

General Disclaimer

One or more of the Following Statements may affect this Document

- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.
- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.
- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.
- This document is paginated as submitted by the original source.
- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.

Available under NASA sponsorship
in the interest of early and wide dis-
semination of Earth Resources Survey
Program information and without liability
for any use made thereof.

Arbeiten aus dem Geographischen Institut der Universität Zürich

Serie A, No. **363**

E76-10183
CTR-146279

Titel / Autor :

VIER BEITRAEGE ZUM SCHWEIZERISCHEN
ERTS- UND EREP-SATELLITENPROJEKT

=====
Harold H a e f n e r ^{to}
Bruno M e s s e r l i
Matthias W i n i g e r
Rudolf G f e l l e r
Klaus S e i d e l
Urs G e i s e r

RECEIVED
NASA STI FACILITY
ACQ. BR. *Lab*

JAN 09 1976

DDAF#

0045884
3 2 3 4 5

Original photography may be purchased from:
EROS Data Center
10th and Dakota Avenue
Sioux Falls, SD 57198

Separatabdruck aus der

GEOGRAPHICA HELVETICA

Heft Nr. **3 - 75**

(E76-10183) FOUR CONTRIBUTIONS TO THE SWISS
ERTS AND EREP SATELLITE PROJECT (Zurich
Univ.) 19 p HC \$3.50 C S C L 05B

N76-18604

Unclas

G3/43 00183

Erdkundung aus dem Weltraum - Das schweizerische ERTS- und EREP-Satellitenprojekt

Einleitung

Seit dem 23. Juni 1973 kreist der erste unbemannte Erdkundungssatellit ERTS-1¹⁾ um unseren Planeten. Vom 26. Mai 1973 bis 8. Februar 1974 fanden die drei bemannten Missionen des SKYLAB statt mit Erdkundung (EREP-Programm) als einer der Hauptforschungsaufgaben. Am 22. Januar 1975 wurde der zweite unbemannte Erdkundungssatellit LANDSAT-2 erfolgreich auf seine Umlaufbahn gebracht. Die ersten beiden Satellitenprojekte ergaben eine Fülle von Datenmaterial und Forschungsergebnissen und erschlossen damit neue Anwendungsbereiche. Die Dateninterpretation ist aber noch längst nicht abgeschlossen, und schon verfügen wir über die ersten Aufnahmen des neuesten Satelliten. Es erscheint darum angebracht, heute kurz auf die allgemeine Bedeutung und die Möglichkeiten derartiger Satellitenprojekte für die Geographie einzugehen und in knapper Form über den Beitrag der Schweiz im Rahmen dieser weltweiten Forschungsaktivitäten zu berichten.

Wir sind in der bevorzugten Lage, daß die NASA für alle drei Experimente unsere schweizerischen Forschungsprojekte akzeptierte²⁾ und folglich eine regelmäßige Aufnahme der Schweiz gewährleisten konnte. Damit verbunden ist eine kostenlose Abgabe des gesamten Bild- und Datenmaterials, das von unserem Land aufgenommen wird. Es ist zentral am Geographischen Institut der Universität Zürich archiviert.

An dieser Stelle kann nicht auf die vielschichtigen technischen Aspekte und Probleme der Satellitensysteme eingetreten werden. Wir verweisen auf die entsprechende Literatur (A/1-4). Nur die allerwichtigsten technischen Angaben sollen kurz zusammengefaßt werden:

ERTS-1¹⁾: (Earth Resources Technology Satellite) Beinahe polare, sonnensynchrone Umlaufbahn, 80,9° Inklination (Neigungswinkel zwischen Umlaufbahn und Äquator), Flughöhe 900-950 km, ca. 14 Orbits pro Tag, Wiederholung derselben Umlaufbahn nach 18 Tagen, 4-Kanal-Multispektralscanner, erfaßt Bildstreifen von 185 km Breite, Bodenauflösung ca. 60-80 m, Schwarzweiß- und Farbaufnahmen, Digitaldaten auf Magnetband; ab Frühjahr 1974 nur noch «real-time»-Aufnahmen (über Aufnahmestationen in USA, Kanada und Brasilien und neuerdings auch Italien) möglich.

