Zeitschrift: Berner Geographische Mitteilungen : Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft Bern und Jahresbericht des Geographischen Institutes der Universität Bern

Herausgeber: Geographische Gesellschaft Bern

Band: - (1984)

Artikel: Wetter- und Klimabeobachtung aus dem Weltraum : Einsatzmöglichkeiten der modernen Satellitentechnologie in Forschung und Anwendung

Autor: Winiger, M. / Hugentobler, Robert

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-321236

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

heute (leider?) gut ausgebauten "Alaska-Highway" fuhr die Gruppe nach Whitehorse, der Hauptstadt des kanadischen Yukon-Territory. Hier, am Oberlauf des Yukon, musste erst einmal das Floss gebaut werden. Das Gefährt erhielt Schwimmkörper aus alten Fässern, ein Dach zum Schutz vor der Witterung und, da unterwegs ein See durchquert werden musste, sogar einen Mast mit einem Spinnaker. Diese gewagte Konstruktion wurde dann unter dem Motto "frisch gewagt, ist halb geschwommen" in den Yukon bugsiert und auf den vertrauenserweckenden Namen "This Side Up" getauft. Voll bepackt mit unverderblichen Grundnahrungsmitteln und einem Occasions-Kanu (zur Erkundung der unzähligen Seitenarme des Yukon) begann die einsame Reise nach Norden. Die Flossfahrer folgten hier dem Weg der Goldsucher, die von 1896 bis 1898 vom legendenumworbenen Chilkoot Pass herkommend zu Tausenden dem Ruf "gold, gold in the Klondike" folgten. Uebriggeblieben von diesen bewegten Jahren am Klondike ist das Städtchen Dawson (mit zwei Spielsalons) und eine vom modernen maschinellen Goldabbau durchwühlte Landschaft.

Durch den kurzen, aber umso intensiveren Sommer des Nordens führte die Fahrt weiter den Yukon hinab: durch fast menschenleere Landschaften, bewohnt von einigen wenigen Lachsfischern und Trappern, Indianern wie Weissen, begleitet von Millionen von hungrigen Mosquitos, die sich bei jeder günstigen Gelegenheit am süssen Blut der Flussfahrer labten.

Dennoch: Der Naturraum Alaskas, wenn auch äusserlich intakt, ist unterschwellig "angeknappert". Der Mensch auf der Suche nach Erzen und Erdöl hat schon unübersehbare Spuren hinterlassen. Wegen der vielen Fischer erreichen die Lachse den Oberlauf des Yukon nicht mehr - Zeichen der Bedrohung dieses empfindlichen Raumes. Auch wenn Präsident Carter weite Teile Alaskas unter Schutz stellte: Der Anfang zur Zerstörung einer der letzten Wildnisse dieser Erde ist gemacht.

Michael Schorer

Wetter- und Klimabeobachtung aus dem Weltraum - Einsatzmöglichkeiten der modernen Satellitentechnologie in Forschung und Anwendung

Dr. M. Winiger, Universität Bern, 5.3.1984

Satellitenbilder gehören heute zum festen Bestandteil der Nachritenbulletins beim Fernsehen. Wie die aktuellen Farbberichte aus fernen Ländern oder die Live-Uebertragung von Grossveranstaltungen, so ist für uns die neuste Wetterübersicht aus dem Weltraum zu einer Selbstverständlichkeit geworden, die wir nicht mehr missen möchten. Doch was für ein Know-How steckt hinter den Geräten, die es ermöglichen, Bilder unserer Erde aus 36'000 km Entfernung aufzunehmen, in elektrische Signale umzusetzen, in einer Bodenstation zu empfangen und daraus ein (Fernseh-) Bild zu gewinnen?

Anknüpfend an die Verwendung des Satellitenbildes in der Tagesschau referierte Dr. M. Winiger, Leiter der Forschungsgruppe für Satellitenklimatologie am Geographischen Institut der Universität Bern, vor der Geographischen Gesellschaft Bern über die Bedeutung von Wettersatellitendaten in der Forschung. Den Schwerpunkt legte er dabei auf die Wetter- und Klimabeobachtung und gab auch einen Einblick in die laufenden Projekte am Geographischen Institut.

Warum überhaupt Satelliten?

