



Unterrichtsmaterialien zum Thema

# All.täglich – Erfindungen der Raumfahrt

JAHRGANGSSTUFE 8-10

Schülermaterial

## Einleitung

Vor wenigen Jahrzehnten waren vor allem Messungen in Bodennähe die zentralen Forschungsmethoden der Geographie. Später wurden Wetterballons und Flugzeuge immer bedeutender, da sie aus der Luft viel genauere und flächendeckendere Daten liefern konnten. Heute wurden diese Methoden jedoch längst abgelöst durch eine noch fortschrittlichere Technologie: Der Raumfahrt. Unsere Erde wird aktuell von über 1000 Satelliten umkreist. Viele davon liefern geographische Daten und Bilder, die unseren Planeten zu jeder Sekunde aus vielen verschiedenen Winkeln und

Perspektiven zeigen. Diese Fülle an Bildern und Daten zeigt der Geographie zahlreiche neue Verwendungsmöglichkeiten auf, von einfachen Anwendungen, wie der genauen Urlaubsplanung, bis zu Lebenswichtigen, wie der Katastrophenvorhersage. Damit die Raumfahrt unser Leben hier auf der Erde in zahlreichen Dingen erleichtern und verbessern kann, benötigt sie immer neuere und bessere Technologien, die eigens für die Raumfahrt entwickelt werden. Einige dieser Technologien lassen sich jedoch nicht nur auf die Raumfahrt anwenden und werden auf andere Weise auch auf der Erde genutzt.

# Aufgaben

1. Lies dir die Einleitung in Einzelarbeit durch und sichte deine Materialien sorgfältig. Stelle dir dabei folgende Fragen:
  - Worum geht es?
  - Wie kann es unser Leben auf der Erde verbessern?
  - Was hat es mit Raumfahrt zu tun?
  -
2. Stell dein Thema deinem Partner vor. Diskutiert zu zweit in welchem Zusammenhang eure Materialien stehen und wie sie sich auf Erdkunde und Raumfahrt beziehen lassen.
3. Setzt euch in den vorher bestimmten Vierergruppen zusammen. Stellt euer Thema den anderen beiden Gruppenmitgliedern vor. Setzt zu viert das gesamte Thema zusammen und beantwortet erneut diese Fragen:
  - Worum geht es?
  - Wie kann es unser Leben auf der Erde verbessern?
  - Was hat es mit Raumfahrt zu tun?
4. Erstellt gemeinsam ein Plakat, indem euer Thema so anschaulich dargestellt wird, dass es in einer Ausstellung hängen könnte und befestigt es an einer Wand.
5. Wenn alle Plakate hängen, dann sieh sie dir in deiner Geschwindigkeit und nach deinem Interesse an.

# Hochwasser

Material Schüler 1:

## Hochwasser

Die häufigste Naturkatastrophe in Deutschland ist Hochwasser. Bei längerem Starkregen und/oder dem Abtauen des Alpenschnees im Frühling treten die Flüsse Deutschlands immer wieder über ihre Ufer. Todesopfer gibt es dabei zwar nahezu keine aber die Sachschäden können enorm sein, wenn beispielsweise die Keller der Häuser nahe des Ufers voller Wasser laufen. Ein Großteil der Schäden kann verhindert

werden, wenn vor einem Hochwasser die richtigen Maßnahmen getroffen werden. Schutzdämme müssen aufgebaut werden, Barrikaden aus Sandsäcken errichtet und die gefährdeten Gebiete evakuiert werden. Doch um rechtzeitig handeln zu können, ist eine möglichst frühe und präzise Vorhersage von Hochwassern entscheidend.

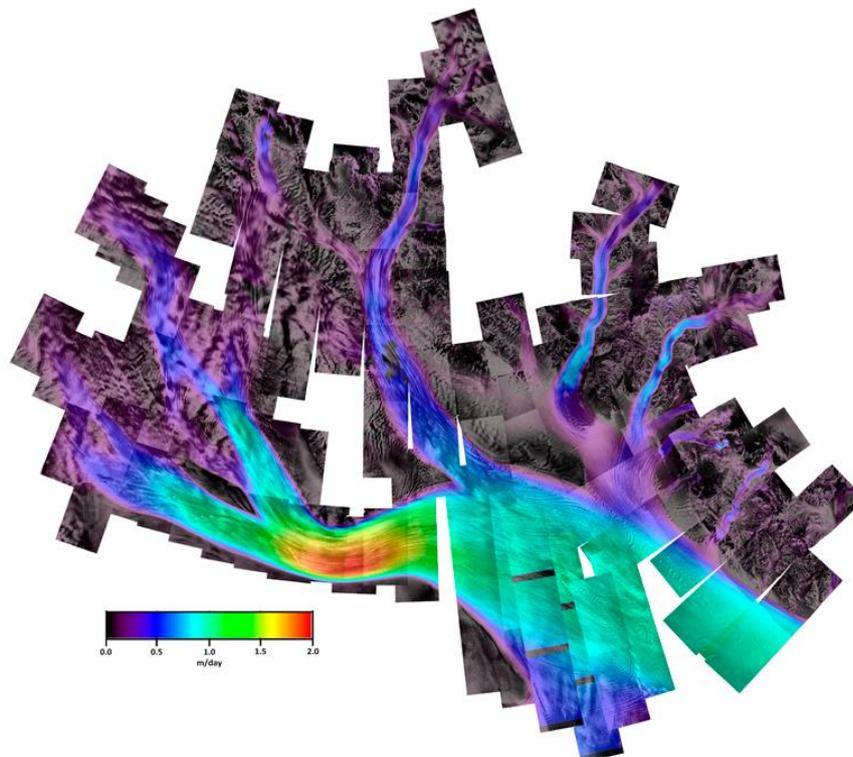


Bild 1: Fließgeschwindigkeit des Thwaites-Gletschers aufgenommen mit einem Röntgen-Satellit

# Hochwasser

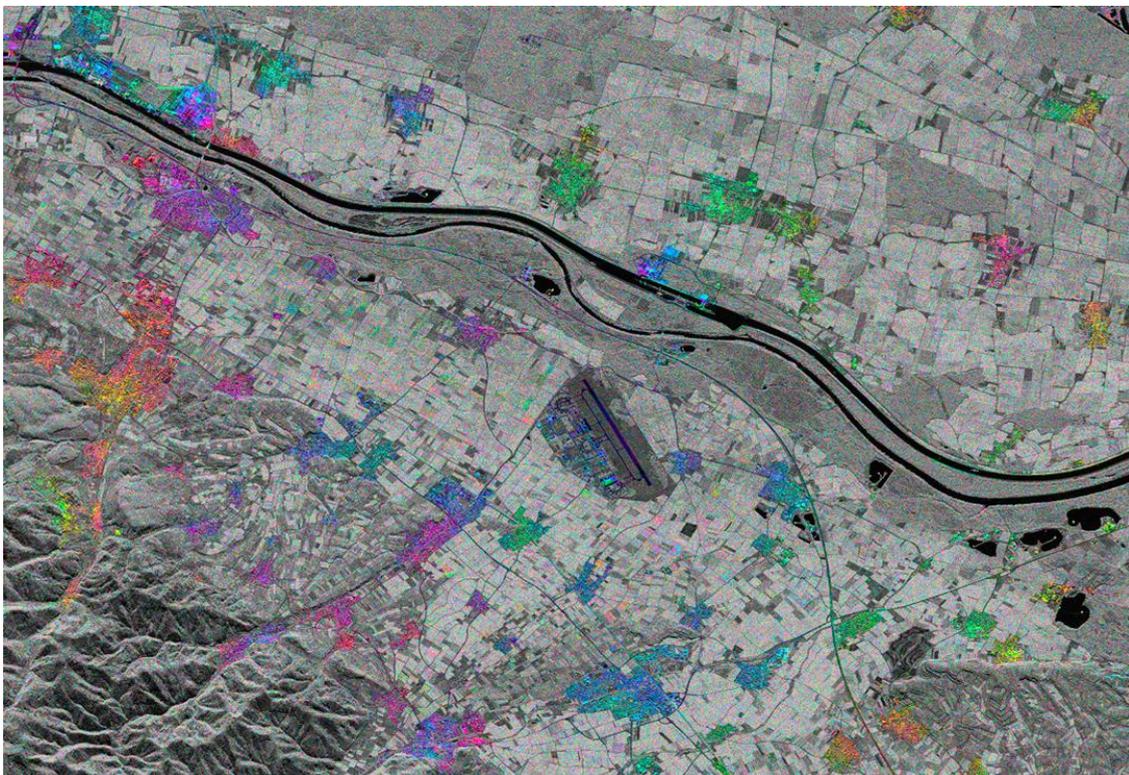
Material Schüler 2:

## Hochwasser-Vorhersage

Hochwasser kann man aus dem All hervorragend erkennen – auf Radarbildern. Gewässer und überschwemmte Flächen erscheinen schlicht als schwarze Flächen. Der hochgenaue deutsche Radarsatellit TerraSAR-X kann daher die Ausdehnung eines Hochwassers auf den Meter genau erkennen. Er umkreist die Erde in 515 km Höhe. Wolken, Dunkelheit oder Regen beeinträchtigen ihn (und den Zwillingsatellit TanDEM-X, der in geringem

Abstand genau parallel fliegt) nicht: Radarwellen durchdringen nämlich auch Wolken und brauchen kein Licht.