SKYLAB-EREP: Flugbahn von 435 km Höhe, 50° Inklination (d. h. nur Gebiete bis 50° N resp. S erfaßt), ein Orbit in 95 Min., Repetition der gleichen Flugbahn alle fünf Tage, Originaldaten auf Erde zurückgebracht, Multibandkameras (ca. 30-70 m Bodenauflösung), Earth Terrain Camera (ca. 10 m Bodenauflösung), Infrarot-Spektrometer, 13-Kanal-Multispektralscanner, Altimeter, passive Mikrowellen-Radiometer und aktive Mikrowellen-Scatterometer.

LANDSAT-2: Gleiche Flugdaten und Aufnahmesysteme wie ERTS-1; gegenüber ERTS-1 um neun Tage versetzt, Äquatorüberquerung 9.32 h, 5 Min. später als ERTS-1. Seit 6. Februar 1975 routinemäßige Datenübermittlung.

Vorteile, Möglichkeiten und Grenzen der Erkundungssatelliten

Der Hauptvorteil besteht in der großräumigen wiederholten Erfassung der globalen Landfläche in kurzen Zeitabständen (9-18 Tage), was eine ständig aktuell gehaltene Zustandserhebung bedeutet. Dadurch eröffnen sich ganz neue Forschungsbereiche, indem es erstmals möglich wird, rasch veränderliche Landschaftselemente und dynamische Landschaftsprozesse in ihrem räumlich-zeitlichen Ablauf über große Gebiete hinweg genau zu erfassen. Wichtig und dringlich gewordene Aufgaben wie die Inventarisierung aller Naturgüter, insbesondere der erneuerbaren Rohstoffe, als Grundlage für eine sinnvolle Planung und Nutzung, die Probleme der Umweltüberwachung und Umweltbelastung usw. lassen sich auf diesem Wege endlich in einem größeren, überregionalen Zusammenhang mit der nötigen Genauigkeit und innerhalb nützlicher Frist anpacken (A/5-7).

Eine Hauptaufgabe, die es anhand der Daten dieser experimentellen Satelliten zu lösen gilt, besteht in der Entwicklung von Methoden, um die skizzierten Aufgaben einmal routinemäßig mit operationellen Systemen durchführen zu können, die es ermöglichen, die notwendigen qualitativen und quantitativen Informationen zeitgerecht zu erhalten. Es müssen also Systeme

Prof. Harold Haefner, Geographisches Institut der Universität Zürich, Blümlisalpstraße 10, 8006 Zürich.
Prof. Bruno Messerli, Geographisches Institut der Universität Bern, Hallerstraße 12, 3012 Bern

entwickelt werden, die einfach und ökonomisch aber auch schnell, präzise und allgemein einsetzbar sind, d. h. die die kontinuierlich eintreffende Datenflut im gleichen Tempo zu verarbeiten im Stande sind und praktisch «real-time»-Informationen zu liefern vermögen. Dies ist nur mit automatisierten Datenverarbeitungssystemen realisierbar.

Der Hauptnachteil für das ganze System bedeutet die Bewölkung, die vorab in unseren Breiten oft eine photographische Aufnahme der Erdoberfläche verunmöglicht. Eine Lösung läßt sich nur durch den Einsatz von Aufnahmesystemen erreichen, die Wolken zu durchdringen vermögen (aktive oder passive Mikrowellen).

Die bisher erzielten Ergebnisse und besonders auch das weitgespannte Spektrum der bearbeiteten Themen sind beachtlich. Wir verweisen hier auf die Berichte der europäischen und amerikanischen Fachtagungen (A/8-10).

Aufnahmen der Schweiz

Dank der offiziellen Forschungsprojekte wurde die Schweiz samt Umgebung 1972/73 regelmäßig vom ERTS-1 aufgenommen. Insgesamt wurden 40 Szenen (à je vier Multibandaufnahmen) von jeweils 185 x 185 km (34 000 km²) gemacht; davon sind ca. 2/3 für erdkundliche, der Rest für meteorologische Zwecke brauchbar. Für eine Gesamtbedeckung der Schweiz sind je zwei Szenen an drei aufeinanderfolgenden Tagen notwendig. Leider konnte unser Land nie «en bloc» erfaßt werden, da Wetter und Aufnahmemodus (Prioritäten, limitierte Speicherkapazität) dies verunmöglichten. Die resultierende unsystematische Bedeckung erschwerte natürlich eine thematische Bearbeitung und ließ den Wunsch nach einer europäischen Empfangsstation für «real-time»-Aufnahmen aufkommen³⁾.