Die Geschichte der Satellitentechnologie ist gut 30 Jahre alt und sehr eng mit den Entwicklungen in der Raumfahrt, der Nachrichtenübertragung sowie in der elektronischen Datenverarbeitung verknüpft. Aus ersten Versuchen und umfangreichen wissenschaftlichen Experimenten sind routinemässig einsetzbare Systeme hervorgegangen. Allein für die globale Wetterbeobachtung verfügen wir heute über ein operationell arbeitendes System von 7 Satelliten. Hinzu kommen unzählige Telekommunikations-, Navigations- und Aufklärungssatelliten sowie Aufnahmegeräte, welche überwiegend wissenschaftlichen Zwecken dienen (z.B. LANDSAT).

Die offensichtliche Stärke des Satellitenbildes liegt darin, dass damit leicht eine Gesamtübersicht gewonnen werden kann. Der Betrachter kann Zusammenhänge zwischen einzelnen meteorologischen Erscheinungen herstellen. In erster Linie liefert aber ein Satellit flächendeckend genaue Messdaten, welche mit Hilfe ver-

schiedenster, z.T. statistischer Verfahren ausgewertet werden. Klima- und Wetterforscher untersuchen an Hand der Messdaten aus dem Weltraum globale Veränderungen und Zustände der Atmosphäre.

Scheinbar fix wie ein Stern

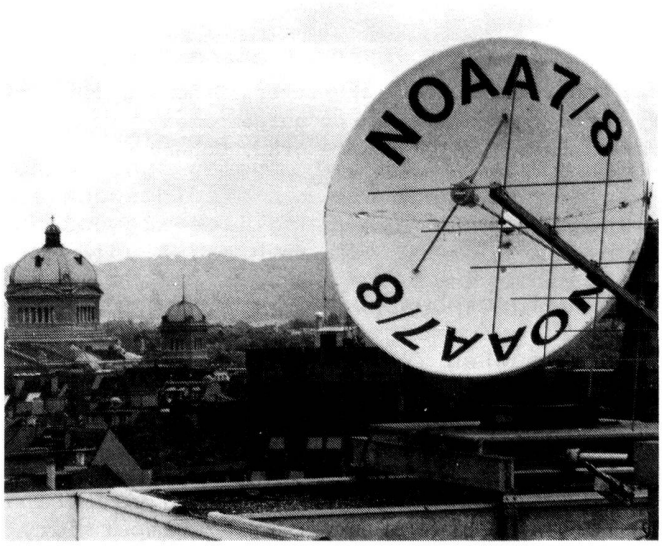
Je nach Verwendungszweck eines Satelliten wird dessen Umlaufbahn ausgelegt. Allgemein bekannt dürften die sog. geostationären Bahnen sein. Ihr Radius beträgt ca. 36'000 km und die Bahnebene liegt in der Aequatorebene (Inklination 0 Grad). Ein Umlauf dauert genau 1 Tag. Somit scheinen diese Satelliten an einem fixen Punkt über dem Aequator zu stehen. Die Antennen der zugehörigen Bodenstationen können fest ausgerichtet werden. Solche Satelliten dienen meistens als Relaisstationen für Telephon-, Fernseh- und Datenverbindungen über weite Distanzen, als Navigationshilfe und - was uns besonders interessiert - zur Verfolgung des Wettergeschehens.

Das globale Konzept sieht vor, das Wetter mit 5 geostationären Satelliten zu beobachten. Europa beispielsweise wird vom bekannten METEOSAT im Auge behalten. Er befindet sich über dem Schnittpunkt des Meridians von Greenwich mit dem Aequator. Rund um die Uhr sendet er Messdaten zur Bodenstation in Darmstadt. Dort werden die Rohdaten aufbereitet (Kalibrierung, Korrekturen, Kontraststeigerung, Ausschnittvergrösserungen, Einbelichtung des Gradnetzes und der Meer-Kontinentgrenze). Die bearbeiteten Bilder werden wiederum via METEOSAT nach einem genauen Sendeplan an die Empfänger (meist Wetterzentralen) verteilt.

