläche fließt als in tektonisch ruhigen Gebieten.

An den Plattengrenzen ist nicht nur ein sehr hohes geothermisches Potenzial vorhanden, sondern hier liegen mit Ätna, Stromboli, Vulcano, Santorin und Vesuv auch die aktiven Vulkangebiete des Mittelmeerraums.

Vulkanismus. Der Vesuv (letzter großer Ausbruch 1944) ist einer der aktivsten und gefährlichsten Vulkane. Immer wieder legte er seit seinem Heranwachsen vor rund 12 000 Jahren Ruhephasen ein, um dann um so heftiger auszubrechen. Am bekanntesten ist sein Ausbruch von 79 n. Chr. geworden, bei dem vermutlich 1 500 Menschen starben und die blühenden Städte Pompeji und Herculaneum unter Aschehluten begraben wurden. Es folgte eine überraschende Explosion 1631, die rund 4 000 Menschen ebenfalls unvermittelt den Tod brachte. Ein erneuter überraschender Ausbruch wäre mit unvorhersehbaren Folgen verbunden, denn in der besonders gefährdeten Zone leben heute rund 700 000 Menschen.

Der momentan 3 350 m hohe Ätna liegt genau auf der Bruchlinie zwischen Eurasischer und Afrikanischer Platte. Er ist seit Jahrhunderten aktiv. An seinen vier Hauptkratern kommt es kontinuierlich zu kleineren Explosionen und zu Ascheauswurf. Auf mehrjährige Ruhephasen folgen aktive Phasen, bei denen aus großen Flankenrissen z. T. mächtige Lavaströme herausschießen. Zwischen August 2001 und Februar 2003 wurden die Eruptionen immer heftiger und traten in kürzeren Intervallen auf. Lavaströme verschütteten Lifanlagen und Gebäude, begleitende Erdbeben erschütterten wochenlang die Region und führten zu erheblichen Schäden.



M 3.11 Tektonik und Erdbeben im Mittelmeerraum und Vorderasien im geologischen Zusammenhang

Nach Horst-Günter Wagner: Mittelmeerraum. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 2001, S. 214

Gefahren und Nutzen. Trotz der allgegenwärtigen Bedrohung durch die Vulkane zogen die Menschen stets sehr viel mehr Nutzen aus ihnen, als dass sie geschädigt wurden. Neben der Energiegewinnung in Zonen mit heißem Untergrund lässt sich vulkanisches Gestein als vielseitig verwendbarer Baustoff einsetzen. Verwitterte Vulkanite liefern darüber hinaus äußerst ertragreiche Böden, sodass die Hänge an Vulkanen trotz hoher Gefährdung oft landwirtschaftlich intensiv genutzt werden. Thermalquellen sind ebenso wie erloschene, schlafende oder aktive Vulkane reizvolle Touristenziele. Dennoch besteht an den Nahtstellen der Kontinentalplatten, vor allem in Gebieten mit bruchtektonischen Vorgängen, eine ständige, kaum berechenbare Gefahr. Heftige Erdbeben haben im Mittelmeerraum häufig folgenschwere Schäden mit sich gebracht und stellen auch in Zukunft eine ernst zu nehmende Gefährdung für die Bevölkerung und die wirtschaftliche Entwicklung dar.

M 3.12 Heftige Erdbeben mit folgenschweren Schäden

2002	Mittelitalien	5,9	29 Tote, davon viele Kinder
1999	Istanbul/Izmit	6,3	17 100 Todesopfer
1997	Assisi/Umbrien		11 Todesopfer
1992	Erzincan/Türkei	6,7	5 000 Tote

Quelle: <http://www.naturgewalt.de/erdbebenchronologie.htm>

M 3.13 Stromerzeugung durch Erdwärme

	Installierte Leistung (MWh)	
	2000	2002
Italien	785	862
Portugal	16	16
Frankreich	4,3	4,3
Österreich	1	1
Summe	805,3	883,3

http://www.renertec.bz.it/Presentations%5CMS_GEO_END.pdf, S. 18

3.12 M 3.3 veranschaulicht die Verengung des Tethysmeeres. Verfolgen Sie in der Karte M 3.11 den aktuellen Verlauf der Plattengrenzen und -bewegungen im Mittelmeerraum und ermitteln Sie die besonders erdbebengefährdeten Regionen.

