

Frequently asked questions

Dr. Hans-Joachim Lotz-Iwen ([DLR](#))

Was Sie schon immer über die Fernerkundung mit Satelliten wissen wollten:

Diese Liste von Fragen basiert auf den langjährigen Erfahrungen des DFD-Helpdesks. Sie dokumentiert die am häufigsten telefonisch oder per E-Mail gestellten Anfragen und beinhaltet darüber hinaus zusätzliche Hintergrundinformation zum Thema Satellitenfernerkundung. Zur leichteren Orientierung ist sie thematisch in Kapitel gegliedert:

- "[Allgemeines zur Fernerkundung](#)" befasst sich mit den Komponenten und den Zielen der satellitengestützten Erdbeobachtung
- "[Anwendungen und Nutzen](#)" gibt einen Überblick über das Einsatzspektrum der Fernerkundungsdaten
- "[Fernerkundung der Landoberflächen](#)" behandelt Aspekte der Kartierung der festen Erdoberfläche und der Vegetation
- "[Fernerkundung der Atmosphäre](#)" schließlich ist der Wetterbeobachtung sowie der Sondierung der atmosphärischen Spurengase und Dynamik gewidmet
- "[Fernerkundung der Meere](#)" zeigt die Möglichkeiten der marinen Erkundung auf, zu der auch die Eiskartierung gehört
- "[Katastrophenmonitoring](#)" befasst sich mit dem Einsatz der Daten bei Naturkatastrophen und Havarien
- "[Satelliten und Sensoren](#)" beantwortet Fragen zu den Umlaufbahnen und der Aufnahmetechnik der Systeme im All

Die Sammlung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sie wird aber ständig erweitert. Die hier gemachten Aussagen werden nach bestem Wissen getroffen und richten sich vor allem an Nichtfachleute, die sich mit der neuartigen Materie vertraut machen möchten. Für weitergehende Fragen, konstruktive Kritik und Anregungen steht Ihnen auch weiterhin das DFD-Helpdesk zur Verfügung.

Allgemeines zur Fernerkundung

Was versteht man unter Satellitenfernerkundung der Erde?

Satellitenfernerkundung der Erde ist die Beobachtung der Erdoberfläche und der Atmosphäre mit Hilfe von Sensoren, die sich an Bord von Raumfahrzeugen, d.h. Satelliten, Space Shuttle oder Raumstationen befinden, d.h. typischerweise aus ca. 200 km bis 36.000 km Entfernung.

Worin bestehen die Vorteile der Erderkundung mit Satelliten?

Satellitendaten sind aktuell (oft innerhalb von Stunden verfügbar), sie erfassen flächendeckend große Gebiete bzw. die gesamte Erde, und sie liegen mit hohen Wiederholraten vor, was Vergleiche und Zeitreihenanalyse erlaubt. Zudem wird die Erde in vielen Spektralbereichen (sichtbares Licht, Infrarot, Mikrowellen) beobachtet.

Seit wann gibt es die Erderkundung mit Satelliten?

Die ersten Wettersatelliten wurden 1968 von der NASA in den Orbit gebracht. Seitdem ist eine Vielzahl unterschiedlichster Satelliten und Sensorsysteme im Einsatz.

Anwendung und Nutzung von Fernerkundungsdaten

Welche Anwendungsgebiete gibt es für Fernerkundungsdaten?

Die grob auflösenden, aber global aufgezeichneten Daten werden vorwiegend für klimarelevante Untersuchungen verwendet (Strahlungshaushalt der Erde, Wetterbeobachtung, Meereisbedeckung, Oberflächentemperatur), die hochauflösenden Daten hingegen zur topografischen und thematischen Kartierung (Bildkarten, Landnutzung, Vegetation, mineralogische Prospektion) sowie als Planungsgrundlage.

Auf Grund der hohen Wiederholrate eignen sich die Daten aus dem Weltraum aber vor allem für die Dokumentation dynamischer Vorgänge, vor allem beim Umwelt-Monitoring (Desertifikation, Waldabbau, Klimazonenverschiebung).

Welche Nutzergruppen gibt es derzeit?

Es gibt die wissenschaftlichen Nutzer an Universitäten und Forschungszentren, die sich mit der Erforschung und Weiterentwicklung der Auswertetechniken und der Erschließung neuer Anwendungen befassen. Sie verwenden bevorzugt die Rohdaten bzw. die systemkorrigierten Daten. Die zweite Gruppe setzt sich aus behördlichen und industriellen Nutzern zusammen, die für die jeweilige praktische Anwendung vorverarbeitete Daten benötigen, bei denen die Bilder z.B. radiometrisch kalibriert und auf eine Kartenprojektion entzerrt wurden.

Welche Ausrüstung benötigt man zur Auswertung von Fernerkundungsbildern?

Ein Standard PC (>100MHz, 32 MB Memory, 1 Gbyte Festplatte, CD-ROM Laufwerk) ist vollkommen ausreichend. Da die Bilddaten in Rasterform vorliegen ist mehr Speicher von Vorteil. Wesentlich ist aber eine Bildauswerte-Software, die es sowohl erlaubt, Bilder unterschiedlicher Formate in beliebiger Kanalkombination einzulesen, die aber auch Module zur radiometrischen Veränderung (z.B. Kontrastoptimierung), Filterung (Hoch-, Tiefpassfilter), Bildarithmetik (Subtraktion, Maskierung) und Klassifizierung (Clustering) enthält. Solche Software wird als abgespeckte public domain S/W (MULTISPEC, ENVI-FREE), preiswerte Schul-Software (Duttke, IDRISI) und professionelle Programm-Pakete (ERDAS, ARC-INFO) angeboten.

Fernerkundung der Landoberfläche

Kann man mit Satellitenbildern Landkarten erstellen?

Ja, in unzugänglichen Regionen der Erde ist das sogar die einzig praktikable Methode. In vielen Entwicklungsländern sind die mit konventionellen Methoden erhobenen Kartenwerke seit Jahrzehnten nicht mehr nachgeführt worden. In den kartografisch besser dokumentierten Industriestaaten werden Satellitenbilder vor allem zur Aktualisierung existierender Karten

benutzt, wobei diese inzwischen ebenfalls in digitale Form überführt werden, in Deutschland erfolgt das im Projekt ATKIS.

Welche Satelliten sind für welche Kartenmaßstäbe geeignet?

Aus der bisherigen Erfahrung kann man folgende Faustregel für die Erstellung neuer Karten in besiedelten Regionen angeben:

Maßstab 1:1 Mio Pixelgröße 100-200 m Sensoren WIFS, RESURS-SK

Maßstab 1:200.000 Pixelgröße 20-30 m Sensoren Landsat-TM, SPOT-XS, IRS-LISS, ERS

Maßstab 1:50.000 Pixelgröße 5-10 m Sensoren SPOT-Pan, IRS-1C-Pan

Will man lediglich bestehende Kartenwerke aktualisieren, darf die Auflösung um den Faktor 2 schlechter sein.