Das SKYLAB-Programm wurde von Beginn weg durch technische Schwierigkeiten beeinflusst, was zu einer Einschränkung der Forschungsprogramme führte, wovon besonders das EREF betroffen wurde⁴⁾. Deshalb wurden die Alpen nur zweimal während der 2. benannten Mission, am 11. September 1973 zwischen 15 h 26-27 und am 19. September 1973 mit dem gesamten Aufnahmearmamentarium erfaßt. Die Flugachse verlief vom Zentralmassiv über den Mt. Blanc, dem zentralen Wallis und Tessin ins Engadin. Das

Wetter war am ersten Überflug insbesondere in der Nordschweiz und in Graubünden sehr ungünstig, am zweiten Datum herrschte sogar 95% Wolkenbedeckung, weshalb letztere Aufnahmen für geographische Untersuchungen unbrauchbar sind. Alle Aufnahmesysteme an Bord funktionierten einwandfrei.

Die schweizerischen Forschungsprojekte

Ausgehend von den in Kap. 2 allgemein formulierten Möglichkeiten der Satellitenbild-Interpretation wurde ein für die Schweiz und den alpinen Raum entsprechendes Forschungsprojekt erarbeitet, das von der aufnahmetechnischen Seite her den Einsatz verschiedener Spektralbereiche, von der zeitlichen her eine relativ langfristige Untersuchungsdauer, von der methodischen Fragestellung her vielseitige Ansätze und vom thematischen Standpunkt aus ein Eingehen auf die spezifischen Verhältnisse unseres Landes gestatten sollte. Das eingereichte Projekt mit dem Titel «Snow mapping and vegetation growth in the high mountains (Swiss Alps)», sollte vor allem die jahreszeitlichen Veränderungen im Hochgebirge vergleichend erfassen. Bedingt durch die erwähnten aufnahmetechnischen Schwierigkeiten wurden dann vor allem methodische Probleme zum zentralen Untersuchungsobjekt erhoben. Die einzige brauchbare EREF-Bedeckung verunmöglichte das Studium zeitlicher Veränderungen. So konnte primär der Zustand an einem bestimmten Datum erfaßt werden.

Trotz dieser aufnahmetechnischen Mängel, wie sie bei einem ersten Experiment stets auftreten können, darf das ganze ERTS-Projekt als ein Erfolg gewertet werden, der alle Erwartungen übertraf. Erfreulich war für uns ganz besonders, daß sich in der Schweiz bei der Auswertung der Satellitendaten eine echte interdisziplinäre Zusammenarbeit realisieren ließ, indem neben den beiden Geographischen Instituten auch das Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, das Photographische Institut und das Kartographische Institut der ETHZ, die MZA und weitere Forscher aktiv daran beteiligt sind⁵⁾. Gegenüber der NASA ist das ERTS-1-Forschungsprojekt abgeschlossen (A/11), aber die Untersuchungen gehen natürlich weiter und lassen noch zahlreiche Bearbeitungsmöglichkeiten offen. Das Literaturverzeichnis (B) mit einer Zusammenstellung aller bisher in der Schweiz veröffentlichten Beiträge

vermag einen Überblick über die verschiedenartig bearbeiteten Aspekte zu geben. Die nachfolgenden drei Beiträge sollen verschiedene Anwendungsmöglichkeiten der Interpretation von Satellitendaten aufzeigen. Dabei unterscheiden sich jeweils sowohl Problemstellung als auch Aufnahmematerial und Interpretationsmethode.

Mit dem LANDSAT-2-Programm möchten wir die begonnenen Untersuchungen fortsetzen und sowohl thematisch als auch regional sowie methodisch ausweiten. Mit Unterstützung eines vergrößerten Teams soll untersucht und geprüft werden, welche für die Raumplanung relevanten Informationen mittels Satellitendaten qualitativ und quantitativ erhoben werden können. Das Projekt trägt den Titel «Natural resources and land evaluation in Switzerland» und wurde im Frühjahr bereits in Angriff genommen.

