

# DER TOTALE ÜBERBLICK

**APEX misst die Algendichte von Gewässern, aber auch den Zustand von Strassenbelägen: Mit dem an der Universität Zürich entwickelten Spektrometer lässt sich die Erde vom Flugzeug aus grossflächig erforschen. Von Susanne Haller-Brem**

Natürliche Übergangszonen wie beispielsweise die alpine Waldgrenze reagieren empfindlich auf Umweltveränderungen und sind deshalb für Klimafachleute von grossem Interesse. Mit den bisherigen Methoden ist es jedoch nicht einfach, solche Grenzzonen über Jahre und Jahrzehnte zu beobachten. Herkömmliche Feldarbeiten sind zeitaufwändig und grossflächig kaum durchzuführen. Ideal sind deshalb Methoden der Fernerkundung, im Englischen «Remote Sensing» genannt. Doch leider haben die heutigen Satellitenbilder immer noch eine un-

genügende Auflösung. Das soll sich nun mit der neuen Messstation APEX, die an der Universität Zürich entwickelt wurde, ändern.

## REFLEKTIERTES SONNENLICHT MESSEN

Die Abkürzung APEX steht für «Airborne Prism Experiment» und bezeichnet sowohl das ganze Projekt, als auch das neu entwickelte Instrument für die abbildende Spektrometrie. Bei der abbildenden Spektrometrie wird das von der Erdoberfläche reflektierte Sonnenlicht gemessen und die Signale in Bilder und Spek-

tren übersetzt. Die Idee für APEX hatte der Zürcher Geographie-Professor Klaus Itten bereits 1991. Im darauf folgenden Jahrzehnt wurde das neue Spektrometer von einem interdisziplinären Team der «Remote Sensing Laboratories» (RSL) am Geographischen Institut entwickelt. «Anfangs wollte man sofort ein Instrument für zukünftige Satelliten bauen», erzählt Michael Schaepman, der Leiter der RSL. Doch schnell wurde klar, dass die Messungen in einem ersten Schritt vom Flugzeug aus gemacht werden müssen. Denn das Übermitteln gigantischer Datenmengen ist von Satelliten aus immer noch zu stark limitiert. «Eine wichtige Aufgabe war auch, zwischen den verschiedenen Anwendern zu vermitteln und eine Nachfrage zu generieren», sagt Schaepman, der neben Geographie auch Experimentalphysik und Informatik studiert hat.

2002 war klar, mit welchen technischen Komponenten das Messgerät ausgestattet sein muss,



*Die Dornier DO-228 bringt das APEX-Spektrometer auf 3500 Meter über Grund.*

um die Bedürfnisse der Ökologen, Schneeforscher, Limnologen und Geologen abzudecken. Die Tatsache, dass Spektrometer ihr Aufnahmeverhalten ändern, wenn Temperatur, Druck und Feuchtigkeit nicht konstant sind, war ein weiterer Knackpunkt, der gemeistert werden musste. Den Bau von APEX haben die Zürcher Fernerkundungsfachleute dann an ein schweizerisch-belgisches Industriekonsortium ausgelagert. Finanziert wurde das Ganze von der Europäischen Weltraumbehörde ESA.

#### FLIEGEN, BIS DIE HARDDISK VOLL IST

Diesen Sommer war es dann endlich so weit – vom deutschen Flughafen Oberpfaffenhofen aus ging die Messplattform auf den ersten Erkundungsflug. «Nach der Kalibrierung im Labor hat APEX bei strahlend schönem Wetter bewiesen, dass es für den forschungsmässigen Einsatz bereit ist», sagt Michael Schaeppman sichtlich stolz. APEX misst mit 354 Kanälen gleich-

zeitig die reflektierte Strahlung im sichtbaren und Nahinfrarot-Bereich (Wellenlängen zwischen 400 und 2500 Nanometern). Damit lässt sich alles festhalten, was mit Sonnenlicht interferiert – also Vegetation, Böden, Gewässer, Schnee und Luft. Die räumliche Auflösung liegt bei zwei bis fünf Metern. Herkömmliche Umweltsatelliten erreichen lediglich rund 300 Meter. «Unser neues Instrument nutzt ein bekanntes Prinzip, ist aber viel leistungsfähiger als alle bisherigen Spektrometer», erklärt der Forscher. Geflogen wird, bis die Harddisks voll sind – das ist nach mehreren Flugstunden der Fall. Damit können einige hundert Quadratkilometer mit einer räumlichen Auflösung von fünf Metern problemlos abgedeckt werden.