Wie gut ist die geographische Genauigkeit der Bilder?

Sie wird bestimmt durch die genaue Kenntnis der Satellitenbahn (GPS und andere Ortungsverfahren) und den Aufwand, den man bei der geometrischen Entzerrung (Geocodierung) betreibt. Bei den neueren Systemen kann man so eine absolute Positionsgenauigkeit von weniger als 1 Pixel erreichen.

Was wird bei thematischen Kartierungen unterschieden?

Die elementarste thematische Kartierung bildet drei Klassen: Land, Wasser und Wolken. Sie dient oft der Bildung von Masken für weiterführende Arbeiten. Auf der Landoberfläche lassen sich bei Sensoren mit vielen Spektralkanälen und Bildern aus unterschiedlichen Jahreszeiten weitere Klassen unterscheiden: Laubwald, Nadelwald, Siedlung, Wiese, Ackerland, versiegelte Fläche, Gletscher, Fels, Moore usw.

Was bedeutet "spektrale Signatur"?

Die spektrale Signatur ist der spektrale Fingerabdruck eines Objekts. Sauberes Wasser, z.B. ist charakterisiert durch starke Reflektion im blauen Licht, starke Absorption im roten Licht und nahezu totale Absorption im mittleren und fernen Infrarot. Gesunde (grüne) Vegetation hingegen absorbiert rotes Licht (Chlorophyll), reflektiert grünes Licht und im nahen Infrarot, weist aber auf Grund des Wassergehalts starke Absorption in Bereichen des mittleren Infrarots auf. Diese Kenntnis verwendet man um multispektral aufgenommene Bilddaten zu klassifizieren

Kann man die aktuell vorhandene Biomasse in einer Region bestimmen?

Ja, man benutzt die o.a. spektrale Signatur von Vegetation und berechnet den sog. Vegetationsindex, das ist die Differenz der Pixelhelligkeit im nahen Infrarot (NIR) und im roten Licht (R). Hohe Werte bedeuten viel Biomasse, niedrige Werte wenig Biomasse. Dividiert man diese Größe noch durch die Summe der beiden: $(NIR-R) / (NIR+R)$ dann resultiert der Normierte Differentielle Vegetationsindex NDVI.

Wozu braucht man den NDVI und welche Daten sind erhältlich?

Aus der zeitlichen Veränderung der Biomasse lassen sich Ernteabschätzungen treffen, jahreszeitliche Variationen erfassen und durch langfristige Zeitreihen auch Rückschlüsse auf

Klimaverschiebungen ziehen.

NDVI-Karten werden von vielen Organisationen berechnet und im Netz zugreifbar gemacht. Das DFD berechnet täglich eine NDVI-Europakarte sowie Wochen- und Monatsmittel im 1km Raster.

Die amerikanische Wetterbehörde NOAA stellt globale Daten zur Verfügung:

Kann man landwirtschaftliche Anbauflächen nach Getreide- oder Fruchtarten klassifizieren?

Im Prinzip ja, die Zuverlässigkeit der Klassifizierung hängt jedoch stark von den vorhandenen Spektralkanälen und den Aufnahmezeitpunkten (unterschiedliche Blütezeit und Reifezeit) und der Möglichkeit der Stichprobenkontrolle vor Ort ab.

Kann man Vegetationsschäden, z. B. Waldschäden im Satellitenbild erkennen?

Ja, zum einen anhand der Struktur des Kronenschlusses, der ausgedünnt wird. Zum anderen gibt die geringere Reflexion im nahen Infrarot Hinweise auf eine defekte Blattstruktur, oder die verminderte Absorption im mittleren Infrarot erlaubt Rückschlüsse auf den Wassergehalt (Austrocknung).

Welche Anwendungen sind in der Raumplanung erprobt?

Aus Infrarotaufnahmen lassen sich Thermalkarten berechnen, aus denen wiederum Luftzirkulationen abgeleitet werden, was insbesondere bei der Stadtplanung (Ausweisung von Bauland, Aufforstung, Grünanlagen) wichtig ist.

Bei der Rekultivierung industriell genutzter Flächen, z.B. Tagebaugelände oder aufgelassener Truppenübungsplätze sowie der Planung von Deponien werden ebenfalls Satellitenbilder eingesetzt.

Wie werden Fernerkundungsbilder in der Archäologie eingesetzt?

Unter der Erdoberfläche verborgene bauliche Relikte beeinflussen oft die darüber wachsende Vegetation. Deren Muster kann Hinweise für archäologische Grabungen geben. Man benutzt hier Aufnahmen im sichtbaren Licht und im Infrarot. Die in der Fernerkundung eingesetzten Radarsensoren arbeiten mit Wellenlängen von 1 - 70 cm, sie können bei trockenen Böden (geringe elektrische Leitfähigkeit) einige Dezimeter in den Boden eindringen und verborgene Strukturen sichtbar machen. Die NASA hat so in der jemenitischen Wüste eine nur in alten Berichten erwähnte, seit Jahrhunderten vom Sand zugedeckte Karawanenstadt entdeckt.

Fernerkundung der Atmosphäre

Wie funktioniert der Treibhauseffekt?

Der Treibhauseffekt ist eine natürliche Eigenschaft der die Erde umgebenden Atmosphäre. Ohne die natürlichen Treibhausgase (H_2O , CO_2 , CH_4 , O_3 , N_2O) läge die mittlere Temperatur der Erdoberfläche bei nur $-18^\circ C$, anstelle der tatsächlichen $+15^\circ C$. Diese Gase sind nämlich in der Lage die infrarote Abstrahlung der Erdoberfläche zu absorbieren. Sie lassen die von der Sonne einfallende Strahlung ungehindert passieren, vermindern jedoch die Wärmeabstrahlung der Erde ins Weltall.

Dem natürlichen Treibhauseffekt ist jedoch der anthropogene Treibhauseffekt überlagert. Dieser entsteht dadurch, dass zusätzliche Treibhausgase und neue Stoffe, die ebenfalls über die genannten Eigenschaften verfügen (z.B. FCKWs) vom Menschen in die Atmosphäre eingebracht werden. Allein die CO₂-Konzentration ist seit Beginn der Industrialisierung in der von ca. 280 ppmv (1750) auf 358 ppm angestiegen.

Was macht das Spurengas Ozon in unserer Atmosphäre?