Anmerkungen

- 1) Im Januar 1975 wurde das ERTS-Programm in «LANDSAT-Programm» umbenannt; die beiden Satelliten ERTS-1 und ERTS-2 heißen jetzt entsprechend LANDSAT-1 und LANDSAT-2.
- 2) Gesamthaft wurden für LANDSAT-2 57 amerikanische und 55 nichtamerikanische Forschungsprojekte angenommen, darunter ca. 8 von Europa.
- 3) Es ist zu hoffen, daß dieser Wunsch mit der Empfangsstation Fucino bei Rom, die im März 1975 erstmals Daten empfangen konnte, in Erfüllung geht.
- 4) Durch Drehung des Himmelslabors von einer welt- raum- in eine erdorientierte Position entstanden zusätzliche Energieprobleme.
- 5) Wir danken allen, die sich bei der Realisierung dieses Projektes tatkräftig eingesetzt haben, und ebenso dem Schweiz. Nationalfonds für die Finanzierung der Hauptuntersuchungen über die Methodik der Verarbeitung von multivariaten Digitaldaten.

Literatur

A) Allgemeine Literatur zum ERTS und SKYLAB-Programm

- 1) ERTS DATA USERS HANDBOOK. NASA/GSFC Doc. No. 71SD4249, Washington D. C., 1972.
- 2) EREP USERS HANDBOOK. NASA, Manned Spacecraft Center, Houston, Texas, 1971.
- 3) SKYLAB Earth Resources Data Catalog. NASA, L. B. Johnson Space Center, Houston, Texas, 1974.
- 4) BANNERT, D. und MUEHLEFELD, R.: ERTS und SKYLAB - zwei erdumkreisende Erdforschungssysteme. Bildmessung und Luftbildwesen, No. 41/4, 1973.
- 5) BODECHTEL, J.: Möglichkeiten und zukünftige Entwicklung der Fernerkundung durch Satelliten. Kartographische Nachrichten, No. 24/3, 1974.
- 6) FISCHER, W. A.: Aerospace Methods for Revealing and Evaluating Earth's Resources. Paper UNO Seminar on Photogrammetric Techniques, Zürich, 1971.
- 7) HOWARD, J. A.: Satellite Sensing of Land Resources. Paper, FAO, AGS: Miss. 73/25, Rom, 1973.
- 8) ESRO: European Earth Resources Satellite Experiments. Proc. 1st Symp. on Europ. Earth Resources Satellite Experiments, Frascati, ESRO/Paris, 1974.
- 9) NASA/GSFC: Symposium on Significant Results Obtained from Earth Resources Technology Satellite-1. 2 Bde., Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 1973.
- 10) NASA/GSFC: Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. 2 Bde, Goddard Space Flight Center, Washington D. C., 1973.
- 11) HAEFNER, H.: ERTS-1 Final Report. Snow Survey and Vegetation Growth in High Mountains (Swiss Alps) and Additional ERTS-Investigations in Switzerland. Schlußbericht an NASA, Geogr. Institut Universität Zürich, 1975.

B) Literatur zum schweizerischen ERTS- und EREP-Projekt

- GFELLER, R.: Untersuchungen zur automatisierten Schneeflächenbestimmung mit Multispektral-Aufnahmen des Erderkundungssatelliten ERTS-1, Diss. Univ. Zürich, 1975.
- GFELLER, R. und SEIDEL, K.: Determination de la Couverture Neigeuse d'une Chaîne de Montagnes à l'Aide des Images reçues de Satellites. Coll. Int. LES SATELITES METEOROLOGIQUES, Paris, 1973.