Mit Radarbildern wird mehr sichtbar, als das Auge sieht – denn Objekte reflektieren Radarwellen anders als Licht. Unabhängig von Wolken und Schatten wird nicht das optische Aussehen der Erde erfasst, sondern die Struktur und Eigenschaften ihrer Oberfläche – eine Art „Bauplan“ der Erde, der laufend aktualisiert wird.



*Bild 2: In einem Radarbild eines Satelliten werden unterschiedliche Flächen in unterschiedlichen Farben dargestellt. So entsteht eine Art „Bauplan“ der Erde.*

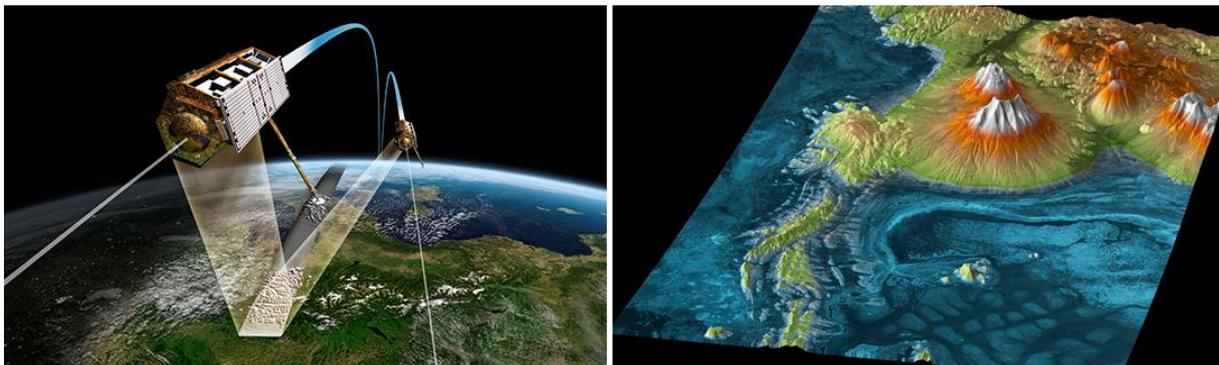
# Hochwasser

*Material Schüler 3:*

## Revolutionäre Technik

Mit den beiden Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X werden erstmals auch Hebungen und Senkungen im Millimeterbereich aus dem All messbar. Für Forscher und Behörden eröffnen sich neue, sensationelle

Forschungsmöglichkeiten und Anwendungen: im Katastrophen- und Umweltschutz oder um Menschen vor Gefahren durch einstürzende Gebäude zu warnen.



*Bild 3: Die Zwillingssatelliten der TanDEM-X Mission können präzise die Höhe der Erdteile vermessen. Daraus kann dann eine sehr genaue dreidimensionale Karte erstellt werden.*

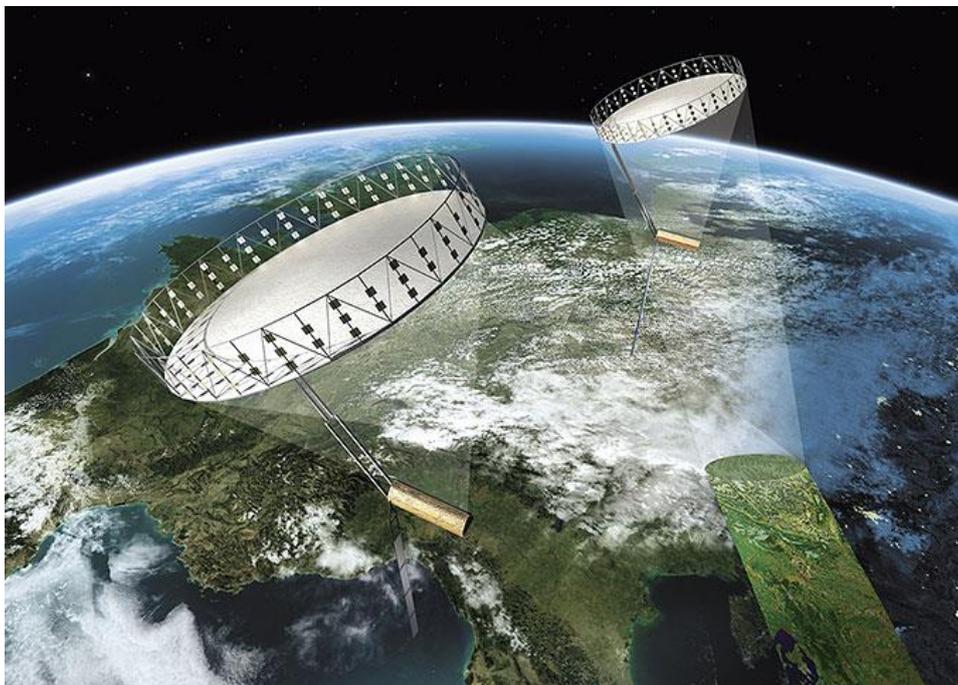
# Hochwasser

Material Schüler 4:

## Radar

Ein Radargerät sendet elektromagnetische Wellen aus, diese treffen auf Objekte, werden mehr oder weniger stark reflektiert, und diese „Echos“ werden vom Radargerät wiederum empfangen. So werden – unabhängig von Beleuchtung oder Bewölkung – u.a. Konturen sichtbar und die Distanz errechenbar (über die

Zeit, die zwischen Senden und Empfangen vergeht). Radar wurde erstmals (und wird natürlich auch heute) eingesetzt, um Flugzeuge und Schiffe zu orten, für die Wettervorhersage, heute findet es sich auch immer mehr in Autos (Abstandsradar) – und an Bord von Satelliten.



*Bild 4: Die beiden Satelliten der TanDEM-X Mission fliegen immer in hoher Geschwindigkeit nah beieinander. Dabei fliegen sie in der Form einer Helix.*

# Katastrophenvorhersage

Material Schüler 1:

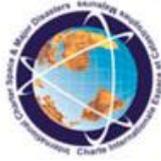
## Naturkatastrophen vorhersagen

Geht ein Vulkan in die Luft, bleiben Flugzeuge am Boden. Taifune, Überschwemmungen, Erdbeben und Erdbeben verwüsten riesige Landgebiete. Waldbrände vernichten ganze Ökosysteme. Naturkatastrophen lassen sich nicht verhindern, aber immer besser vorhersagen – mit Hilfe von Satellitendaten. Wettersatelliten wie die europäische Meteosats, Radarsatelliten wie die deutschen TerraSAR-X und TanDEM-X und optische Satelliten wie das

deutsche RapidEye-System scannen die Erde rund um die Uhr. Meteorologen und Katastrophenschützer werten die Daten aus. Veränderungen an der Erdoberfläche weisen unter Umständen bevorstehendes Unheil hin. Vorher-Nachher-Vergleiche verdeutlichen sehr kurzfristig das Ausmaß von Zerstörung. Das wiederum ist die Grundlage für möglichst effiziente Hilfe.