Die Atmosphäre der Erde ist aus einer Vielzahl von verschiedenen Gasen zusammengesetzt. Dabei machen die Hauptkonstituenten Stickstoff, Sauerstoff und Argon etwa 99,9% unserer Atmosphäre aus. Das restliche 0,1 % entfällt auf eine ganze Reihe anderer Gase – wir sprechen wegen dieses außerordentlich geringen Anteils dieser Konstituenten an der Atmosphäre von Spurengasen. Man könnte annehmen, dass sie wegen ihrer minimalen Konzentration ohne Einfluss auf das atmosphärische Geschehen sind. Doch diese Annahme ist - zumindest für einige dieser Gase - weit gefehlt. Eines dieser Spurengase ist Ozon. Diesem Gas, das an keiner Stelle der Atmosphäre mehr als ein 1/100 000stel der Atmosphäre ausmacht, kommt eine enorme Bedeutung zu: es absorbiert im hochenergetischen Ultraviolett fast sämtliche Sonnenstrahlung. Diese Absorption ist für die Biosphäre ganz entscheidend. So steigt beispielsweise in dem Wellenlängenbereich von etwa 320 bis 280 Nanometer die relative biologische Empfindlichkeit der DNA um etwa vier Größenordnungen an; eine lineare Abnahme der Absorption von UV-Strahlung etwa durch die Abnahme der Ozonschicht geht somit nichtlinear mit der biologischen Beeinträchtigung des Erbgutes einher. Neben dem Effekt der Filterung biologisch schädigender UV-Strahlung, wird die hier absorbierte solare Energie in Form von Wärme an die umgebende Atmosphäre abgegeben. Auf diese Weise bestimmt Ozon maßgeblich die vertikale Temperaturstruktur der Stratosphäre und prägt somit auch die großräumigen Zirkulationsmuster mit. Die dritte wichtige Funktion von Ozon für unsere Umwelt liegt in seiner Eigenschaft als natürliches Treibhausgas.

Wie und wo entsteht Ozon?

Ozon wird auf natürliche Weise über den Prozess der Photosynthese erzeugt. Hierbei wird ein Sauerstoffmolekül durch energiereiche solare Strahlung in zwei Sauerstoffatome aufgespalten. Die so entstandenen Sauerstoffatome verbinden sich dann mit Sauerstoffmolekülen zu Ozon. Dieser Prozess läuft in größeren Höhen ab. Ist erst einmal eine gewisse Menge Ozon entstanden, so kann das energiereiche UV-Licht nicht mehr durch sie hindurch dringen, da das Ozon, wie oben beschrieben, UV-Strahlung besonders effektiv absorbiert. Das bedeutet, dass in der Atmosphäre unterhalb dieser Menge kein Ozon mehr gebildet wird. Dies ist, ganz vereinfacht dargestellt, die Ursache für die Schichtbildung des Ozons. Es ist daher zu etwa 90% im Höhenbereich von etwa 15 bis 30 Kilometer konzentriert. Die übrigen 5 bis 10% verteilen sich dann im Wesentlichen auf die Troposphäre. Ein bisweilen im Sommer zu beobachtender Anstieg der Ozonkonzentration im Bereich der bodennahen, sog. atmosphärischen Grenzschicht („Sommersmog“), wird bei sehr intensiver Sonnenstrahlung beobachtet. Dieses troposphärische Ozon hat auf den menschlichen Organismus teils sehr negative Auswirkungen.

Wie gut ist die Luft, die wir atmen?

Das Thema "Luftqualität" ist nicht neu. So schreibt bereits Plinius der Ältere im Jahre 61 n. Chr.: "Sobald ich die schwere Luft von Rom verlassen hatte und den Gestank der qualmenden

Kamine, die bei Betrieb alle möglichen Dämpfe und Ruße ausstießen, verspürte ich einen angenehmen Wandel meines Befindens" (zitiert in STERN et al., 1984). Neu allerdings ist die Dimension, die die Luftverschmutzung seit jener Zeit angenommen hat. Der Begriff „Smog“ gehört heute zum Alltagswortschatz insbesondere der Einwohner größerer Städte und Metropolen.

Die Luft vornehmlich in den Ballungszentren der Erde wird zunehmend mit Stickoxiden, Ozon, Schwefel und Aerosolen belastet. Dies ist in erster Linie auf eine zunehmende Intensität des Kraftverkehrs und der Industrialisierung zurückzuführen. Daneben stellen aber auch Brandrodungen oder außer Kontrolle geratene großflächige Kohle- und Torfbrände wie wir sie derzeit beispielsweise in China, Russland und Indonesien erleben, eine signifikante Rolle. Hinzu kommen natürliche Schadstoffquellen wie etwa Vulkanausbrüche. Führt man sich vor Augen, dass der Mensch täglich etwa 10 000 Liter Luft inhaliert, bekommt man eine Ahnung davon, welche gesundheitlichen Konsequenzen mit einer weiter zunehmenden Luftverschmutzung in Zukunft verbunden sein mögen.

Hinzu kommt, dass diese Schadstoffe mit den Strömungen und Zirkulationen in der Atmosphäre über weite Strecken, teilweise kontinentalen Ausmaßes, vom Ort ihrer Entstehung wegtransportiert werden. Luftverschmutzung ist damit längst kein regionales Problem mehr; es ist ein Problem mit globalem Ausmaß.

Wie entstehen Wolken und woraus bestehen sie?

Wolken bestehen aus kleinsten Wassertröpfchen im Größenbereich von Tausendstel bis Zehntel Millimeter oder aus kleinen Eispartikeln. Diese winzigen Teilchen entstehen durch Kondensation des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes zu Tröpfchen oder zu Eiskristallen, je nach der Temperatur der Umgebungsluft. Wassertröpfchen können stark unterkühlt sein und bis etwa -40 Grad Celsius entstehen. Eispartikel entstehen oft erst bei noch tieferen Temperaturen. Zur Kondensation ist eine Übersättigung der Luft mit Wasserdampf notwendig, die durch Abkühlung erreicht wird. Die Luft wird immer dann abgekühlt, wenn sie gehoben und damit wegen des mit der Höhe geringer werdenden Druckes ausgedehnt wird. In Hochdruckgebieten überwiegt großräumiges Absinken der Luft, weshalb sich dort die meisten Wolken auflösen. In Tiefdruckgebieten steigt die Luft vor allem an den Fronten zwischen unterschiedlichen Luftmassen auf, kühlt sich ab, kondensiert den Wasserdampf aus und es entstehen Wolken.

Wie kann man vorhersehen, was eine Wolke bringt?