- HAEFNER, H.: Eyes above the Earth. ELEMENTS, No 9, Zürich, 1974.
- HAEFNER, H., GFELLER, R. und SEIDEL, K.: Mapping of Snowcover in the Swiss Alps from ERTS-1 Imagery. COSPAR-Proceedings, 1973.
- HAEFNER, H. und ITTEN, K.: National Report of Switzerland on Earth Resources Observation from Satellite Imagery. COSPAR-Proceedings, 1973.
- HAEFNER, H. und SEIDEL, K.: Methodological Aspects and Regional Examples of Mapping Changes of Snowcover from ERTS-1 and EREP Imagery in the Swiss Alps. Proc. 1st Symp. on Europ. Earth Resources Satellite Experiments, Frascati, ESRO/Paris, 1974.
- HERRMANN, Ch.: Entwicklungsmöglichkeiten topographischer Übersichtskarten (am Beispiel des Maßstabes 1:500 000). Kartographische Nachrichten No. 23/4, 1973.
- MEYER, J. H., KLEIN, P., HAEFNER, H., ITTEN, K. und GFELLER, R.: Satellitenporträts der Schweiz. Tages-Anzeiger-Magazin No. 37, 15. September, Zürich, 1973.
- PIAGET, A.: First Preliminary Report on Meteorological Interpretation of Clouds or Cloud Systems Appearing on Pictures of the Alpine Region Received from the ERTS-1. Arbeitsberichte der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt, Zürich, 1973.
- PIAGET, A.: Interprétation Météorologique des Images à haute Résolution. Proc. 1st Symp. on Europ. Earth Resources Satellite Experiments, Frascati, ESRO/Paris, 1974.
- SEIDEL, K., GFELLER, R. und BINZEGGER, R.: Snow and Vegetation Classification by Means of Digital LANDSAT-MSS-Data. Paper 4th Annual Remote Sensing of Earth Resources Conf., Tullahoma, Tennessee, 1975.
- WINIGER, M.: Die raum-zeitliche Dynamik der Nebeldecke aus Boden- und Satellitenbildbeobachtungen. «Informationen und Beiträge zur Klimaforschung», No. 12, Geogr. Institut Universität Bern, 1974.
- WINIGER, M.: Erderkundung aus der Luft und aus dem Weltraum. Die Welt von oben. Der Bund, No. 254, 30. Oktober 1973.
- WINIGER, M.: Klima- und Erdbeobachtung aus dem Weltraum. in: Messerli et al.: Beiträge zum Klima des Raumes Bern. Geographische Gesellschaft Bern, Bd. 50/1970-72.
- im Druck:*
- BINZEGGER, R.: ERTS-Multispektraldaten als Informationsquelle für thematische Kartierungen. (Landnutzung im Raum Mailand.) Diss. Universität Zürich, 1975.

Untersuchung der Nebeldecke mit Hilfe von ERTS-1-Bildern

ERTS und Meteorologie

ERTS-1 ist nicht ein meteorologischer Satellit. Die raumzeitliche Bedeckung ist zu spärlich, und Aufnahmen werden in der Regel nur bei geringer Bewölkung gemacht.

Dessen ungeachtet können ERTS-Bilder als wertvolle Zusatzinformation für meteorologische Einzelfallanalysen beigezogen werden. Die gute Bildauflösung über ein vergleichsweise sehr großes Gebiet gestattet es, kleinräumige Effekte in einen größeren Zusammenhang zu stellen.

In einer ersten Untersuchung befaßte sich PIAGET (1973) mit Fragen der Bewölkungsinterpretation im Alpenraum. Dabei konnten Prozesse der Bewölkungsauflösung über Tälern und die Entwicklung von parallel angeordneten Wolkenstraßen in Abhängigkeit des Reliefs untersucht werden.

Besonders eindrücklich präsentiert sich auf mehreren Aufnahmen (20./21. 9. 1972 und 18./19./20. 12. 1972) die Nebelverbreitung, wobei Nebelmeerobergrenze und dynamische Strukturen ins Auge springen. An anderer Stelle konnte auf den räumlich komplexen Aufbau der Nebeldecke durch Kombination von Satellitenbild und terrestrischer Beobachtung hingewiesen werden (WINIGER, 1974). Im folgenden sollen am Beispiel der Aufnahme E-1149-09502/4-6 vom 19. 12. 1972 9.50 GMT einige weitere Auswertungsmöglichkeiten diskutiert werden.