Bild 1: Zerstörte Landschaft auf den Philippinen nach einem Tsunami 2013



# Aktivierungsverteilung

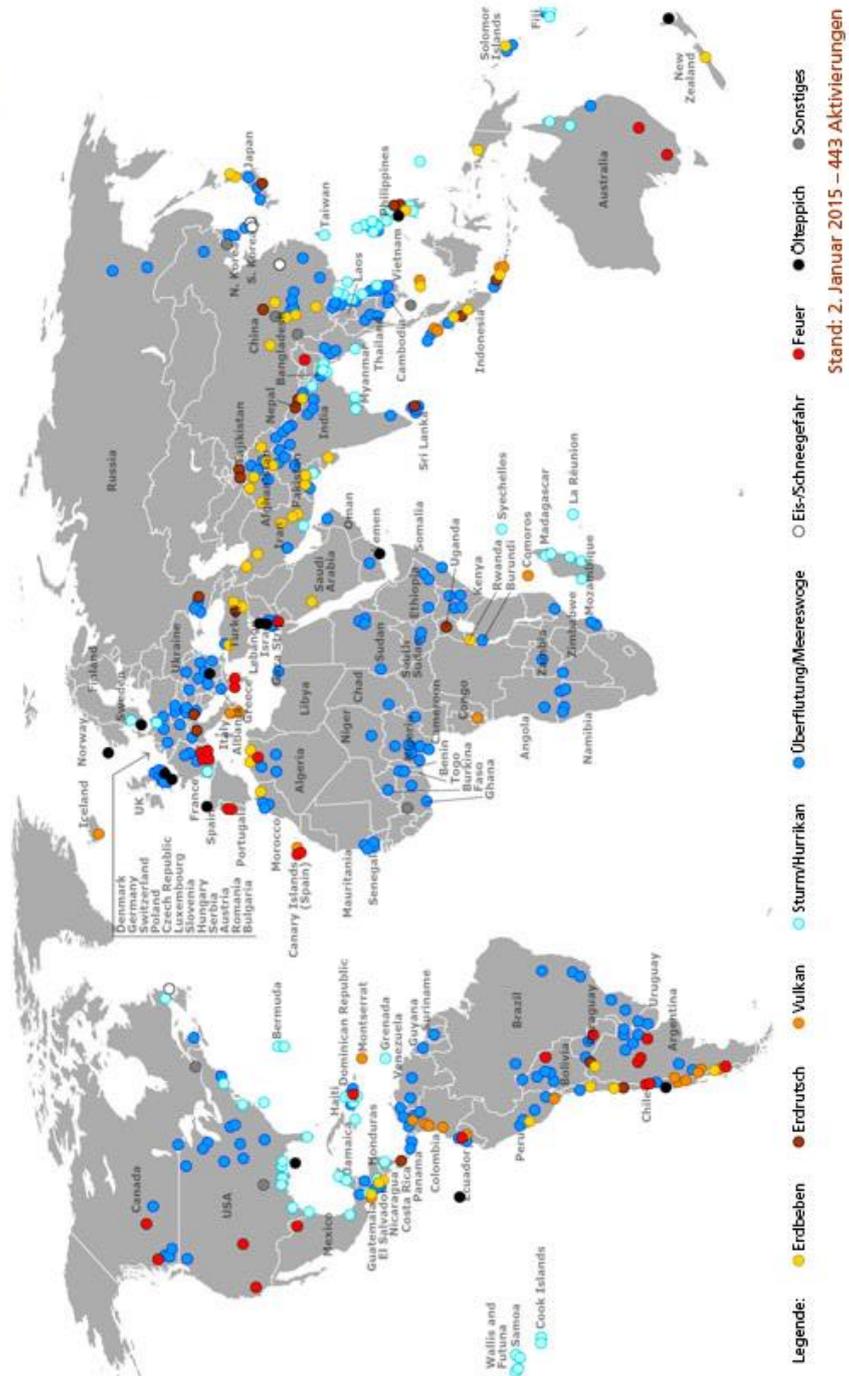


Abbildung 1: Die Verteilung von aktiven Naturgefahren weltweit im Januar 2015

# Katastrophenvorhersage

Material Schüler 2:

## Vulkan, Taifun und Hochwasser

Vulkan: Seit 2012 arbeitet das DLR im Rahmen des Projekts VolcATS an der Auswertung von Meteosat-Daten zur Vulkanasche-Erkennung per Infrarot-Bildern.

Taifun: Mit Wetter- und Infrarot-Satelliten können Meteorologen die Intensität eines Taifuns anhand der Oberflächentemperatur des Meeres vorhersagen. Wie schwer ein aktueller Taifun die Küste treffen wird, kann aus der

Messung von Windgeschwindigkeiten und Wellenhöhen abgeleitet werden.

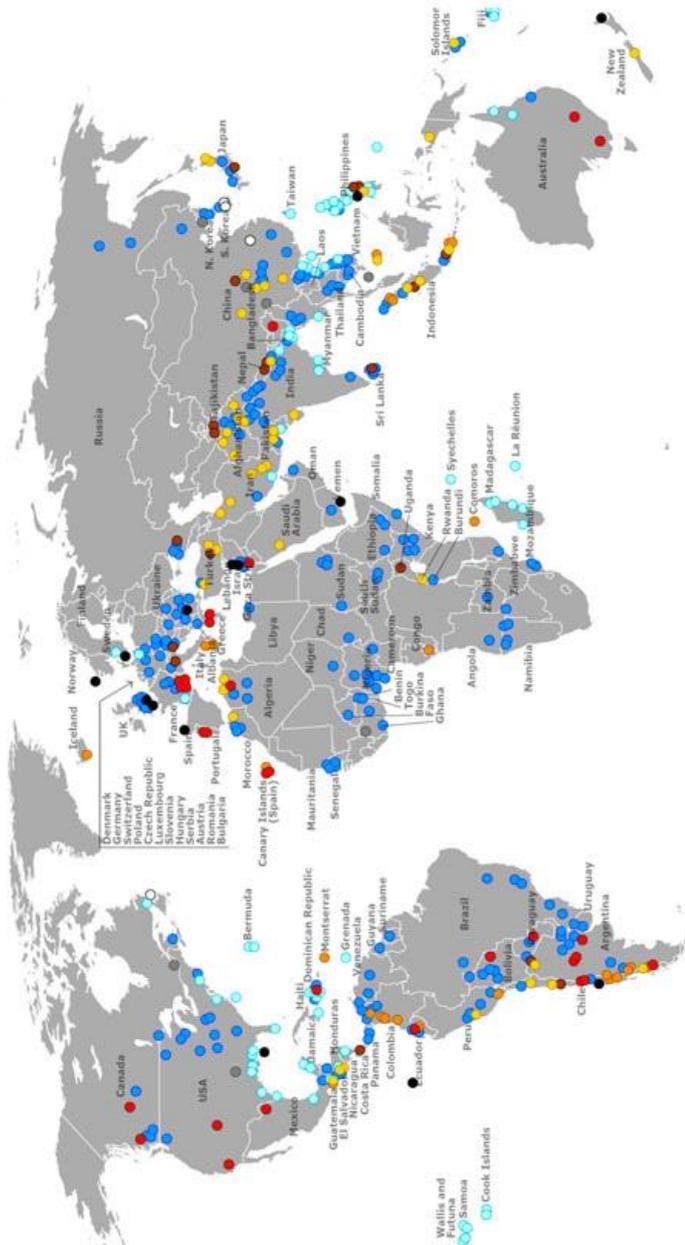
Hochwasser: Für Europa gibt es seit 2012 dank des European Flood Awareness System eine zehntägige Überflutungsvorhersage. Historische und aktuelle Satellitendaten sowie Werte von lokalen Messstationen werden kombiniert und auf einer zentralen Plattform für Katastrophenschützer zugänglich gemacht.



Bild 2: Ausbruch des Vulkans Eyjafjallajökull auf Island 2011



# Aktivierungsverteilung



Legende: ● Erdbeben ● Vulkane ● Sturm/Hurricane ● Meeresspiegelanstieg ● Feuer ● Ölpest ● Sonstiges  
Stand: 2. Januar 2015 – 443 Aktivierungen

Abbildung 1: Die Verteilung von aktiven Naturgefahren weltweit im Januar 2015

# Katastrophenvorhersage

Material Schüler 3:

## Erdbeben, Erdbeben und Waldbrände

Erdbeben: Radarsatelliten können Hebungen, Senkungen und Verschiebungen der Erdoberfläche bis auf wenige Millimeter genau messen. Wissenschaftler analysieren die Bewegungsmuster, kombinieren sie mit weiteren geologischen Daten und verbessern so die Risiko-Abschätzung für bevorstehende Erdbeben.