Aus vielen Wolken fällt kein Niederschlag. Aus anderen Wolken wiederum fällt zwar Niederschlag, aber der erreicht nicht den Boden, weil er vorher wieder verdunstet. Niederschlag kann fest oder flüssig sein und reichlich oder spärlich an einem Ort ausfallen. Grundsätzlich entsteht Niederschlag, wenn sich die Wolkenpartikel so zusammenballen, dass sie zu schwer werden, um sich oben in der Wolke zu halten. Eigentlich spricht man nur dann von Niederschlag, wenn er am Boden ankommt und gemessen werden kann. Charakterisiert wird der Niederschlag nach seiner Art, seiner Menge und Intensität. Erst wenn mehr als 0.5 mm, also 0.5 Liter pro Quadratmeter fallen, spricht man von nennenswertem Niederschlag. Regen kann Sprühregen sein und nur wenig an Menge bringen oder Platzregen und zu Überschwemmungen führen. Der feste Niederschlag reicht von kleinen Eispadeln über Schneeflocken bis zu faustgroßen Hagelkörnern. Die Frage lautet also: Bringt eine Wolke überhaupt Niederschlag, wenn ja, welche Art und wie viel an einem bestimmten Ort. Ob aus einer Wolke Niederschlag fällt, erkennt man in außertropischen Gebieten z.B. daran, ob sie eine

aus Eispartikeln bestehende Obergrenze besitzt oder nicht. Die Art des Niederschlags hängt wesentlich von der Temperatur ab und davon, wie schnell der Niederschlag zu Boden fällt. Die Menge des am Boden eintreffenden Niederschlages hängt von seiner Intensität ab und auch davon, wie schnell die Wolke weiterzieht, also wie lange sie über einer bestimmten Stelle ist. Meist lässt sich die Art des Niederschlags recht gut vorhersagen, die genaue Menge an einem bestimmten Ort dagegen weniger gut. Vor allem wenn der Niederschlag nicht entlang einer Wetterfront fällt, sondern z.B. von Wärmegewittern stammt, ist es oft recht schwierig, genau zu sagen wo wie viel kommen wird.

Was haben Feuchtigkeit, Wind und der Luftdruck mit Wolken zu tun?

Wolken entstehen natürlich umso leichter, je feuchter die Luft ist. Manchmal ist die Luft so trocken, dass keine Wolken entstehen, obwohl die Luft gehoben und abgekühlt wird. Sie erreicht dann einfach nicht das so genannte Kondensationsniveau. Der Wind entsteht als Ausgleichsströmung für Luftdruckunterschiede und kann Wolken entstehen lassen, wenn er beispielsweise über ein Hindernis muss, das die Luft zum Aufsteigen zwingt. Dann entstehen die so genannten Stauniederschläge bzw. der Steigungsregen. Der Wind, oder allgemeiner die Luftströmung in der Atmosphäre, transportiert die Wolken und die Transportgeschwindigkeit hängt damit zusammen, wie viel und wie lange beispielsweise Niederschlag an einem Ort fällt.

Gibt es eine 100% Wettervorhersage?

Nein, denn die Atmosphäre ist ein so genanntes chaotisches System. Chaotische Systeme haben die Eigenschaft, dass kleinste Einflüsse eine komplette Verhaltensänderung bewirken können. Das bedeutet, dass der Flügelschlag eines Schmetterlings in China prinzipiell einen Wirbelsturm in der Karibik auslösen kann. Das Verhalten von chaotischen Systemen wie das Wetter kann man nur näherungsweise vorhersagen. Die Vorhersagegüte lässt sich dabei nur statistisch angeben. Der Aufwand, der für die Wettervorhersage betrieben werden muss, wächst mit der Länge des Vorhersagezeitraumes und mit der Detailliertheit der Vorhersage. Die Vorhersagegüte wird darüber hinaus mit längerem Vorhersagezeitraum schlechter. Beispielsweise hat die einfache Ja/Nein-Vorhersage von Niederschlag für den nächsten Tag vielleicht eine Trefferwahrscheinlichkeit von 85-90%, für zehn Tage aber nur noch von 55 %, was nur noch wenig über der Zufallswahrscheinlichkeit der simplen Ja/Nein-Prognose liegt.

Wie und womit wird gemessen? Welche Parameter sind für eine Wettervorhersage notwendig?

Das Wetter an sich kann man nicht messen, sondern die physikalischen Parameter der Atmosphäre, die es charakterisieren. Die wichtigsten Parameter sind Temperatur, Feuchtigkeit, Windstärke und Windrichtung, Wolkenbedeckungsgrad, Strahlung und Niederschlag. Der Luftdruck charakterisiert zwar nicht das Wetter, wird aber gemessen, um die Lage der Hoch- und Tiefdruckgebiete in der Zusammenschau zu bestimmen. Die Luftdrucktendenz sagt etwas aus über die kurzfristige Entwicklung des Wetters. Für die genannten Parameter gibt es Messgeräte. Der Luftdruck wird mit dem Barometer gemessen, die Temperatur mit dem Thermometer und die Feuchte mit dem Hygrometer oder durch Bestimmung der Feuchttemperatur mit einem nassen Thermometer. Windstärke und Windrichtung misst man mit dem (Schalenkreuz-)Anemometer und der Windfahne. Die Strahlung, oder besser die verschiedenen Strahlungsarten werden mit Messgeräten wie z.B. dem Aktinometer, dem Pyranometer u.a. gemessen. Die Niederschlagsmenge wird meist mit einem normierten

Sammelbehälter nach Hellmann gemessen. Der Wolkenbedeckungsgrad schließlich wird gar nicht direkt gemessen, sondern von einem Beobachter am Boden oder vom Wettersatelliten aus geschätzt. Für die Wettervorhersage braucht man immer die Luftdruckverteilung, die Temperatur und Feuchte, den Wind, die Verteilung der Wolken und den Energieumsatz, d.h. die Heizung der Atmosphäre durch Strahlung und Wärmeübergang.

Warum ändert sich das Wetter plötzlich?

Im Großen gesehen, also wenn man z.B. ganz Europa betrachtet, ändert sich das Wetter nicht plötzlich. Der Eindruck der Plötzlichkeit entsteht, wenn man sich an einem bestimmten Ort aufhält, wo etwa gerade eine Kaltfront durchzieht. Dann ändert sich an diesem Ort die Temperatur abrupt, die Sonne scheint nicht mehr und es regnet, obwohl die gesamteuropäische Wetterlage sich vielleicht erst im Laufe von Tagen zu einem anderen Typ umstellt. Eine andere Art des plötzlichen Wetterumschwunges erlebt man oft im Gebirge, wenn Wärmegewitter aufziehen. Diese können einen sehr überraschen, obwohl das großräumige Wetter sich vielleicht gar nicht ändert. Man sollte daher vor dem Ausflug den Wetterbericht hören, ob vielleicht die Wetterlage ein solches Risiko im Gebirge mit sich bringt.

Wodurch entstehen die verschiedenen Zustände des Niederschlags?