3.13 Die Flutkatastrophe in Südostasien 2004 rückte stärker ins Bewusstsein, dass auch Mit-

telmeerstrände keineswegs sicher vor Flutwellen sind. Informieren Sie sich im Internet über die Gefahr von Tsunamis im Mittelmeerraum, z. B. bei www.bbv-net.de/public/article/nachrichten/wissenschaft/erde/73862 oder www.wdr.de/themen/panorama/katastrophe/seebeben_suedostasien/050104_tsunamiforschung.jhtml

Klimavielfalt in Europa

Entsprechend seiner Lage auf unserem Planeten, der Größe des Kontinentes und seines Reliefs herrschen in Europa sehr unterschiedliche klimatische Bedingungen. Im äußersten Norden des Kontinents sorgt auf der Inselgruppe von Spitzbergen eine mittlere Jahrestemperatur von $-6,5^{\circ}\text{C}$ dafür, dass die Fläche zu vier Fünfteln von Eis und Schnee bedeckt ist und nur an einigen geschützten Stellen vereinzelt Gräser, Flechten und Moose wachsen können. Ein völlig anderes Bild erschließt sich am südlichsten Vorposten Europas. Regenreiche Winter und heiße, trockene Sommer lassen auf der Insel Kreta eine üppige Vegetation gedeihen.

3.20 Vergleichen Sie die Klimadiagramme von Valentia (IRL), Prag und Kiew miteinander und formulieren Sie eine Regel, die die Temperatur- und Niederschlagsunterschiede kennzeichnet.

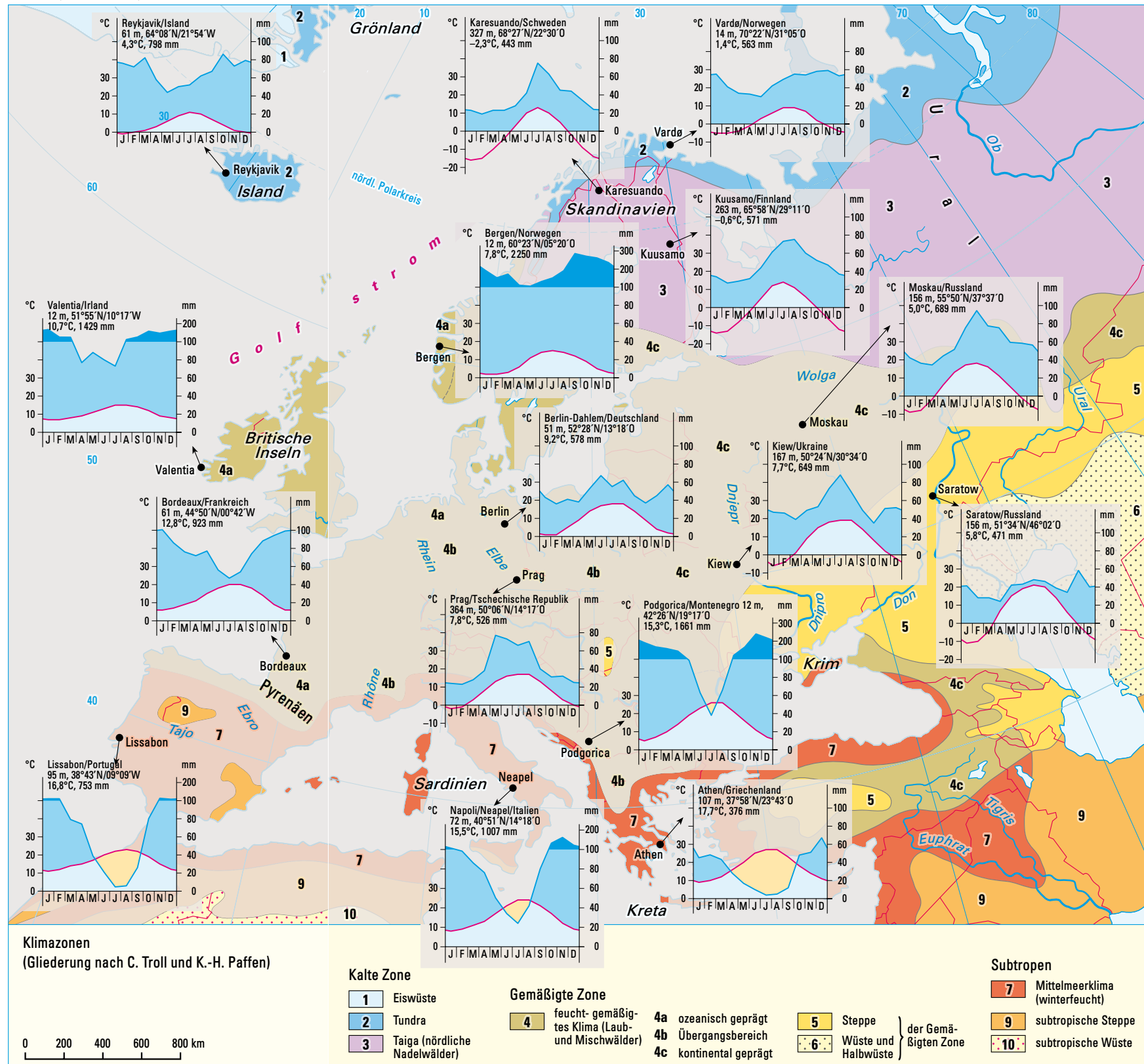
3.21 Fertigen Sie für Europa ein maßstabsgetreues Profil der Jahresniederschläge und der Jahresdurchschnittstemperaturen entlang 50° n.Br. an und erklären Sie die klimatischen Veränderungen.