Nebelausdehnung und -obergrenze

Mit der Nebelmeerobergrenze wird ein ungefähres Inversionsniveau festgelegt und damit theoretisch die räumliche Ausdehnung der Kaltluftmasse. Alle bis jetzt vorliegenden Nebelaufnahmen belegen den überragenden Einfluß des Reliefs, der im hier diskutierten Beispiel durch die kräftige Luftströmung noch gesteigert wird. In Anlehnung an die Großgliederung der Landschaft in Jura, höheres und tieferes Mittelland und Alpen lassen sich Nebelregionen mit vergleichsweise ähnlichem Aufbau und Verhalten der Nebeldecke ausscheiden:

1. Der Raum nördlich Basels mit einer in mindestens zwei Stockwerke gegliederten Nebelschicht (höhere Schicht ca. 700 m über der tieferen; Berechnung aus Schattenwurf) mit lokalen Auflösungstendenzen über dem Schwarzwald (1).

2. Mittelland: Der ausgesprochene Kanalisierungseffekt der Luftströmung gegen SW ist klar erkennbar. Die Nebelobergrenze kann auf ± 50 m genau festgestellt werden, v. a. im Randbereich und an einzelnen «Nunatakern». Sie beträgt im Raum Hörnli-Kreuzegg (2) und am Gibloux (3) 1100-1200 m, steigt an der Luvseite exponierter Bergzüge auf 1200-1400 m [Napf (4), Weißenstein (5)] und ist auf der Leeseite entsprechend tiefer anzusetzen oder fehlt überhaupt (Napf).

3. Alpentäler: Diese sind je nach Richtung mit teilweise stagnierenden Nebelmassen angefüllt. Mit Ausnahme der nach Norden geöffneten Täler [Glarner Gebiet (6), Uri (7)] sind meist nur die untersten Talabschnitte bedeckt, wobei die Nebelgrenze wesentlich tiefer als im Mittelland liegt [Frutigen (8), Sierre (9)]. Neben der Orographie dürften lokale Windsysteme für diese Verteilung verantwortlich gemacht werden.

4. Die nebelfreien Bereiche des Juras, Emmentals und der Alpen: Einesteils ragen sie über das Nebelmeer hinaus, häufig aber sind sie von der Zufuhr der notwendigen Kaltluft abgeschnitten [z. B. Simmental (10)].

Nebeldichte

Im allgemein gut abgrenzbaren Nebelmeer treten vereinzelt auch über Tälern Löcher und Stellen mit nurmehr schwacher Dunstbedeckung auf [z. B. Aaretal südlich Bern (11)]. Wie weit hier unterschiedliche thermische Verhältnisse des Untergrundes (Seen, Städte usw.) wirksam werden, müßte abgeklärt werden.

Strukturen

Wo das Wettersatellitenbild (ESSA, NOAA) der geringen Auflösung wegen ein weitgehend ruhig daliegendes Nebelmeer vortäuscht, zeigt das ERTS-Bild ein verwirrend vielfältiges Bild von Oberflächenstrukturen, die sich in Flächen, Linien und Punkte einteilen lassen.

(1-20) Diese Zahlen beziehen sich auf die in der Abbildung eingesetzten Nummern.

Dr. M. Winiger, Geographisches Institut der Universität Bern, Hallerstraße 12, 3012 Bern.

Flächen

Das Bild bestätigt, daß ein Nebelmeer laminar aufgebaut ist. Schuppenförmig lagern mehrere Nebelpakete übereinander oder werden übereinandergeschoben. Dieser Effekt ist kleinräumig zu erkennen (über dem Thuner See (12)) oder es lassen sich Grenzlinien über große Distanzen verfolgen (am Südrand des Schwarzwaldes (13)).

Wellen

Die ganze Nebeloberfläche ist von einem dichten Netz von Wellenlinien überzogen, die sich bezüglich Richtung, Abstand der Wellenzüge und Dämpfung unterscheiden und die an vielen Stellen interferieren (etwa östlich des Weißensteins). Sie können in zwei genetisch unterschiedliche Gruppen eingeteilt werden: 1. Hinderniswellen und 2. Kanalisierungswellen in Tälern. Es wäre zu prüfen, ob die von BOUET und KUHN (1970) beschriebenen Gravitationswellen ebenfalls nachgewiesen werden könnten.