Im Wesentlichen bestimmt die Temperatur am Entstehungsort, ob sich fester oder flüssiger Niederschlag entwickelt. Zusammenballungen von Wolkentröpfchen oder Eiskügelchen nennt man dann Niederschlag, wenn sie zu schwer sind, um sich in der Wolke zu halten. Das hängt auch davon ab, wie stark etwa Aufwinde in der Wolke sind. Diese können so heftig sein, dass sich sogar größere Eisklumpen, also Hagelkörner, nicht nur halten, sondern wieder hochgerissen werden. Ein Eisklumpen kann mehrmals hochgerissen werden und wieder fallen und wird dabei durch Anlagerung von Wassertröpfchen oder Eisteilchen immer größer. Je heftiger also die Auf- und Abwinde in einer Wolke sind, desto größere Hagelkörner können entstehen. In warmen Bereichen der Wolke, wo nur Regentropfen entstehen, bewirken starke vertikale Winde eher das Gegenteil. Große Regentropfen werden durch starke Turbulenzen in der Wolke wieder in kleinere zerrissen. Alle diese Vorgänge bewirken übrigens eine Art Reibung zwischen den Teilchen, ob fest oder flüssig, was zu einer elektrischen Aufladung und eventuellen Entladung durch Blitze führt. Ob am Boden fester oder flüssiger Niederschlag ankommt, hängt dann noch davon ab, wie warm es unterhalb der Wolke ist und wie schnell der Niederschlag fällt. Hagel, Graupel oder Schneeflocken kommen gefroren am Boden an, wenn entweder überall auf dem Weg Frost herrscht oder die Fallzeit bis zum Boden nicht zum vollständigen Auftauen ausreicht.

Weshalb treten Wirbelstürme, Hurrikans und Tornados auf?

Stürme entstehen aus ganz unterschiedlichen Gründen. Von Wirbelstürmen spricht man, wenn das Sturmgebiet irgendeine Art rotierende Struktur aufweist. Es gibt zwei Arten von solchen Wirbelstürmen, nämlich einerseits diejenigen, die sich aus einer so genannten tropischen Depression heraus entwickeln und eine Ausdehnung von typischerweise einige hundert bis über tausend Kilometer haben, und andererseits die so genannten Großtromben, die an eine Gewitterwolke gebunden sind und nur einige hundert Meter Durchmesser haben. Tropische Depressionen haben ein ausgeprägt saisonales Auftreten, da sie nur über mindestens etwa 27 Grad Celsius warmem Meerwasser entwicklungsfähig sind. Außerdem brauchen sie, um die typische Rotation ausbilden zu können, die ablenkende Kraft der Erddrehung, die Corioliskraft.

Sie entwickeln sich daher nur in einem schmalen Streifen in den Subtropen am Ende der wärmsten Jahreszeit, wo das Wasser am wärmsten ist und die Erddrehung spürbar ist. Direkt am Äquator ist die Corioliskraft Null. Je nach Randbedingungen entwickeln sich tropische Depressionen erst zu tropischen Stürmen, dann zu Stürmen, die man je nach Ozean und Region Hurrikans, Taifune oder Zyklonen nennt. Im Atlantik heißen sie Hurrikans, im Indischen Ozean Zyklonen und im asiatisch-pazifischen Raum Taifune. Die Wirbelstürme selbst können unterschiedlich stark ausfallen und es gibt daher eine fünfstufige Bewertungsskala. Zum Vergleich: Ein Wirbelsturm der stärksten Klasse 5 könnte in der bei uns gebräuchlichen Windstärkeskala 1 bis 12 gar nicht beurteilt werden. Man müsste diese Beaufort-Skala bis etwa zur Stufe 30 erweitern, was Windgeschwindigkeiten von bis zu 300 km/h entspricht. Tornados gehören zu den Großtromben, das sind kleinräumige schnell rotierende Lufttrichter, in denen zudem die Luft schnell aufsteigt und den Wasserdampf auskondensiert. Sie sehen deshalb wie ein Wolkenrüssel aus. Sie entstehen meist an der Unterseite einer Kaltfront-Gewitterwolke, wenn die Kaltluft ziemlich trocken und die gehobene Warmluft sehr feucht ist. Die Unterschiede zwischen trockener Kaltluft und feuchter Warmluft müssen dabei recht groß sein, was nicht überall auf der Welt vorkommt. Die größten Extreme treten auf dem Nordamerikanischen Kontinent auf, wo extrem trockene Kanadische Kaltluft und feuchte Warmluft aus dem Golf von Mexiko ungehindert aufeinander treffen können. Besonders im Frühjahr sind diese Gegensätze gegeben, weshalb die Zeit von April bis Juni die Tornado-Hauptsaison ist. Tornados können auch anderswo auftreten, auch in Deutschland. Allerdings sind sie hier seltener und erreichen nicht die höchsten Stärken. Die Windgeschwindigkeiten in Tornados sind die höchsten, die es auf unserem Planeten gibt, nämlich 400 bis im Extremfall 800 km/h. Durch solche Winde können selbst die Federn von Hühnern zu Geschossen werden. Man hat nach Tornados, die Bauernhöfe zerstört haben, Hühnerfedern gefunden, die Zaunlatten halb durchschlagen haben, von den armen Hühnern ganz zu schweigen.

Kann man Wirkung und Ausmaß extremer Wettererscheinungen vorherbestimmen?

Das räumliche Ausmaß extremer Wettererscheinungen kann man oft gut vorherbestimmen, weil man die typischen Größen etwa von Sturmfeldern aus der Erfahrung ganz gut kennt. Das Ausmaß des angerichteten Schadens und wo genau der Schaden angerichtet wird, lässt sich dagegen eher schwer vorhersagen. Es kommt auch darauf an, wie gut man sich auf das Ereignis vorbereiten kann. Ist das Ereignis völlig unerwartet und man kann sich gar nicht vorbereiten, sind auch die größtmöglichen Schäden wahrscheinlich. Die physikalische Wirkung eines Extremereignisses, also etwa den Winddruck bei Sturm, kann man vorhersagen, wenn man die Windgeschwindigkeit vorhersagen kann. Wie zerstörend die Wirkung ist, hängt nicht nur vom extremen Wetterereignis selbst, sondern auch von vielen anderen Faktoren ab und ist daher schwerer im Voraus einzuschätzen.

Fernerkundung der Meere

Kann man die Wassertemperatur vom Satelliten aus bestimmen?

Ja, das Wasser absorbiert die von der Sonne eingestrahlte Energie und gibt sie wieder als Wärmestrahlung im Wellenlängenbereich von 1000-1200 Nanometer ab. Satelliten, wie Meteosat oder NOAA-AVHRR haben Sensoren an Bord, die für diese Wellenlängen empfindlich sind. Durch Eichverfahren kann die registrierte Strahlungsdichte in Grad Celsius umgerechnet werden. Die SST (Sea Surface Temperature) Temperaturwerte beziehen sich auf die obersten 2-3 cm der Wasseroberfläche, die relative Genauigkeit ist besser als 1 Grad.