Erdbeben: Schon geringste Bewegungen von Hängen werden erkannt und gefährdete Stellen genauer definiert. Mit diesem Wissen können Schutzmaßnahmen besser geplant und

Evakuierungspläne optimiert werden.

Waldbrände: Über 50.000 Waldbrände und circa 500.000 Hektar vernichteter Wald jährlich – allein in der EU. Viele Waldbrände bleiben zu lange unbemerkt, da sie in abgelegenen Regionen beginnen. Aus dem All ist der Überblick besser: Satelliten mit Infrarot-Detektoren erkennen auch kleine Brandherde und das fast in Echtzeit, die Bekämpfung beginnt früher. Nach dem Waldbrand können betroffene Gegenden präziser kartiert und die Wiederaufforstung gezielt erfolgen.



Bild 3: Ein Erdbeben in einer Bergregion Italiens



# Aktivierungsverteilung

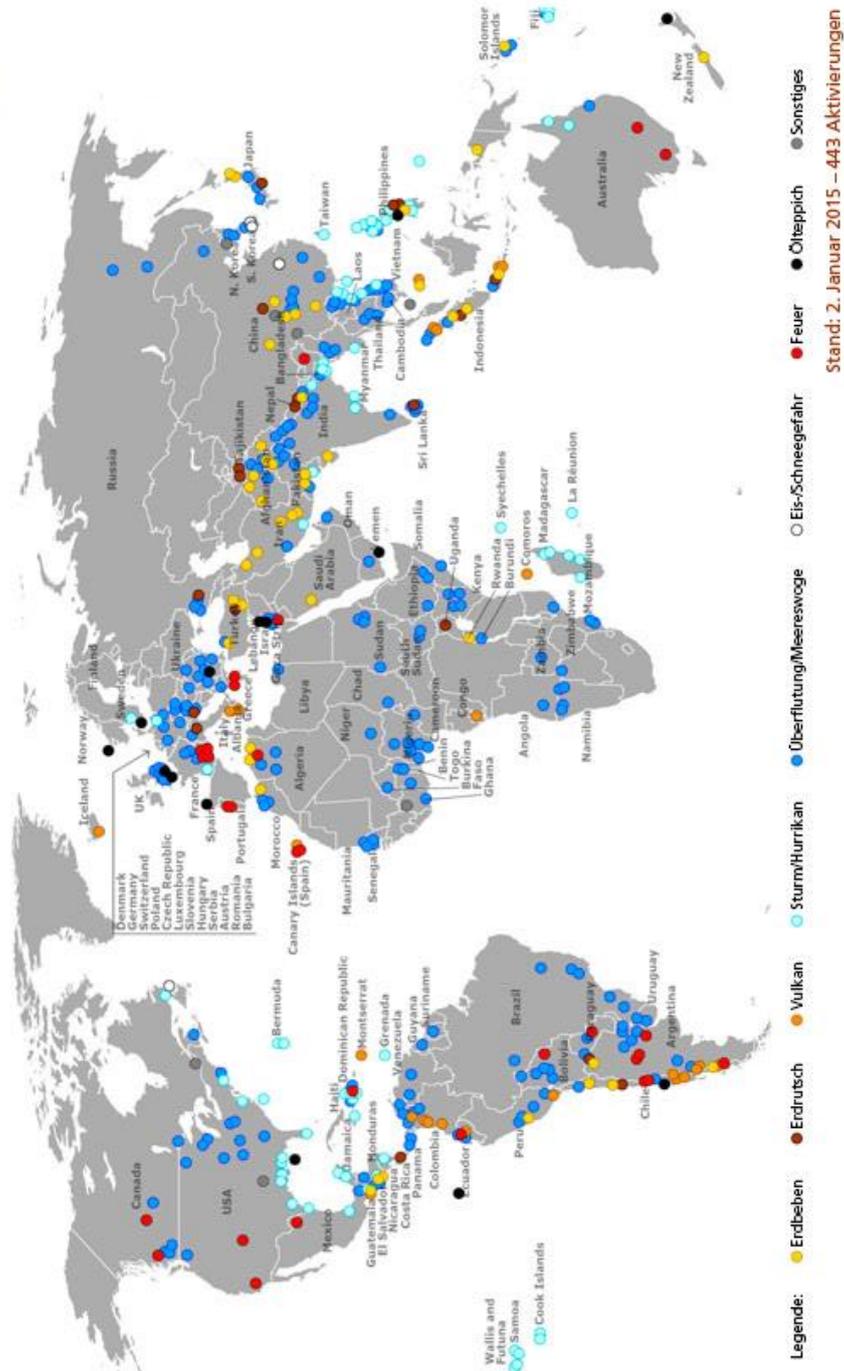


Abbildung 1: Die Verteilung von aktiven Naturgefahren weltweit im Januar 2015

# Katastrophenvorhersage

Material Schüler 4:

## Wer warnt uns vor Naturkatastrophen?

Vor Katastrophen wird die Bevölkerung in Deutschland meist per Sirene oder Radio gewarnt – beides Systeme, die ein Netz von Bodenstationen brauchen. Unabhängiger von einem solchen Netz ist das Satellitengeschützte Warnsystem SatWaS. Damit gelangen Warnungen vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe auf

schnellstem Weg zu circa 160 angeschlossenen Multiplikatoren und von dort zu den Menschen. Derzeit in der Erprobung: eine App, die im Katastrophenfall Alarm schlägt. Bevor sie bundesweit funktioniert, müssen erst noch alle Leitstellen mit zusätzlicher Technik aufgerüstet werden.



*Bild 4: Katastrophen-Warn-Apps können die Bewohner heutzutage meistens früh genug warnen, um sich in Sicherheit zu bringen.*



*Bild 5: Im Zentrum für Satellitengeschützte Kriseninformation versuchen Mitarbeiter des DLR Katastrophen früh genug zu erkennen, um die Menschen noch rechtzeitig zu warnen.*

# Landwirtschaft

Material Schüler 1:

## Klimafreundliche Landwirtschaft

Die Erde soll immer mehr Menschen ernähren. Gleichzeitig wächst das Bewusstsein für und der Wunsch nach „gesunden“ Lebensmitteln, nachhaltig und umweltverträglich angebaut und geerntet. Dünger und Schädlingsbekämpfung sollen möglichst sparsam oder besser noch überhaupt nicht eingesetzt werden – doch das schmälert wiederum die Erträge. Ein Dilemma? Nein, denn es gibt noch einige andere Einflussmöglichkeiten die helfen, Ernteerträge zu

verbessern, ohne die Böden über die Maße zu beanspruchen: die Steuerung von Be- und Entwässerung, Wachstumsbeobachtung und der immer sparsamere und präziserer Einsatz von Düngern zum Beispiel. Oder das Einfahren der Ernte teils auf den Meter genau. Die Erdbeobachtung von Satelliten macht das möglich und liefert Landwirten die Daten, Bilder und Informationen, die ihnen helfen, ihr Land wirtschaftlicher zu nutzen.



Bild 1: Landwirte benutzen Informationen von Satelliten, um ihre Ernte auf den Meter genau einzufahren.

# Landwirtschaft

Material Schüler 2:

## Co<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub>: Die Hauptverantwortlichen des Klimawandels

Die globale Erwärmung beschleunigt wie nie zuvor in der Erdgeschichte. Erstmals ist der Mensch der Hauptverursacher: Seit Mitte des 19. Jahrhunderts steigen immer mehr – vom Menschen verursachte – Treibhausgase in die Atmosphäre auf. Dadurch kann weniger Wärme von der Erde ins Weltall entweichen. Die beiden bedeutenden Treibhausgase sind mit 72% CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid, vor allem aus Kohlekraftwerken, Industrie und Straßenverkehr) und zu 18% CH<sub>4</sub> (Methan). Allerdings ist Methan 25-mal so klimaschädlich wie CO<sub>2</sub>. Sein Gehalt in der

Atmosphäre steigt besonders stark, weil der Mensch direkt oder indirekt dafür verantwortlich ist: Reisfelder, Viehwirtschaft, Bergbau, Mülldeponien, Energieerzeugung oder auftauende Permafrostgebiete. Sie alle sind Methanquellen. Dazu kommen noch natürliche Quellen wie Sümpfe, Moore, Termiten, Wälder und die Meere. Das Wissen über das ganze Ausmaß des Problems ist heute noch sehr lückenhaft – aber dank Satellitenbeobachtungen lernen wir schnell dazu.



Bild 2: In Mooren ist eine große Menge klimaschädlichen Methans gespeichert.