3.22 Beschreiben Sie den Nord-Süd-Wandel des Klimas in Europa anhand einer Betrachtung der Stationen Karesuando, Berlin und Neapel.

3.23 Erklären Sie die unterschiedliche Niederschlags-situation der Stationen Lissabon, Neapel, Podgorica und Athen.

3.24 Stellen Sie mithilfe von Atlaskarten den Zusammenhang zwischen dem Klima (Klimadiagramme), den Klimazonen (M 3.24) und der natürlichen Vegetation Europas her.

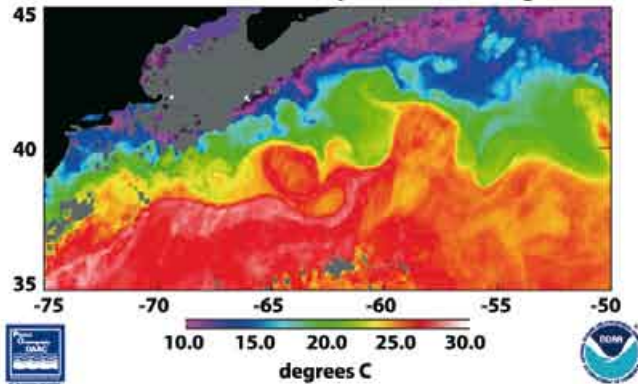
3.25 Erläutern Sie den Klimatyp des subtropischen Winterregengebiets unter Berücksichtigung der atmosphärischen Zirkulationsverhältnisse.



M 3.24 Klimazonen Europas

Fernwärme für Nord- und Westeuropa

NOAA GOES SST 2003 Sep 6 Gulf Stream Image



M 3.25 *Oberflächentemperatur im westlichen Nordatlantik am 06.09.2003*

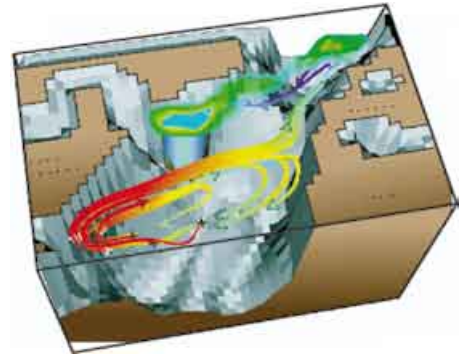
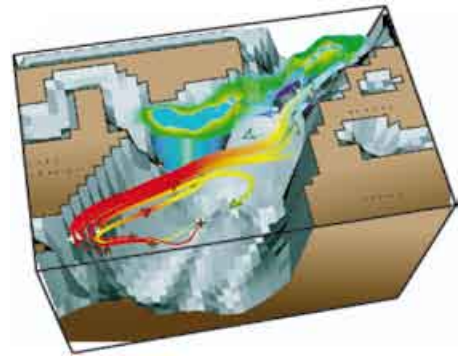
© NOAA GOES SST 2003 Sep 6 Gulf Stream Image

Palmen in Irland, Kornfelder in Südkandinavien und der Hafen von Murmansk eisfrei! Wie sind solch für die Breitenlage erstaunliche Erscheinungen möglich? Nach der eingestrahnten Sonnenenergie müsste das westliche und nördliche Europa eigentlich ähnliche Klimaverhältnisse aufweisen, wie sie auf der gegenüberliegenden Seite des Atlantiks in den Eis- und Tundragebieten Labradors oder Südgrönlands anzutreffen sind.