Wozu werden SST-Kartierungen benutzt?

Die Meerestemperatur bestimmt das Vorhandensein von Plankton (kaltes Wasser bindet mehr Sauerstoff und bietet bessere Voraussetzung für Plankton), das als Nahrung für Fische dient. Algenwachstum wird dagegen durch warmes Wasser begünstigt. Meeresströmungen transportieren kaltes bzw. warmes Wasser (Golfstrom) und beeinflussen wesentlich das globale Klima.

Kann man den El Niño Effekt (ENSO) aus dem Weltraum beobachten?

Die El Niño-Southern Oscillation äußert sich in einer Umkehr der normalerweise von der Westküste Südamerikas nach Westen gerichteten Meeresströmung, so dass stark erwärmtes Oberflächenwasser von Südostasien an die amerikanischen Küsten getrieben wird und dort zu starken Niederschlägen führt. El Niño-Southern Oscillation (ENSO) ist besonders gut in Karten der Temperatur- und Meeresoberflächenauslenkung erkennbar. Der normale La Niña Zustand im äquatorialen Pazifik zeichnet sich durch ein Warmwasserzentrum auf der Westseite des Ozeans bei Indonesien sowie relativ kaltes Wasser auf der Ostseite vor Südamerika aus. In El Niño Jahren läuft das warme Wasser von Westseite des Ozeans zur Ostseite hinüber und verdrängt dort das kalte sauerstoffreiche Wasser des Humboldtstroms. Aufgrund des Wärmeausdehnungseffekt sind diese lokalen Temperaturschwankungen auch sehr gut in Karten der Höhenauslenkung der Meeresoberfläche erkennbar. Zur Verdeutlichung der Effekte werden meist Differenzkarten zum mittleren Zustand dargestellt. Sowohl die Oberflächentemperatur als auch die Meeresoberflächenauslenkung ist vom Satelliten aus messbar. Weitere Informationen unter: <https://www.ensoinfo>

Welche Rolle spielt die Wasserfarbe in der Fernerkundung?

Sauberes Wasser sieht im sichtbaren Licht blau aus (Absorption von rot und teilweise grün). Durch Wasserverschmutzungen (organische Stoffe, Gelbstoff, Sedimente) wird die Absorption verändert und das Wasser erscheint gelblich bis rötlich.

Kann man mit Satellitenbildern das Abschmelzen der polaren Eisschilde sehen?

Zum einen kann man anhand der unterschiedlichen Temperatur von Eis und Ozean die Fläche der Eisbedeckung messen, zum anderen erlauben Radarsensoren wegen ihrer Eindringtiefe auch Aussagen über die Beschaffenheit des Eises (Dichte, Wassergehalt) und Altimeter messen Höhenschwankungen.

Lassen sich Satelliten zur Eisbergwarnung für die Schifffahrt einsetzen?

Radarsatelliten, wie der europäische ERS-1 werden hierzu bereits eingesetzt, da sie bei jeder Witterung und auch nachts beobachten können. (Bildbeispiel) Eine Beschränkung stellt allerdings die Wiederholrate der Überflüge dar, die etwa bei 1 Woche liegt. Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrografie BSH verwendet derzeit ERS-2 SAR Daten aus der Quicklook-Kette operationell zur Eiswarnung. Außerdem werden vom Dänischen Eisdienst Radarsat Daten verwendet (sie haben ihre Flugzeuge verkauft und kaufen stattdessen jetzt Radarsatdaten) Radarsat hat allerdings eine bessere zeitliche Abdeckung (täglich), da jeweils ca. 500 km Streifen abgedeckt werden (ScanSAR).

Kann man die Wassertemperatur vom Satelliten aus bestimmen?

Ja, das Wasser absorbiert die von der Sonne eingestrahlte Energie und gibt sie wieder als Wärmestrahlung im Wellenlängenbereich von 1000-1200 Nanometer ab. Satelliten, wie Meteosat oder NOAA-AVHRR haben Sensoren an Bord, die für diese Wellenlängen empfindlich sind. Durch Eichverfahren kann die registrierte Strahlungsdichte in Grad Celsius umgerechnet werden. Die SST (Sea Surface Temperature) Temperaturwerte beziehen sich auf die obersten 2-3 cm der Wasseroberfläche, die relative Genauigkeit ist besser als 1 Grad.

Wozu werden SST-Kartierungen benutzt?

Die Meerestemperatur bestimmt das Vorhandensein von Plankton (kaltes Wasser bindet mehr Sauerstoff und bietet bessere Voraussetzung für Plankton), das als Nahrung für Fische dient. Algenwachstum wird dagegen durch warmes Wasser begünstigt. Meeresströmungen transportieren kaltes bzw. warmes Wasser (Golfstrom) und beeinflussen wesentlich das globale Klima.

Spielen Satellitenbilder beim kommerziellen Fischfang eine Rolle?

Fischschwärme, die sich in der Nähe der Meeresoberfläche aufhalten, sorgen bei ruhigen Windverhältnissen für eine Aufwirbelung des Wassers. Diese Änderung der Oberflächenrauigkeit, kann mit Radarsensoren beobachtet werden (s. a. Detektion von Ölverschmutzung)

Kann man mit Hilfe von Satellitenbildern Schiffe suchen?

Prinzipiell schon, aber erfolversprechend ist dies nur bei ruhiger See (guter Kontrast zwischen Objekt und Umgebung) und wenn das Suchgebiet einigermaßen eingegrenzt werden kann (hochauflösende Sensoren haben schmale Aufnahmestreifen).

Wie werden Chlorophyll-Karten hergestellt?

siehe Bild des Monats Februar 1999

Lässt sich Algenblüte erkennen oder vorhersagen?

Sauberes Wasser ist charakterisiert durch starke Reflektion im blauen Licht (daher die blaue Farbe) und starke Absorption im Infrarot (guter Wärmeleiter). Organische Substanzen wie etwa Algen reflektieren wegen ihrer Zellstruktur dagegen im nahen Infrarot (700-900 Nanometer), so dass die hier empfindlichen Sensoren diese Substanzen kartieren können. (Bildbeispiel)
Da das Algenwachstum an bestimmte Wassertemperaturen gebunden ist, die ebenfalls vom Satelliten aus detektiert werden, kann man bei ständiger Beobachtung Vorhersagen über die Lebensdauer und voraussichtliche Ausbreitungsrichtung machen.

Kann man Wellenhöhen bestimmen?