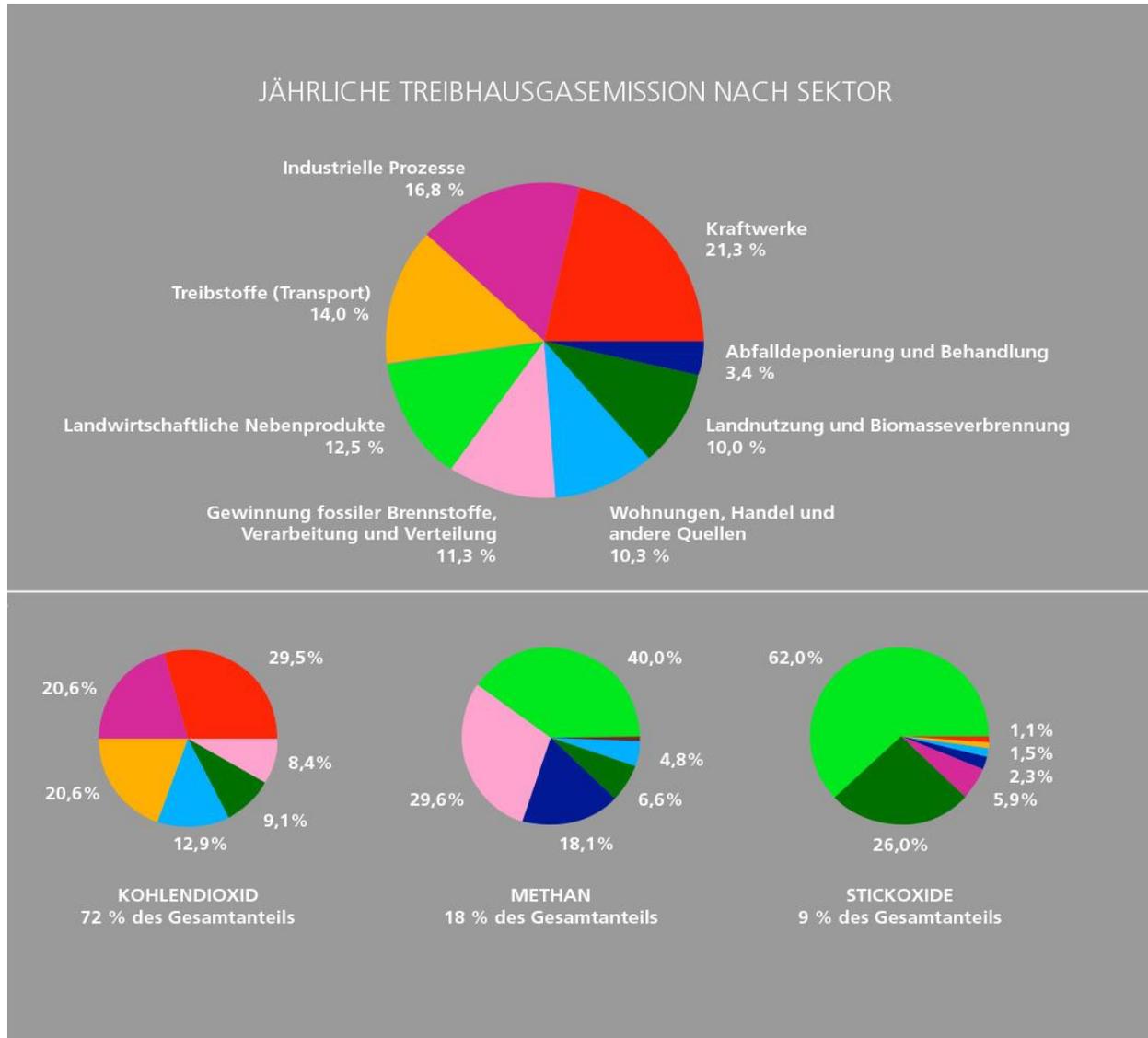


Abbildung 1: Die jährliche Treibhausgasemission aufgeteilt nach den Sektoren und den drei wichtigsten Gasen

# Landwirtschaft

Material Schüler 3:

## LIDAR – Technologie aus der Raumfahrt

Mit Hilfe der LIDAR-Technik wird der Satellit MERLIN Methan aufspüren. Laserlicht wird ausgestrahlt, von einem Objekt (Gaswolke, Erdboden etc.) reflektiert oder gestreut und das zum LIDAR-Instrument zurückkehrende Licht wird registriert. Durch die Messung der Zeit, die zwischen Aussenden und Empfangen des Laserimpulses vergangen ist, kann die Entfernung zwischen LIDAR-Instrument und dem reflektierenden Objekt bestimmt werden.

Dabei verrät die Wellenlänge des ausgesandten und zurückkehrenden Lichts die Zusammensetzung und somit die Art des reflektierenden Objekts – also beispielsweise Methan. In der Raumfahrt war LIDAR erstmals 1971 bei der Mondlandemission Apollo 15 (die erste mit Mondauto) an Bord. Mit seiner Hilfe wurde eine Reliefkarte der Mondoberfläche erstellt.



*Bild 3: Ein Satellitenbild verschiedener Felder*

# Landwirtschaft

Material Schüler 4:

## MERLIN – ein deutsch-französischer Beitrag zur Bewältigung des Klimawandels

Die Mission MERLIN ist das erste gemeinsame Projekt von Deutschland und Frankreich im Bereich Erdbeobachtung seit 1994. Sie wurde von beiden Nationen im Rahmen der deutsch-französischen Ministerratskonferenz im Februar 2010 beschlossen. Mit diesem Schritt haben die beiden größten Raumfahrtationen Europas entschieden, durch ihre Raumfahrtagenturen CNES und DLR einen sichtbaren Beitrag zur Erforschung der Ursachen des Klimawandels zu leisten. Permafrostböden tauen auf, Moore

gasen – und MERLIN sieht das. Der deutsch-französische Kleinsatellit soll ab 2019/20 drei Jahre lang Methan in der Erdatmosphäre beobachten. Mit Hilfe des LIDAR-Instruments wird er aus einer Höhe von rund 500 km das Treibhausgas in der Erdatmosphäre aufspüren und beobachten. Das Ziel ist, eine Weltkarte der Methankonzentration zu erstellen – um sowohl die Quellen präzise zu identifizieren als auch die Stellen, an denen Methan der Atmosphäre entzogen wird.



*Bild 4: Der Satellit MERLIN untersucht beispielsweise Moore und Permafrostböden.*



*Bild 5: Die Satelliten Mission CarbonSAT untersucht die klimaschädlichen Gase in unserer Atmosphäre.*

# Wasserqualität

Material Schüler 1:

## Tauchvorhersage

Im klaren Wasser ist Tauchen das reine Vergnügen. Da aber die Vorbereitung eines Tauchganges auf See eine logistisch anspruchsvolle Aufgabe ist, wäre es schön, schon vorher zuverlässige Informationen über die Wasserqualität zu haben – um nicht vor Ort „im Trüben“ tauchen zu müssen.

Für eines der größten Taucher-Paradise der Welt, das Great Barrier Reef in Australien, existiert jetzt eine Website, mit der sich der Tauchgang ideal planen lässt. Ihr Inhalt: die erste hochauflösende Karte des Riffs für bis zu 30 Meter Tiefe und tagesaktuelle Sichtverhältnisse. Die kostenlose Web-Anwendung „eoApp Australia“ zeigt an, wie trüb das Wasser aktuell ist (also wie viele Partikel sich im Wasser befinden) und wie weit

dementsprechend die Sicht unter Wasser reicht. Außerdem werden die Struktur des Riffs und des Meeresbodens sowie die Tiefe erkennbar. Nebenbei können so auch Veränderungen am Riff über einen langen Zeitraum beobachtet werden. Schließlich ist es nicht nur Touristenattraktion, sondern auch ein sehr fragiles Ökosystem, das leider durch Umwelteinflüsse sehr gefährdet ist: Zurzeit wird in unmittelbarer Nähe ein Hafen für Kohlefrachter angelegt, der Aushub einfach ins Meer gekippt. Die Behörden haben die Gefahr erkannt und planen eine Überwachung der Wasserqualität explizit unter Verwendung von Satellitendaten. Mit eoApp lässt sich die Entwicklung beobachten.