Weitere Satelliten dieser Art werden von den USA, Indien, Japan und künftig auch von der UdSSR betrieben. Ihre Auflösung liegt je nach Typ und Wellenlängenbereich über dem Aequator bei 1 x 1 bis 5 x 5 km2. Diese Fläche wird gegen die Pole immer stärker verzerrt und damit verbunden nimmt die Genauigkeit der Messwerte polwärts ab.

Ständig am Kreisen

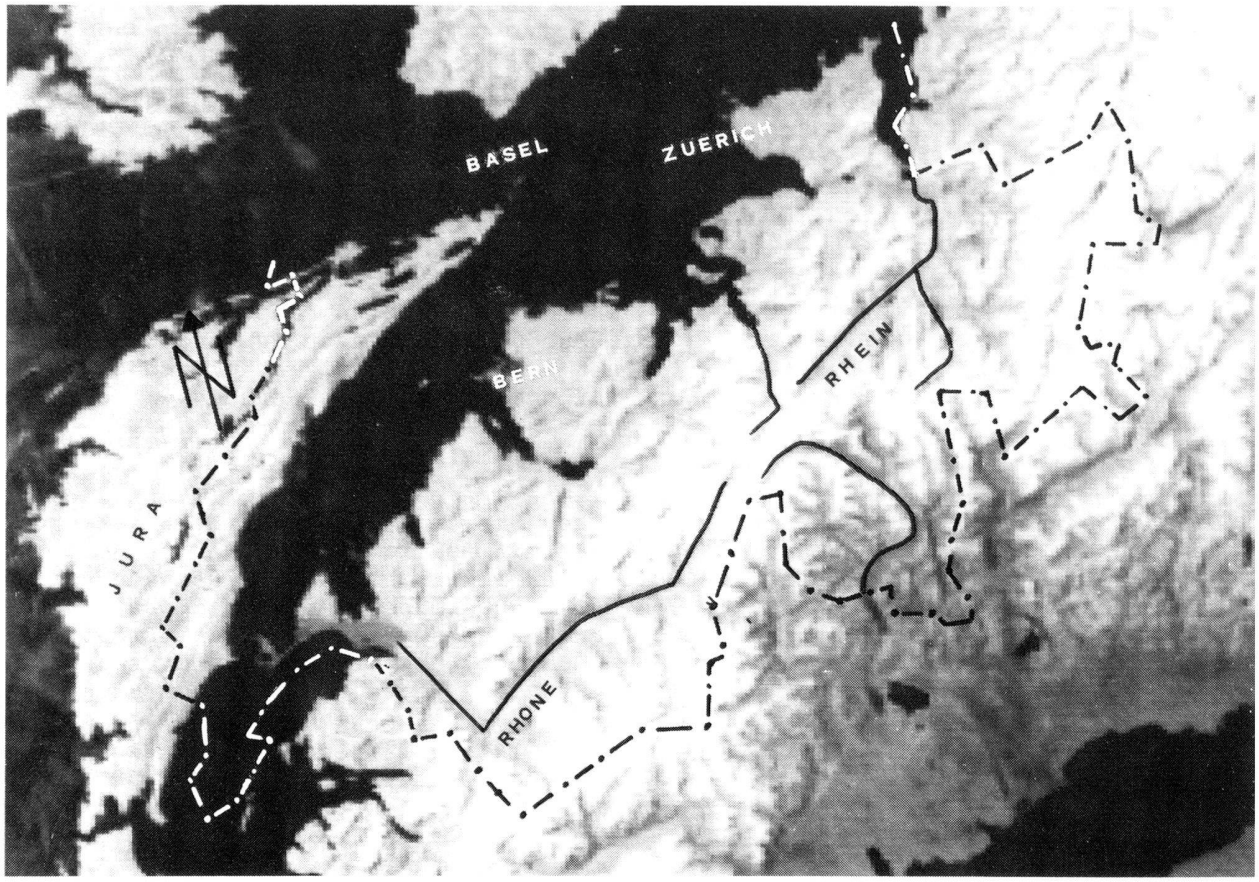
Die Erfassung der nördlichen bzw. südlichen Breiten unseres Planeten erfordert den Einsatz einer 2. Gruppe von Satelliten mit völlig anderen Bahnparametern. Mit einer Inklination von ca. 100 Grad (Winkel zwischen Satellitenbahn und Aequatorebene) und einem Bahnradius von ca. 7'500 km bewegen sich diese Flugkörper in rund 100 Minuten auf einer polaren Umlaufbahn einmal um die Erde. Da sich die Erde unter der Satellitenbahn wegdreht, überfliegen sie dieselbe Region auf der Erdoberfläche etwa alle 12 Stunden. Wegen der geringen Flughöhe (ca. 980 km über der Erdoberfläche) gewähren sie eine wesentlich bessere Auflösung (1 x 1 km pro Bildpunkt). Allerdings ist der Empfang der Signale aufwendiger als für geostationäre Satelliten, da nachführbare Antennen nötig sind.