Welche Faktoren das außergewöhnlich milde und ausgeglichene Klima im Norden Europas verursachen, bringen Satellitenaufnahmen im Infrarotbereich an den Tag (M 3.25). Meeresströmungen sind in der Lage das Klima des küstennahen Festlands nachhaltig zu beeinflussen, denn Wasser kann Wärme und Kälte über große Entfernungen und Zeiträume hinweg speichern. Die Oberflächenströmungen des Golfstromsystems lenken das tropisch warme Wasser aus dem Golf von Mexiko in Richtung Europa und führen hier zu einem Temperaturgewinn von bis zu 10°C (Lofoten). Ohne die herangeführte Wärme wären in Nordeuropa die Winter länger und kälter.

Welche Kraft treibt den Golfstrom an?

Die stetig wehenden Passatwinde treiben große Mengen warmen Wassers aus dem offenen Atlantik nach Westen. Diese tropischen Wassermassen werden an der Küste Südamerikas in den nördlichen Atlantik gelenkt. Mit einer mächtigen Strö-



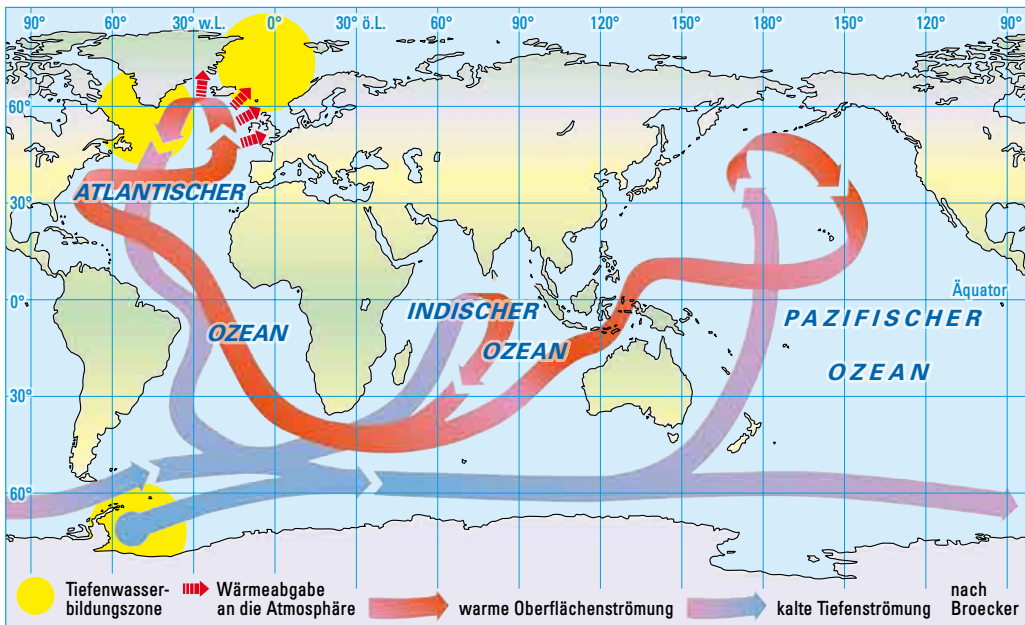
M 3.26 *oben: Golfstromzirkulation heute mit Absinkzonen (hellblau)*

unten: ihre mögliche Schwächung durch den anthropogenen Treibhauseffekt

Nach W. J. Schmitz: *On the Interbasin-scale Thermohaline Circulation*. In: *Review of Geophysics*, 33, 2 1995, S. 166, ergänzt, und MPI/DKRZ (Max-Planck-Institut für Meteorologie/Deutsches Klimarechenzentrum); aus U. Cubasch/D. Kasang: *Anthropogener Klimawandel*. Gotha: Perthes 2000, S. 76

mung wird das warme Wasser zwischen der Halbinsel Yucatán und Kuba in den Golf von Mexiko gepresst, weiter erhitzt und über die Floridastraße in den Atlantik gedrückt. Nördlich der Inselgruppe der Bahamas vereinigen sich Floridastrom und Antillenstrom zum Golfstrom. Bei Kap Hatteras ist der Golfstrom auf die dreifache Wassermenge angeschwollen und reicht nun bis in eine Tiefe von 1500 m. Beim Zusammentreffen mit dem kalten Labradorstrom löst sich der Golfstrom von der Küste, wird als gebündelter Strahlstrom in den offenen Atlantik gelenkt und mit der Westwinddrift nach Europa getrieben.