Besonders gut messbar ist die Interaktion von Licht mit Chlorophyll in Pflanzen. Überfliegt man mit APEX Grasland, Laub- oder Nadelwald, ergeben sich unterschiedliche Signale. Zudem reflektiert trockene Vegetation

das Sonnenlicht anders als Vegetation, die voll im Saft steht. Solche Informationen sind beispielsweise wichtig, um die Ausbreitung des Feuers bei Waldbränden vorherzusagen. Auch der Chlorophyllgehalt und damit die Algendichte in Gewässern können bestimmt werden. Ferner lassen sich – zumindest in vegetationsarmen Regionen – auch Sand, Ton und andere mineralische Rohstoffe im Boden voneinander unterscheiden.

Die Zürcher Fernerkundungsfachleute eichen ihre Modelle, indem sie mit APEX Gebiete überfliegen, die durch jahrelange Feldarbeit gut kartiert sind. Dadurch lassen sich die ermittelten Signale im Spektralbereich gewissen Pflanzenarten oder Mineralien zuordnen. Schaeppman und sein Team haben dafür unter anderem den Schweizerischen Nationalpark gewählt, der bestens dokumentiert ist. Zudem arbeiten sie mit der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft



*Vielfältig einsetzbar: APEX ermittelt die Vegetationsdichte, aber auch den Zustand von Ziegeldächern und Strassenbelägen.*

(WSL) zusammen, weil diese langfristige Beobachtungsflächen eingerichtet hat, von denen sie profitieren können. Trotzdem sind noch weitere Zusatzuntersuchungen nötig, wie zum Beispiel die biochemische Analyse der verschiedenen Farbpigmente in Nadeln und Blättern.

#### PFLANZEN AUS DER LUFT BESTIMMEN

Nach der Eichung wird das Modell umgekehrt. Über die gemessenen Signale können die Wissenschaftler auf die Zusammensetzung und den Zustand der Vegetation schliessen. Sogar einzelne Pflanzenarten lassen sich bestimmen. Allerdings nur, wenn sie flächendominant sind, das heisst im Minimum 20 Prozent der Fläche einnehmen. Zudem lässt sich der Blattflächenindex bestimmen. Das ist jene Fläche, die sich ergibt, wenn man alle Blätter nebeneinander legen würde. Dieser Wert ist ein Mass für die Vegetationsdichte und ihre Struktur in einem bestimmten Gebiet.

Dank den rasanten Fortschritten in der digitalen Bildverarbeitung lassen sich Signale immer besser verarbeiten und mit Informationen von Feldarbeiten kombinieren. Dadurch sind die Daten leichter zu interpretieren. Mit APEX lässt sich zum Beispiel in den nächsten Jahren und Jahrzehnten beantworten, ob die Waldgrenze in den Alpen ansteigt und sich die Pflanzensammensetzung in und oberhalb der Gebirgswälder ändert. Doch APEX ist nicht nur im Bereich der Land- und Forstwirtschaft, Ökologie, Limnologie und Geologie interessant. Auch die Materialwissenschaften können davon profitieren. Anhand der ermittelten Spektraldaten lässt sich beispielsweise genau sagen, welche Ziegeldächer und welche Strassenbeläge in einem guten Zustand sind und welche saniert werden müssen.

Michael Schaepman will möglichst viele Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen motivieren, von den Flügen mit APEX zu pro-

fitieren. Weil APEX vor allem in der Schweiz und in Belgien entwickelt wurde, haben diese beiden Länder bei den Versuchen Vorrang. Offen steht das neue Gerät aber auch allen Mitgliedsländern der ESA und anderen interessierten Parteien. Limitierend dürfte am ehesten die Zahl der Forschungsflugzeuge sein, auf denen APEX montiert werden kann. «Die sind momentan meist ausgebucht, und man muss den Flug ein Jahr vorher anmelden», sagt Schaepman.

**KONTAKT** Prof. Michael Schaepman, michael.schaepman@geo.uzh.ch, Remote Sensing Laboratories, Geographisches Institut, Universität Zürich

**ZUSAMMENARBEIT** Entwicklung und Bau von APEX: VITO (B, Betrieb), RUAG Aerospace (CH, Leitung), Netcetera AG (CH, Software, Elektronik), OIP Sensor Systems (B, Optik), ESA (NL, Kalibrierlabor), DLR (D, Kalibrierlabor), Sofradir (F, Detektor)

**FINANZIERUNG** ESA-PRODEX-Programm mit Beteiligung der Schweiz und Belgiens



*Vor dem Jungfernflug: Auf dem deutschen Flughafen Oberpfaffenhofen wird die APEX-Messplattform installiert.*