Radarsensoren bestrahlen die Meeresoberfläche mit Radarpulsen, aus deren Rückstreuung, Laufzeit und Dopplerverschiebung Rückschlüsse auf die Distanz zum Satelliten und damit auf die Wellenhöhe gezogen werden können. Generell ist die Meeresoberfläche durch aktive Sensoren im Mikrowellenbereich abtastbar. Es gibt derzeit zwei generell unterschiedliche

Wellensensoren. Zum einen Scatterometer und SAR, welche die Meeresoberfläche flächenhaft abtasten. Je höher die Wellen auf der abgetasteten Meeresoberfläche, desto stärker schwanken die Rückstreuungseigenschaften und damit die Helligkeit des SAR Bilds. Der andere Sensor ist das Radaraltimeter. Das Altimeter sendet einen kurzen Mikrowellenimpuls zur Meeresoberfläche. Je höher die Oberflächenwellen sind, desto breiter ist das Zeitfenster, in dem der reflektierte Impuls wieder am Satelliten eintrifft.

Kann man Windgeschwindigkeiten und Windrichtung bestimmen?

Wendet man das oben genannte Verfahren auf ein Muster aus vielen Testfeldern im Sichtbarkeitsbereich des Satelliten an, dann kann über eine räumliche Spektralanalyse die Richtung und Geschwindigkeit der Wellenbewegung und damit die verursachenden Windfelder berechnet werden.

Lassen sich gefährliche Meeresströmungen kartieren?

Küstennahe horizontale Strömungen bilden sich sehr deutlich im Radarbild ab, darüber hinaus erlaubt das Temperaturbild Aussagen über aufquellendes kaltes Tiefenwasser oder Verdriften, so dass in vielen Fällen 3-dimensionale Strömungsmodelle abgeleitet werden können. (Bildbeispiel). Generelle Möglichkeiten zur fernerkundlichen Strömungsmessung sind zum einen die geostrophischen, d.h. man misst Höhenunterschiede. Diese hängen über die geostrophische Balance mit der Meeresströmung zusammen. Genau wie in Wetterkarten der (geostrophische) Wind parallel zu den Isobaren der Hoch- und Tiefdruckgebiete strömt. Die zweite Möglichkeit sind alongtrack-interferometrische Messungen, welche die Dopplerverschiebung nutzen. In manchen Fällen kann man Strömungsverläufe auch in Temperaturkarten erkennen (kalte Strömungen in warmem Wasser und umgekehrt), oder auf Grund von kon- oder divergenten Strömungen in SAR Bildern. Dazu muss die Strömung aber ausreichend stark sein, z.B. verursacht durch die Bodentopographie.

Katastrophenmonitoring

Kann man Bodenabsenkungen, z.B. durch Bergbau oder Erosion vom Satelliten aus erkennen?

Ja, insbesondere die Radarinterferometrie eröffnet die Möglichkeit, Geländehöhen mit einer relativen Genauigkeit im Zentimeterbereich zu messen. Erosion äußert sich in einer schnellen Änderung der Bodenart und kann vor allem mit Multispektralsensoren dokumentiert werden.

Werden Satellitendaten in der geologischen Prospektion genutzt?

Dies ist eines der traditionellen Anwendungsgebiete. Besonders in nicht mit Vegetation bedeckten (ariden) Regionen lassen sich Gesteine und Mineralien auf Grund ihrer spezifischen spektralen Signatur (mittleres Infrarot) gut voneinander unterscheiden. In humiden Gebieten zieht man aus dem Vegetationsmuster indirekt Rückschlüsse auf die darunter liegenden Boden- und Gesteinsarten.

Kann die Fernerkundung bei der Erdbeben- oder Vulkanausbruchsvorhersage helfen?

Bisher gibt es keine operationell erprobten Methoden, man hofft aber durch die kommenden Radarsensoren insbesondere durch Interferometrie und Bodenfeuchtemessungen Hinweise auf

minimale Veränderungen der Geländehöhe bzw. der Bodendichte zu erhalten. Ein Problem bilden momentan aber auch noch die zu langen Wiederholzyklen von z.T. mehreren Wochen.

Welche Rolle spielen Satellitenaufnahmen bei Überschwemmungen?

Da Überschwemmungen zumeist mit Regenfällen und starker Bewölkung einhergehen, spielen Radarsensoren, die durch Wolken hindurchdringen, bei der aktuellen Erfassung der überschwemmten Flächen eine dominante Rolle. Aber auch hier sind nur dann Daten verfügbar, wenn der Orbit eines Satelliten über das betreffende Gebiet führt. Zur Unterstützung des Katastrophenmanagements wird derzeit daran gearbeitet, digitale Höhenmodelle, Satellitenkartierungen und Wasserabflussmodelle zu einem Vorhersagesystem zu kombinieren, um im Katastrophenfall schnell und adäquat reagieren (evakuieren) zu können.

Lässt sich Ölverschmutzung durch Tanker im Meer entdecken?

Ja, Radarsensoren reagieren sehr empfindlich auf die Oberflächenrauigkeit der von ihnen bestrahlten Objekte. Da Öl die Wasseroberfläche glättet, erscheinen die betroffenen Gebiete dunkler als rauere Umgebung. Ein operationeller Einsatz von Radarsatelliten wird bei der Überwachung von Ölplattformen in Norwegen durchgeführt, die Kontrolle der Schiffsrouten erfolgt von Flugzeugen aus.

Kann man Heuschreckenschwärme oder Brutstätten von Malaria-Moskitos erkennen?

Direkt natürlich nicht, aber man kann anhand anderer Befunde entsprechende Rückschlüsse ziehen. Die Brutgebiete beider Spezies zeichnen sich durch ganz bestimmte Eigenschaften aus (Bodenfeuchte, Vegetation, Höhenlage, Wassernähe usw.), die man wiederum aus Satellitenbildern herausfiltern kann. Damit reduziert sich die Zahl der vor Ort zu überprüfenden Gebiete drastisch und die Bekämpfung wird erleichtert.

Satelliten und Sensoren

Wie ist ein Fernerkundungssatellit aufgebaut?

Fernerkundungssatelliten tragen an Bord oft mehrere Sensorsysteme, die für unterschiedliche Beobachtungsobjekte konstruiert wurden. Dafür werden auch verschiedenartige Detektor-Technologien verwendet. Auf dem Satelliten ERS-2 befinden sich z.B. ein aktives abbildendes Radar zur Kartierung der Erdoberfläche und der Ozeane, ein Altimeter zur Bestimmung der Geländehöhe, ein passives Mikrowellengerät zur Temperaturmessung und ein Ozonsensor. Darüber hinaus gibt es das Datenübertragungssystem, das Telemetriesystem und die Instrumente zur Positionsbestimmung.

Worin unterscheiden sich die Sensorsysteme?

Die verwendete Optik bzw. Antenne legt die Größe der beobachteten Region und die räumliche Auflösung fest, die verwendeten Halbleiterdetektoren sind für unterschiedliche Spektralbereiche ausgelegt, und der Bahnverlauf (Orbit) bestimmt die Überflugzeiten und Wiederholraten sowie ebenfalls den Beobachtungsbereich.