In Mäandern fließen die Warmwasser in Richtung Europa und beginnen sich zu verzweigen. Einer der Äste, der Nordatlantische Strom, reicht bis vor die norwegische Küste und lässt sich schließlich bis



M 3.27 Globale thermohaline Zirkulation (marines Förderband)

nach Spitzbergen verfolgen. Die vom Golfstromsystem nach Europa transportierte Wärme wird auf die unvorstellbare Größe von 300 Mio. kWh (1 080 000 GJ) pro Sekunde geschätzt. Mindestens ebenso wichtig wie die Luftmassenbewegungen sind für den Antrieb der Strömung die Dichteunterschiede im Meerwasser. Salzhaltiges kaltes Wasser hat ein höheres spezifisches Gewicht und sinkt im nördlichen Atlantik zwischen Island und der Südspitze Grönlands in tiefe Ozeanschichten ab. Damit muss wärmeres, oft weniger salzhaltiges Wasser nachströmen. Da bei dieser Tiefenströmung sowohl die Temperatur als auch der Salzgehalt eine Rolle spielen, spricht man von der so genannten thermohalinen Zirkulation.

3.26 Die Karte M 3.27 zeigt, dass die Strömung im Atlantik Teil eines weltumspannenden Zirkulationssystems ist. Erläutern Sie die Besonderheit der Wärmeströmung im Atlantischen Ozean sowie die Bedeutung der Tiefenwasserbildung.

3.27 Kann der Golfstrom zum Stillstand kommen und eine neue Eiszeit hervorrufen? Verschaffen Sie sich einen Überblick über den aktuellen Stand der Diskussion zu dieser Fragestellung im Internet.

3.28 Diskutieren Sie Maßnahmen, welche die globale Erwärmung bremsen könnten.

M 3.28 Kann die globale Erwärmung die ozeanische Wärmepumpe schwächen?

„[Die Universität Bern verfügt] über Klimamodelle, mit denen die künftige Klimaerwärmung berechnet werden kann ... In einem moderaten CO₂-Emissionsszenario wird eine Erwärmung von 2,5°C bis ... 2100 prognostiziert ... Die globale Erwärmung beeinflusst auch die thermohaline Zirkulation des Atlantiks. Durch die Erwärmung der Oberfläche des Ozeans erfolgt eine Reduktion der Dichte des Wassers. Dazu kommt, dass in einem wärmeren Klima der Wasserkreislauf tendenziell verstärkt wird und somit mehr Niederschlag in Bereichen des Nordatlantiks fällt. Dies verringert ebenfalls die Dichte und verstärkt den temperaturbedingten Effekt. Somit wird es zunehmend schwieriger, Tiefenwasser in den hohen geographischen Breiten zu bilden. Simulationen zeigen, dass im Jahr 2100 mit einer Reduktion der Zirkulation von 15 bis 85 % gerechnet werden muss... Es ist zu beachten, dass die Unsicherheit sehr groß ist... [Allerdings kann die globale Erwärmung] längerfristig sogar zu einem vollständigen Abstellen der thermohalinen Zirkulation führen, ...“

Thomas Stocker: Das Meer und das Klima. In: Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 92, 2003, S. 35–45, auf <http://www.climate.unibe.ch/~stocker/papers/stocker03fng.pdf>



Extreme Hochwasserereignisse der letzten Jahre
 Oder: 1997
 Oder, Weichsel: 2001
 Rhône: 2003
 Theiß: 1998
 Elbe: 2002, 2006

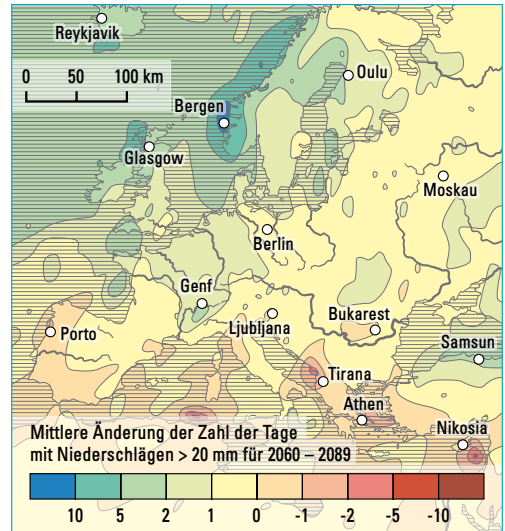
M 3.36 Rhône-Hochwasser 2003

Werden Hochwässer in Europa häufiger?