Auf dem Dach des Instituts für Exakte Wissenschaften befindet sich eine Parabolantenne von 3 m Durchmesser. Sie ist dreh- und schwenkbar montiert und dient zum Empfang von digital codierten Signalen von Satelliten der NOAA-Serie

Foto: R. Pfeiffer

Das Geographische Institut hat im Laufe der letzten Jahre je eine Empfangsanlage für einen geostationären- und für einen polar umlaufenden Satelliten aufgebaut, nämlich für METEOSAT und NOAA. METEOSAT-Daten werden mittels einer fest ausgerichteten Parabolantenne empfangen, anschliessend aufbereitet und in einem Fotofax in ein schwarz-weiss Bild umgesetzt. Bei jedem Ueberflug eines NOAA-Satelliten wird diesem eine Parabolantenne (3 m Durchmesser) nachgeführt, welche die digital codierten Signale empfängt. Für nachfolgende wissenschaftliche Auswertungen (z.B. Temperaturverteilungskarten) mit Hilfe des Grossrechners werden die Bilddaten auch auf Magnetband aufgezeichnet. Nach mehreren Verarbeitungsschritten kann daraus aber auch wieder ein schwarz-weisses oder ein farbiges Bild gewonnen werden.



Ein typisches Bild für die herbstliche Nebelverteilung: Die Ausschnittvergrösserung des Morgenbildes von NOAA-6 (15.10.84, 07.42 UT) wurde im nahen Infrarot aufgenommen (3,55 - 3,93 Mikrometer). Nebel zeichnet schwarz, nebelfreie Gebiete grau, Schnee weiss.

Foto: Geographisches Institut, Bern

Weltweites Netz von Wetterstationen

Vergleichen wir Messwerte von Satelliten mit solchen aus dem erdgebundenen Messnetz der Meteorologen, stossen wir z.T. auf grosse Probleme, deren Ursache bei den grundverschiedenen Messmethoden zu suchen ist. Seit Mitte des letzten Jahrhunderts haben Naturforscher mit dem Aufbau eines weltweiten Messnetzes zur Erfassung der atmosphärischen Zustände in Bodennähe begonnen. Am Anfang stand die Entwicklung von geeigneten, normierten Messinstrumenten und der Einsatz der ersten Telegraphen zur Uebermittlung der Messwerte in die Forschungsstätten. Heute verfügt allein die Schweiz über ein Netz von über 60 vollständig automatisch arbeitenden Wetterstationen. Die gemessenen Grössen (Temperatur, Feuchte, Luftdruck, Niederschlag uam.) werden per Telephon alle 10 Minuten an den Zentralrechner der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt in Zürich übermittelt.

Ein Messwert - viele Resultate

Das Messprinzip der Wettersatelliten beruht hauptsächlich auf der Erfassung der elektromagnetischen Strahlung. Jeder Körper (in unserem Fall also die Erde) strahlt an seiner Oberfläche elektromagnetische Wellen ab. Ein Radiometer mit einem sehr kleinen Oeffnungswinkel tastet die Erdoberfläche linienweise ab und misst in verschiedenen Wellenlängenbereichen die von Erde und Atmosphäre ausgesandte und reflektierte Strahlung. Damit nun aus dieser Grösse möglichst viele Werte gewonnen werden können, wird das Strahlungsspektrum der Erde (dh. vom Ultraviolett über das sichtbare Licht bis ins Infrarot) in verschiedene Messbereiche eingeteilt. Auf jeden Bereich wird ein spezieller Kanal des Radiometers abgestimmt. Bei der Weiterverarbeitung der Daten in der Bodenstation werden zusätzlich noch die Strahlungs- und Absorptionseigenschaften der Erdatmosphäre einbezogen, bevor die Daten ausgewertet werden. Je nach Auswertekriterium wird ein bestimmter Kanal oder eine Kombination von Kanälen als Grundlage gewählt. Beispielsweise misst NOAA die reflektierte Sonnenstrahlung mit 2 Kanälen (entspricht etwa einer herkömmlichen Foto) sowie die ausgesandte Strahlung der Erde mit 3 Infrarotkanälen. Letztere können in Oberflächentemparaturen (von Land, Wasser oder Wolken) umgerechnet werden. METEOSAT misst auch Strahlungswerte der Atmosphäre selber um beispielsweise deren Wasserdampfgehalt zu bestimmen.