Was versteht man unter passiven und aktiven Sensoren?

Passive Sensoren messen das von der Erdoberfläche oder Atmosphäre gestreute Sonnenlicht, oder die Wärmestrahlung der beobachteten Objekte. Aktive Systeme, wie z.B. Radar und Laser senden selbst Signale aus und messen die Rückstreuung durch die beobachteten Objekte. Sie können daher auch nachts eingesetzt werden.

Was sind geostationäre Satelliten?

Solche Satelliten sind in Bezug auf die Erde fest im Orbit positioniert und sehen daher stets das gleiche Gebiet. Damit sie nicht durch die Erdanziehungskraft aus ihrer Bahn gezogen werden sind sie 36.000 km entfernt. Der bekannteste von Ihnen ist METEOSAT, der auf dem Kreuzungspunkt von Äquator und Greenwich-Meridian steht und alle 30 min ein Bild der Erdhalbkugel aufzeichnet. Es gibt derzeit etwa 180 geostationäre Satelliten.

Was sind polar umlaufende Satelliten?

Diese Satelliten befinden sich in Höhen zwischen 700 und 900 km. Um der Erdanziehungskraft entgegenzuwirken, kreisen sie um die Erde, ein Umlauf dauert ca. 90 min. Sie nehmen dabei, je nach verwendeter Optik, Streifen der Breite 30 km bis 2000 km auf (swath width). Die Bahnen führen in den meisten Fällen mit einer leichten Neigung (Inklination) über die Pole, damit wird erreicht, dass ein Gebiet auf der Erde stets zur gleichen Ortszeit (sonnensynchron), d.h. unter vergleichbaren Beleuchtungsbedingungen überflogen wird. Alle räumlich hochauflösenden Satelliten gehören zu diesem Typ.

Welche Besonderheiten sind bei Sensoren auf Space-Shuttle (Raumstation) Missionen gegeben?

Shuttle Missionen fliegen in Höhen von 200-350 km in äquatornahen Bahnen. Sie beobachten nur in mittleren geographischen Breiten (ca. +/- 50 Grad). Ähnliches gilt für die MIR oder die ISS.

Wie oft liefern Satelliten Daten eines Gebiets auf der Erde?

Das hängt von der Streifenbreite ab, geostationäre Sensoren können alle 30 min ein Bild liefern, ein "weitwinkliger" Sensor mit einer Schwadbreite von 2.000 km erfasst einen Ort auf der Erde mehr als 10 mal am Tag, während Systeme mit großen Brennweiten und Streifenbreiten von 30 km ein Gebiet nur etwa einmal im Monat erfassen.

Welche Objektgrößen können Fernerkundungssensoren erkennen?

Die räumliche Auflösung (Pixelgröße) ist i.a. umgekehrt proportional zur Streifenbreite und hängt von der Optik bzw. Antennenapertur ab. Sie beträgt 5km*5km bei METEOSAT, 1km*1km bei NOAA-AVHRR, 30m*30m bei LANDSAT und 1m*1m bei den 1999 und 2000 gestarteten Systemen. Im militärischen Bereich sind Systeme mit Dezimeterauflösung bekannt.

Warum baut man nicht alle Systeme mit möglichst hoher räumlicher Auflösung?

Das Problem ist die Datenmenge, die zu den Empfangsstationen am Boden übertragen werden muss. Diese wird durch die Übertragungsfrequenz (X-Band) beschränkt, da an Bord keine oder

nur minimale Speichermöglichkeiten gegeben sind. Eine Verbesserung der Pixelgröße um den Faktor 2 bedeutet eine 4-fache Datenmenge pro aufgezeichnetem Spektralkanal. Bei Landsat TM würde der Schritt von 30m Pixeln zu 15m Pixeln bei 7 Kanälen die 28-fache Datenmenge ergeben, d. h. ein Bild würde anstatt 250 Byte dann 7 GByte groß werden. Aus diesem Grund bedingen sich Streifenbreite und Pixelgröße wechselseitig.

In welchen Spektralbereichen beobachten Satelliten?

Zunächst einmal natürlich im sichtbaren Licht (400nm -700nm), wobei in vielen Fällen noch die Aufspaltung durch Filter oder Beugungsgitter in blaues, grünes und rotes Licht vorgenommen wird, die jeweils einem eigenen Detektor zugeleitet werden. Ebenso wird der Infrarotbereich von 700 nm bis 12500 nm in nahes (NIR), kurzwelliges (SWIR) und thermisches Infrarot (TIR) aufgesplittet. (Grafik) Radarsensoren arbeiten im Mikrowellenspektrum mit Wellenlängen zwischen 1 cm bis 1 m. Atmosphäreninstrumente beobachten darüber hinaus noch im Ultraviolett. Je nach Anzahl der Spektralkanäle spricht man von einem Panchromatischen Sensor (1 Kanal), Multispektralscanner (2 bis ca. 10 Kanäle) oder von einem Spektrometer (bis zu 2000 Kanäle).

Wie arbeiten Stereo-Sensoren?

Im Einsatz sind zwei Verfahren. Zum einen kann (wie beim SPOT Instrument) die Blickrichtung des Sensors senkrecht zur Bahn verschwenkt werden. Damit wird das gleiche Gebiet bei unterschiedlichen Überflügen unter verschiedenen Blickwinkeln aufgezeichnet. Der Nachteil liegt in den nicht identischen Beleuchtungsbedingungen. Das zweite Verfahren beruht auf der Verfügbarkeit zweier identischer Instrumente an Bord, von denen eines in Bahnrichtung nach vorne, das andere nach hinten zeigt. Die Stereo-Paare werden somit bei einem Überflug aufgezeichnet. Dieses Prinzip wird beim MOMS-2P Sensor angewandt.

Welche Länder betreiben Fernerkundungssatelliten?

Im Wesentlichen sind dies die USA, Russland, China, Indien, Frankreich, Kanada und Brasilien. Deutschland hat lediglich Sensoren für die ERS-Satelliten der ESA, für Space Shuttle Missionen und für die MIR entwickelt.

Wie lange können Satelliten im All arbeiten?

Die Betriebsdauer wird zum einen durch den Treibstoffvorrat an Bord begrenzt, da die Bahn immer wieder korrigiert werden muss, zum anderen bewirkt die kosmische Strahlung Alterung und Defekte bei den Sensoren und den elektronischen Steuerelementen. Man setzt etwa 5 Jahre als mittlere Lebensdauer an. Viele Systeme sind daher als Satellitenserie mit diesem Zyklus konzipiert.

Anmerkung: Die FAQs stammen aus den frühen 2000er Jahren, sind aber noch weitestgehend gültig.

[Dateianfang](#)