Die Zahl der Flutkatastrophen in Mitteleuropa scheint zu steigen. Häufig wird die globale Erwärmung als Ursache genannt. Dass in einer erwärmten Atmosphäre die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Hochwässern steigt, scheint zunächst durchaus logisch. Es ist belegt, dass sich die durchschnittlichen Temperaturen in Mitteleuropa im letzten Jahrhundert um 0,6 K erhöht haben. Für das bevorstehende Jahrhundert werden von Klimaforschern sogar 1,5–5 K vorausgesagt. Durch die Erwärmung kommt es nach Aussagen der Experten zu einer Intensivierung des Wasserkreislaufs, d. h., global gesehen steigt die Verdunstung, was in einzelnen Regionen zur Zunahme von Starkniederschlägen führen kann (M 3.37). Man geht davon aus, dass in Gebieten, in denen sowohl der mittlere Niederschlag als auch extreme Niederschlagsereignisse zunehmen, starke Hochwässer häufiger vorkommen werden.

Vielleicht ist diese Argumentation aber zu einseitig, denn Überschwemmungen sind durch viele verschiedene Faktoren bedingt.

Die Hochwasserereignisse der letzten Jahrzehnte in Mitteleuropa kamen durch unterschiedlichste meteorologische Situationen zustande: langanhaltende Niederschläge bei zyklonalen Westwet-



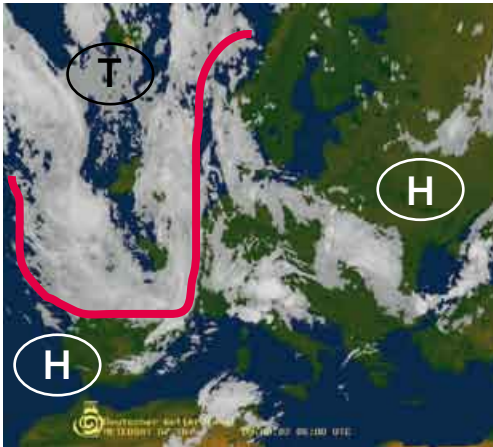
M 3.37 Simulation ohne Klimaschutzmaßnahmen: Mittlere Änderung der Zahl der Tage mit Niederschlägen über 20 mm für 2060–2089

terlagen, starke Regenfälle in Verbindung mit rascher Schneeschmelze, warme Dezembertage mit feuchten, labilen Luftmassen lassen die Pegel der Flüsse rasch ansteigen. Das Oderhochwasser 1997 und die Jahrtausendflut an der Elbe 2002 resultierten aus einer Troglage über Mitteleuropa, einer so genannten Vb-Wetterlage (M 3.38) mit außergewöhnlich hohen Niederschlägen.

Die Hochwasserereignisse der letzten Jahre gingen also aus unterschiedlichen Zirkulationsmustern hervor. Wo die Niederschläge letztendlich konzentriert auftraten, war eher zufällig.

Die besondere atmosphärische Situation ist die eine Ursache von Hochwasserkatastrophen, der Eingriff des Menschen in den Landschaftshaushalt im Einzugsgebiet der Flüsse, wie Flussbegradigungen, Dammbauten, Versiegelung von Flächen, Änderung der Bodennutzung oder Abholzung von Wäldern, die andere. Dazu kommen der Grad der Wassersättigung des Bodens, Versickerungsmöglichkeiten oder die Höhe des Grundwasserstands.

Hochwasserkatastrophen haben also sehr komplexe Ursachen. Inwieweit die globale Erwärmung der Atmosphäre Hochwasserereignisse fördert, lässt sich heute noch nicht abschätzen.



Ein Trog über Nord- und Mitteleuropa wird flankiert von höherem Luftdruck über dem östlichen Nordatlantik und Westrussland. In einer von Nordwest über Nordfrankreich und das südliche Mitteleuropa verlaufenden und von dort nach Nordosten umbiegenden Frontalzone ziehen Einzelstürmungen (Vb-Lage). Diese gewinnen nach vorübergehender Abschwächung über dem Mittelmeer wieder an Intensität und wirken sich dadurch stärker über dem östlichen Mitteleuropa aus.