Was geschieht mit all den Daten und Bildern ?

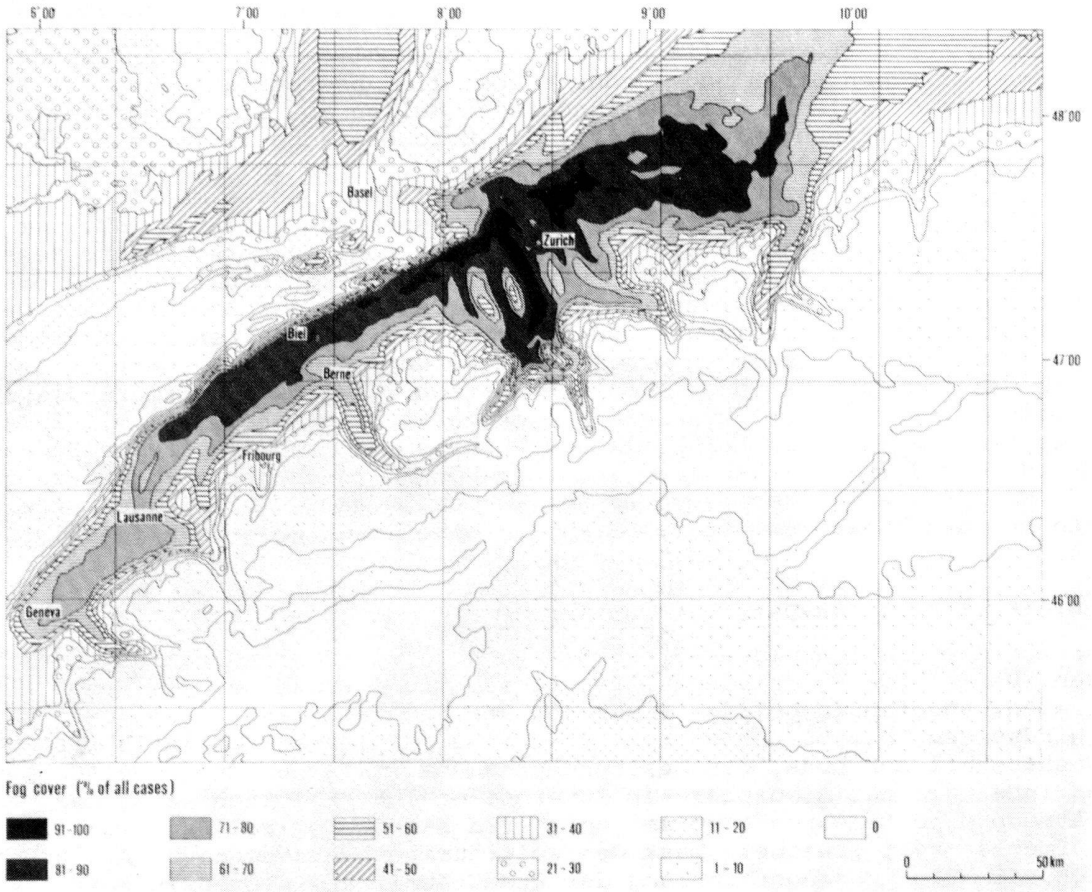
Als Motor für die grossräumigen Wetterabläufe kann die Sonnenstrahlung bezeichnet werden. Der enorme Energieinput steuert sämtliche Prozesse, die unser Wetter bestimmen, angefangen bei der Erwärmung der äquatorialen Breiten über das globale Windsystem, bis zur Smogglocke über einer Grossstadt. Deshalb wird dem Strahlungshaushalt der Erde, den Austauschprozessen zwischen Erde und Atmosphäre und innerhalb der Atmosphäre in internationalen Projekten (z.B. das 'Global Atmospheric Research Program' der World Meteorological Organisation) grosse Aufmerksamkeit gewidmet. Dank der weiträumigen Erfassung vom All aus ist es möglich, die Ein- und Ausstrahlung der Erde räumlich differenziert zu bilanzieren. Physikalische Simulationsmodelle der Erdatmosphäre lassen sich anhand solcher Daten auf ihre Richtigkeit hin prüfen. Im weiteren dienen die Satellitendaten auch als Eingangsgrössen für die numerischen Modelle der grossen Wetterprognosezentren.