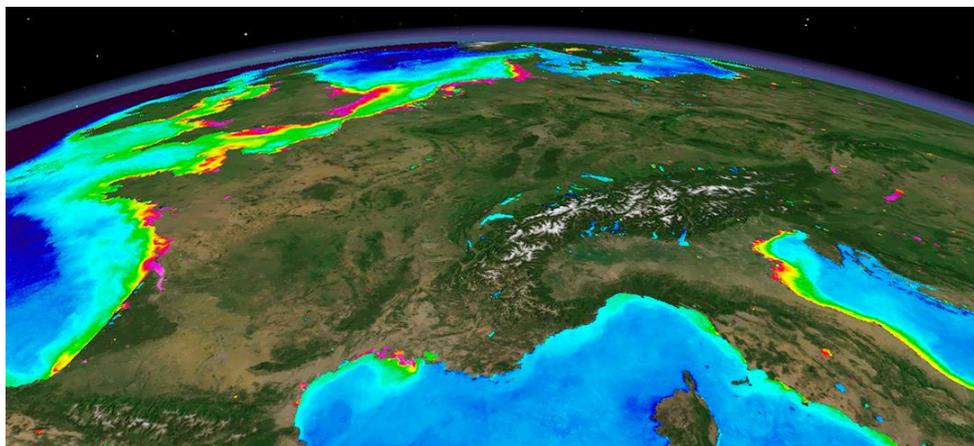


Bild 1: Satelliten können die Wasserqualität unserer Meere aus dem Weltraum messen.

# Wasserqualität

Material Schüler 2:

## EOMAP – anwendbar überall auf der Welt

Abu Dhabi: Wie gut vertragen sich Korallenriffe und Seegraswälder mit Öl- und Gasförderung sowie dem zunehmenden Tourismus? Das Umweltministerium Abu Dhabis hat EOMAP mit der Kartographie des Meeresgrundes vor seiner Küste beauftragt, um Veränderungen erkennen und eventuell gegensteuern zu können.

Titicacasee: In einem Projekt, das von der Weltbank und der ESA initiiert wurde, bewertete EOMAP die Wasserqualität des Sees, der in Peru und Bolivien liegt – und stark von Vermüllung

betroffen ist.

Trinkwasser in Talsperren: Stauseen sind stehende Gewässer, in denen unerwünschte Algen optimale Lebensbedingungen vorfinden – und das Wasser eintrüben. Spezialfirmen bekämpfen die Algen, aber die Wirkung der Maßnahmen lässt sich vom Wasser aus nicht optimal überwachen. Satellitendaten, die EOMAP aufarbeitet, helfen dabei, die Wirkung der Maßnahmen zu kontrollieren.

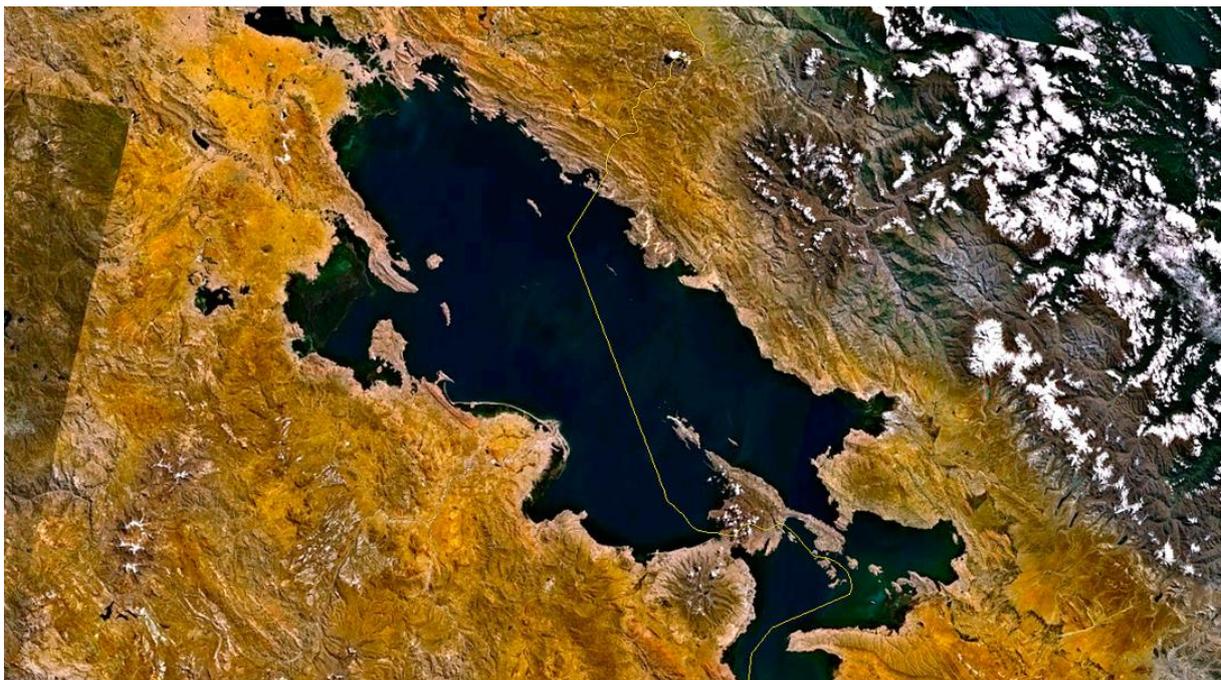


Bild 2: EOMAP untersucht die Wasserqualität von Talsperren und Seen aus der Luft.

# Wasserqualität

Material Schüler 3:

## Urlaubsplanung

Bei der Reiseplanung verlassen sich viele auf Empfehlungen, auf Bücher oder auf Bewertungen im Internet. Aber all diese Informationen wurden irgendwann in der Vergangenheit erzeugt. Sind sie überhaupt noch aktuell? Aus dem All werden Hightech-Satelliten immer öfter „Echtzeit“-Informationen aus allen Teilen der Welt liefern.

Hotel in Traumlage? Google Earth weiß es. Ein Satellitenbild zeigt auf einen Blick, ob das 4-Sterne-Hotel nicht doch an einer lauten Straße

liegt, und wie groß und wie weit der Strand tatsächlich ist. Aus 600 bis 800 km Höhe werden die Bilder von Erdbeobachtungssatelliten digital fotografiert und laufend zur Erde gefunkt.

Um die Wasserqualität tagesaktuell vorhersagen zu können, müssen bald keine Wasserproben mehr genommen werden. Die Auswertung von Satellitenbildern wird genügen.

Wasserqualität per Satellit prüfen geht auch für Seen.



*Bild 3: Auch Flugzeuge helfen in der Erdbeobachtung.*

# Wasserqualität

Material Schüler 4:

## Urlaub in der Stadt...

Ozon in der Stratosphäre schützt vor Sonnenbrand, Ozon am Boden reizt die Atemwege und kann Kopfschmerzen verursachen. Die Messung aus dem All – statt nur an einzelne Stellen am Boden oder per Ballon – liefert kontinuierliche weltweit

konsistente Daten. Für die Ozonmessung ist bislang der Wettersatellit MetOp mit verschiedenen Sensoren zuständig. Künftig wird diese Aufgabe in erster Linie von Copernicus mit Sentinel-4 und -5 übernommen.

## ... oder doch lieber in der Natur?

Satellitenbilder zeigen, wie es vor Ort um den Waldbestand steht – ist Wald vorhanden, wurde er durch Waldbrände oder Stürme geschädigt, und wenn ja: Hat sich der Wald bereits wieder erholt?

Und Malaria? Eine Millionen Menschen sterben jedes Jahr an Malaria, vor allem in Afrika. Viele Urlaubsreisen führen ebenfalls in Malaria-Regionen, aber meist gibt es nur großflächige Warnungen. Aber wie groß ist die Gefahr am Zielort aktuell? Gab es konkrete Krankheitsfälle? Und wie viele? Das Projekt MALAREO, will auf

Basis von Erdbeobachtungs-Daten den Ländern Afrikas dabei zu helfen, um erstens Malaria-Fälle auf einer Karte zu erfassen; aber vor allem; um aus der Kombination von Umweltdaten (Vegetation, Nähe zu Wasserflächen, Pfützen, Bebauung, Wettervorhersage und vielem mehr) Vorhersagen zu treffen, wie sich das Malaria-Risiko an einem bestimmten Ort entwickelt. Mit den Daten soll auch die Malaria-Bekämpfung verbessert werden – zum Beispiel durch das Trockenlegen von Sümpfen.