M 3.38 Trog über Mitteleuropa (TRM)

Deutscher Wetterdienst, METEOSAT 07 IR, 09.08.02, 06 : 00, UTC

3.29 Welches waren die Mottos der vergangenen Weltwassertage (M 3.29, Internetrecherche). Erklären Sie den Hintergrund der Themenwahl.

3.30 Kommentieren Sie den Wasserverbrauch einiger europäischer Staaten und diskutieren Sie, inwieweit Wasserknappheit zu einem globalen Problem werden kann (M 3.30 und M 3.31).

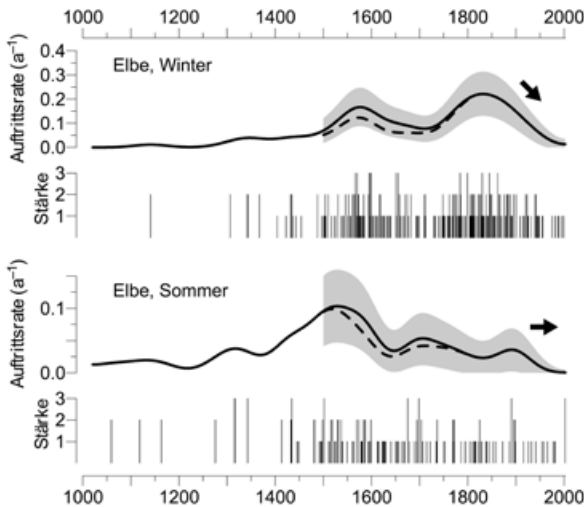
3.31 Werten Sie die Materialien aus dem Bewertungsbericht der EU zum Wasser in Europa in Bezug auf Abwasseraufbereitung, Phosphat- und Nitratbelastung und Verfügbarkeit von Wasser aus (M 3.32 – M 3.35).

3.32 Erläutern Sie die meteorologische Situation, die zum Jahrtausendhochwasser an der Elbe 2002 geführt hat (M 3.38).

3.33 Zeigen Sie anhand der Klimasimulation (M 3.37) auf, in welchen Regionen Europas in diesem Jahrhundert verstärkt mit Starkregenereignissen zu rechnen ist.

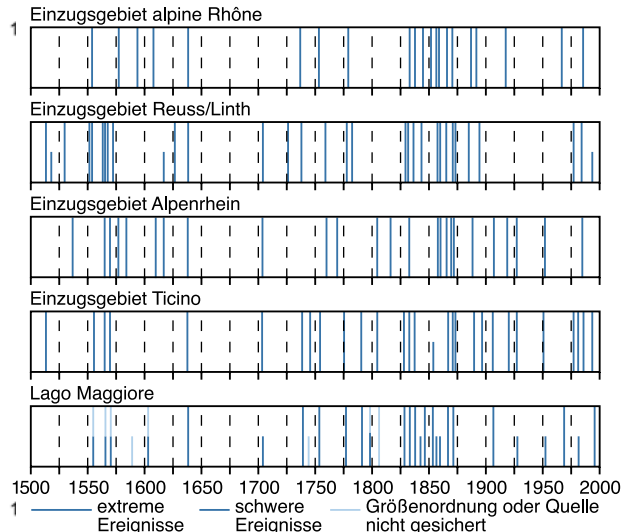
3.34 Überprüfen Sie, ob es aus der historischen Perspektive Belege für eine Zunahme von schweren Hochwasserereignissen an der Elbe bzw. im Schweizer Alpenraum gibt (M 3.39 und M 3.40).

3.35 Versuchen Sie abschließend die Frage zu beantworten, ob Hochwasserereignisse in Europa häufiger werden.



M 3.39 Auftritthäufigkeit von Hochwässern an der Elbe im letzten Jahrtausend

Nach Manfred Mudelsee/Michael Börngen/Gerd Tetzlaff: No upward trends in the occurrence of extrem floods in central Europe. In: Nature, Bd. 425, H. 9. Nature Publishing Group 2003, S. 167



M 3.40 Extreme Überschwemmungen im Schweizer Alpenraum in den vergangenen 500 Jahren

Nach Christian Pfister u. a.: Wetternachhersage: 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496–1995). Bern u. a.: Haupt 1999