In zunehmendem Mass erhalten die wissenschaftlichen Satelliten auch eine Art Ueberwachungs- oder "Monitor-" Funktion. Um Veränderungen zu erkennen, werden aktuelle Bilder mit solchen aus dem Archiv verglichen. Für das Klima von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang z.B. die Beobachtung des Treibeises und der polaren Eiskappen über mehrere Jahre hinweg.

Forschungsbeitrag der Uni

Am Geographischen Institut laufen verschiedene Projekte zu regionalklimatologischen Themen. Als Forschungsgrundlage dient ein seit 1982 laufend erweitertes, umfangreiches Daten- und Bildarchiv. Grosses Gewicht wird neben der reinen Grundlagenforschung auch auf die Anwendung im Themenbereich 'Luftverschmutzung' gelegt. Besonders Nebel und Bewölkung werden genau untersucht, damit Rückschlüsse auf das Windfeld gemacht werden können. Eine Bewölkungskarte der Schweiz soll neben der groben Verteilung auch regionale Differenzen aufzeigen. Eine Karte über die Nebelverteilung liegt bereits vor (vgl. Bild). Nun werden zusätzlich die Austauschprozesse und die Temperaturverteilung sowie die Nebelobergrenze mittels NOAA-Bildern erforscht.

Aufnahmen ohne jegliche Bewölkung gestatten eine weitere Auswertung, nämlich die Kartierung der Strahlungstemperatur des Bodens, insbesondere von Kaltluftseen im Winter und Hitzezentren im Sommer. Das Institut beschäftigt sich aber nicht alleine mit der kleinen Schweiz, sondern setzt die gewonnenen Erkenntnisse auch in Afrika ein. Untersuchungen über die atmosphärische Zirkulation des Kontinents und über den genauen Zusammenhang zwischen Bewölkung und Niederschlag in den Tropen finden Eingang in laufende Projekte der Entwicklungszusammenarbeit.



Die Karte mit der mittleren Nebelbedeckung für winterliche Hoch- und Flachdrucklagen ist auf Grund einer Analyse aus rund 100 Satellitenbildern berechnet worden. (S. Kunz und H. Wanner)

Die Satelliten von morgen

In Zukunft dürfte das Einsatzspektrum für Satelliten noch beträchtlich erweitert werden. Die räumliche Auflösung wird verbessert und die Spektralbereiche werden ausgeweitet. Um der Datenflut begegnen zu können, werden automatisierte Auswerteverfahren entwickelt und seit einiger Zeit auch schon eingesetzt. Immer grössere Beachtung muss der Archivierung der Daten geschenkt werden. Es gilt, bloss eine sinnvolle Auswahl des Vorhandenen für längere Zeit zu speichern und für eine spätere Auswertung möglichst leicht zugänglich zu machen. Der traditionelle Wettersatellit wird allmählich von einem Umweltsatelliten abgelöst, welcher neben dem Wettergeschehen, auch die Lufthygiene und andere Kenngrössen des Naturraumes erfasst. Bleibt zu hoffen, dass wir trotz der gigantischen technischen Möglichkeiten auch immer wieder die Grenzen rechtzeitig erkennen - vielleicht indem wir einmal ein Satellitenbild unseres "blauen Planeten" etwas länger als üblich anschauen.

Robert Hugentobler