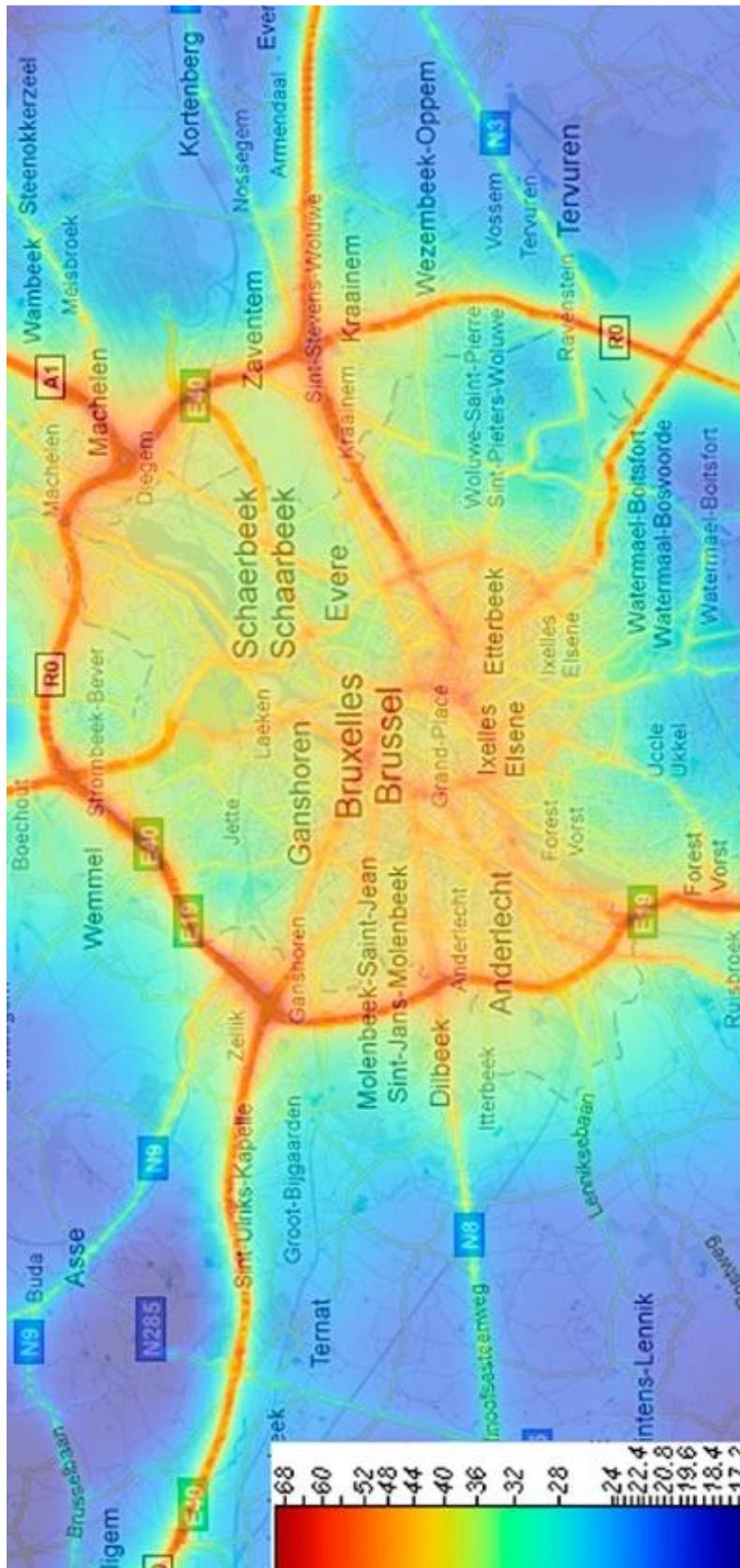


Bild 4: Die Verteilung von Schadstoffen in der Luft von Brüssel

# Brennstoffzellen

Material Schüler 1:

## Energie speichern

Wind-, Sonnen- und Gezeitenenergie? Schön und gut, wenn es stürmt oder bei Sonnenschein. Dann ist der Öko-Strom da – muss aber sofort verbraucht werden. Könnte man ihn nicht speichern, für Zeiten, in denen Flaute herrscht, oder die Sonne eben nicht scheint? Die Lösung: Wasserstoff. Er wird mit dem Strom aus Erzeugungsspitzen erzeugt, ist lagerfähig und kann später – ganz nach Bedarf- wieder in Strom, zurückgewandelt werden. Beispielsweise als Zukunfts-treibstoff in einer hoch effizienten und emissionsarmen Brennstoffzelle.

Strom und Wärme für zuhause: Brennstoffzellen für Einfamilienhäuser gibt es in Deutschland, Japan und der Schweiz bereits für rund 30.000 Euro. Sie werden an das normale Erdgasnetz angeschlossen, produzieren mit einem Reformier aus Erdgas (oder Biogas) den Wasserstoff und aus diesem wiederum relativ viel Strom und zugleich wenig Wärme: Das ist der große Vorteil gegenüber anderen Kraft-Wärme-Kopplungssystemen, denn Strom wird immer gebraucht, Wärme dagegen nicht.



*Bild 1: Im Projekt HYDROSOL 2 wird schon heute Energie im großen Stil aus der Sonne gewonnen und gespeichert.*

# Brennstoffzellen

Material Schüler 2:

## Powerd bei Raumfahrt

Schon die Apollo-Mission der NASA, deren Ziel in den 1960er- Jahren die Landung auf dem Mond war, führte alkalische Brennstoffzellen an Bord. Sie dienten als „unerschöpfliche“ Energiequellen, produzieren den Strom (bis zu 2.300 Watt pro Modul), Wärme, und auch Trinkwasser. Der Treibstoff: flüssiger Wasserstoff und flüssiger Sauerstoff.

Auch heute spielt die Brennstoffzellen-Technologie in der Raumfahrt eine bedeutende Rolle: Wie wird sich beispielsweise eine bemannte Mars-Station mit Energie und vielem anderen versorgen? Ohne Tankstelle, ohne Wasserquelle, ohne Supermarkt? Die Idee: der geschlossene Kreislauf eines Lebenserhaltungssystems auf Basis von

reversiblen (also umkehrbaren) Wasserstoffsystemen. Statt Wasserstoff und Sauerstoff in riesigen Mengen mitzunehmen, könnte der „Proviant“ vor allem aus Wasser bestehen. Vor Ort erzeugen Solarzellen Strom. Per Elektrolyse wird das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten. Strom, Wärme, Luft, Wasser – in einem ewigen Kreislauf. Zusätzlichen Sauerstoff könnten Algenkulturen erzeugen – aus denen zugleich Nahrung gewonnen wird. Die Erforschung solcher geschlossener Systeme wird vom DLR Raumfahrtmanagement intensiv gefördert, denn sie sind auch für die Erde sehr interessant. Sie könnten nämlich die Lösung für die Speicher- Problematik erneuerbarer Energien sein.



*Bild 2: Eine Marsstation die sich komplett selbst versorgt ist seit Jahren eine Vision der Raumfahrt. Dafür ist es essenziell wichtig Energie speichern und wiederverwerten zu können.*

# Brennstoffzellen

Material Schüler 3:

## Kombiniere Solar und Wasserstoff

Was einer Marsstation eine autonome Energieversorgung ermöglicht, funktioniert auch im Eigenheim. Solarzellen auf dem Dach produzieren tagsüber Strom. Strom, der nicht unmittelbar verbraucht wird, erzeugt via Elektrolyse Wasserstoff. Ein Zwischenlager, das

angezapft wird, wenn die Sonne nicht scheint: In einer Brennstoffzelle wird aus dem Wasserstoff wieder Strom und Wärme (Heizung, Warmwasser). Oder der Wasserstoff wird ins Auto getankt. Oder ins Netz eingespeist.

## Wasserstoff aus der Sonne

Um aus Wasser Wasserstoff herzustellen, braucht man bei der Elektrolyse zugeführte Energie, üblicherweise Strom. In einem „Sonnenofen“ ist es Wissenschaftlern des DLR gelungen, den Wasserstoff statt mit Strom unmittelbar mit gebündelten Sonnenstrahlen

aus Wasser zu erzeugen. Das Folgeprojekt HYDROSOL 2 überträgt die Technologie bereits auf einen deutlich größeren Maßstab. Wird hier der Super-Kraftstoff der Zukunft einfach nur aus der Sonne geerntet?



Bild 3: Wasserstoffspeicher des Projektes HYDROSOL 2

# Brennstoffzellen

*Material Schüler 4:*

## Regenerative Brennstoffzellen-Systeme

Der Strom, der Satelliten oder Sonden betreibt, stammt von Solarzellen. Um die produzierte Energie zu speichern, sind große Akkus zu schwer. Bisher war deshalb die Erforschung von Schattenseiten von Himmelskörpern eingeschränkt. Airbus und das DLR Raumfahrtmanagement setzten daher auf reversible Brennstoffzellen. Nur wenig Wasser-

und Sauerstoff werden als Treibstoff an Bord mitgeführt und bei Sonnenmangel in einer Brennstoffzelle verstromt. Dabei entsteht Wasser, das in einem Tank gesammelt wird. Wenn wieder ausreichend Sonnenstrahlung verfügbar ist, wird der Solarstrom genutzt, um aus dem Wasser wiederum die Wasserstoff- und Sauerstoff-Vorräte aufzufüllen.



*Bild 4: Selbst die Raumkapsel der Apollo-Mission der NASA hatte in den 1960er-Jahren schon Brennstoffzellen an Bord.*

# Solarenergie

*Material Schüler 1:*

## Solarenergie

1953 wurde die erste Solarzelle gebaut und schon kurz darauf, 1958, war ein Satellit mit der neuen Technik ausgestattet. Aus der Raumfahrt erwuchs auch später der Bedarf nach immer besseren Solarzellen. Aber die Raumfahrt ist kein Massenmarkt. Erst seit der Ölkrise 1974 gewannen erneuerbare Energien – und damit auch Photovoltaik- an Bedeutung und wurden

immer besser und preisgünstiger. Noch in den 1970er-Jahren kostete 1 Watt elektrische Leistung 200 US-Dollar. Heute zahlen Hausbesitzer mit einer Solaranlage (inklusive Installation) nur noch 1,70 Euro pro Watt. Aber da geht noch mehr! Und zwar mit Solarzellen der nächsten Generation. Sie sind entweder superdünn oder super-effizient.



*Bild 1: Im Projekt HYDROSOL 2 wird schon heute Energie im großen Stil aus der Sonne gewonnen und gespeichert.*

# Solarenergie

*Material Schüler 2:*

## Superdünn

Die Firma Solarion erforschte und erprobte mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt den Einsatz von flexiblen Dünnschicht-Solarzellen im All (CIGS). Weil sie nur wenige Mikrometer dünn sind, auf Basis einer Kunststoffolie produziert werden und kein Glas verwendet wird, sind die günstig, unzerbrechlich und biegsam. Außerdem lassen sie sich im wahrsten Sinne flexibel verbauen: auf

Autodächern, auf Hausdächern, Fassaden und weil sie sogar ein wenig durchsichtig hergestellt werden können- in Glasfassaden. So könnten in Zukunft sehr viele Oberflächen zugleich zu Energieerzeugern werden. Bei der Fertigung wird mit einer patentierten Ionenstrahl-Technologie eine hauchfeine Halbleiterschicht aus Kupfer, Indium, Gallium und Selen aufgebracht (CIGS).



*Bild 2: Diese Solarzellen sind dünn und flexibel.*

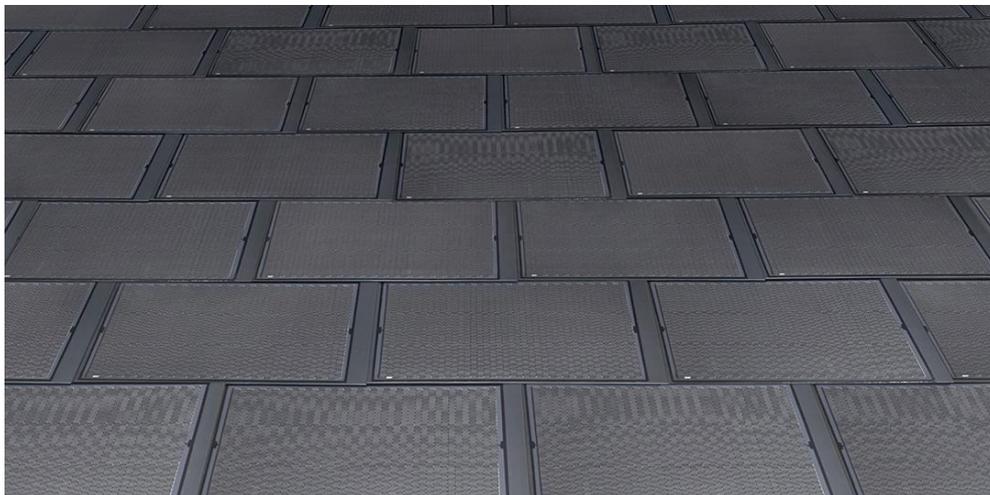
# Solarenergie

*Material Schüler 3:*

## Solar-Dachbahnen

Auf Basis der sogenannten CIGS-Technologie (Kupfer, Indium, Gallium, Selen) wurden Dachschindeln aus Aluminiumblech entwickelt, auf die ein Solarmodul laminiert ist. Die Schindeln eignen sich für Schrägdächer und Fassaden, sind leicht (3,5 kg/ Quadratmeter),

unzerbrechlich und lassen sich schnell und einfach installieren – ganz normale Dachdeckerarbeit. So können Solarzellen viel leichter, schneller und billiger auf Dächern verbaut werden.



*Bild 3: Diese Solarzellen lassen sich wie Dachschindeln auf Hausdächern verlegen.*

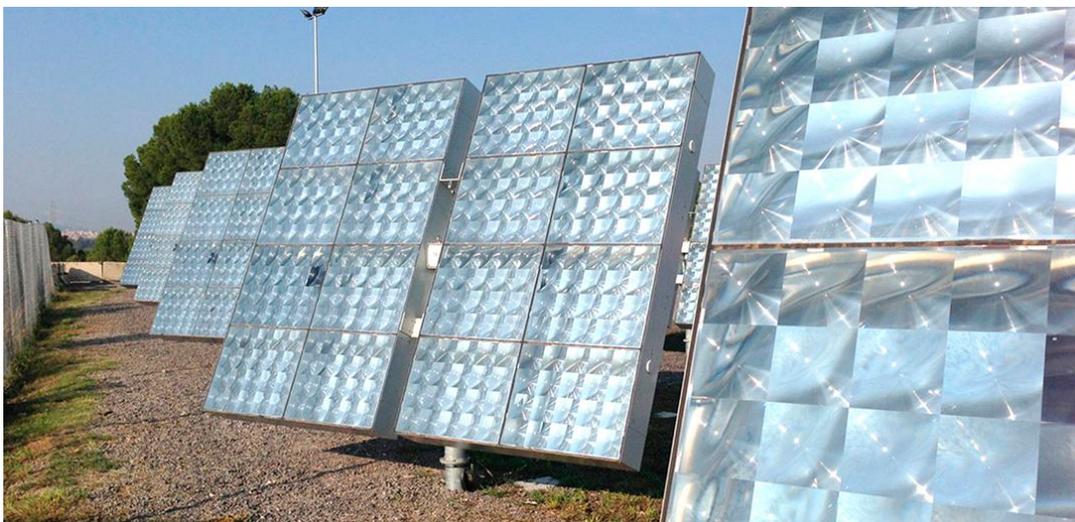
# Solarenergie

*Material Schüler 4:*

## Solar-Kraftwerke

Konzentrator-Zellen sind schon heute wirtschaftlicher als normale Silizium-Zellen, vorausgesetzt, die Sonne scheint konstant. Zwar „wandert“ sie im Tagesverlauf, jedoch bewirken die Linsen der Konzentrator-Zellen, dass die Sonneneinstrahlung, egal aus welchem Winkel sie auftrifft, immer auf den Halbleiter gelenkt

wird. Dadurch geht keine Sonnenenergie mehr durch den schrägen Lichteinfall der Sonnenenergie verloren. In Südafrika wird derzeit ein 44-MW-Kraftwerk ausschließlich aus Konzentrator-Zellen gebaut. Kann Solarenergie also endlich Kohle und Atomkraft ablösen?



*Bild 4: Diese Solarzellen sind sehr effizient und werden daher in Solarkraftwerken eingesetzt.*