Bei den Hinderniswellen veranschaulicht die Nebeloberfläche die Bewegung des gesamten Luftmassenpaketes. Deutlich lassen sich dabei zwei Fälle unterscheiden. 1. Das Hindernis ragt über die Nebelgrenze hinaus: es lösen sich keilförmige Wellenzüge (Hörnli, Napf, Jura) ähnlich der Spur eines Schiffes. 2. Der Nebel überströmt den Höhenrücken: Die Wellen lösen sich wie die bekannten Leewellen einer Föhnlage parallel zum Hindernis ab (über dem Schwarzwald). Die Kanalisierungswellen dürften als Grenzflächenphänomen zwischen zwei unterschiedlich bewegten Luftmassen zu deuten sein. In unserem Fall überstreicht ein Bergwind die taleinwärts drängende Kaltluft. Dieser überlagerte Wind verliert seinen Einfluß erst über dem sich verbreiternden Vorland (z. B. Walliser Wind über dem Genfer See (14)).

Punktmuster

Durch lokale Thermik kann sich die Nebeldecke punktförmig aufwölben. Bekannt sind die Nebelpilze über einzelnen Hochkaminen. Auch im Satellitenbild zeichnen sich die Industrie-Standorte von Cressier (15) und Aigle (16) ab, doch werden die Aufwölbungen durch die vorbeiziehenden Wellenzüge überlagert.

Windfeld

Anordnung und Ausprägung der Wellenzüge veranschaulichen letzten Endes das Windfeld und seine nachhaltige Beeinflussung durch die Topographie. Nach Angabe der Wetterkarte herrschten in der Höhe NE-Winde, am Boden E-Winde vor. Das Schweizerische Mittelland befindet sich auf der Rückseite eines Hochdruckgebietes, das sich langsam ostwärts entfernt. Im tieferen Mittelland wird diese großräumige Strömung kanalisiert und durch die allmähliche Einschnürung gegen Westen hin eher noch verstärkt, während sie im quer dazu stehenden Aaretal fast völlig unterbunden wird.

Fallwinde am Brünig (17) und am Genfer See (18) führen zu lokalen Nebelaufösungen. Die Luftströmungen aus zahlreichen Tälern folgen wie Wasser einem Stromstrich und verlieren sich in Deltazonen [Justistal-Thuner See (19)]. Am Genfer See [über Montreux (20)] konvergieren Winde aus verschiedenen Richtungen. Der Katalog lokaler Phänomene ließe sich beliebig weiterführen.

Es wäre zweifellos lohnend, die genauen Windrichtungen und aus den Wellenlängen, bzw. den Frontwellenwinkeln die zugehörigen Geschwindigkeiten zu berechnen. Das Windfeld ließe sich kaum auf andere Weise derart gut bestimmen, wobei einschränkend natürlich festgehalten werden muß, daß dies nur gerade im Niveau der Nebeloberfläche mit genügender Genauigkeit möglich sein dürfte.

Zusammenfassung

Zusammenfassend darf festgehalten werden, daß ERTS-Aufnahmen als zusätzliches Informationsmaterial für Einzelfallanalysen berücksichtigt werden können. Sie vermitteln Ideen über Zusammenhänge zwischen Kaltluftverbreitung und Strömungsdynamik als Funktion einer Großwetterlage und des lokalen Reliefs. Dies wohlverstanden, am individuell ausgeprägten Einzel-

Nebelverbreitung über dem Schweizerischen Mittelland am 19. Dezember 1972, 9.50 Uhr GMT (Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, E-1149-09502/4-6). Die Nummern beziehen sich auf die im Text diskutierten Geländestellen. ▶

ereignis. Für eine systematische Klassifizierung sind wir nach wie vor auf die terrestrischen Beobachtungen, Sondaufstiege und Wettersatellitenaufnahmen (SCHACHER, 1974) angewiesen. Doch lassen die geplanten Projekte (etwa Meteosat) einen ausgeprägten Trend zum Bezug von Fernerkundungsdaten in noch weitergehendem Maße als heute als wahrscheinlich annehmen.

Literatur

BOUET, M. und KUHN, W., 1970: Vagues de brouillard considérées comme ondes de gravité. Verh. Schweiz. Nat. f. Ges., 150 : 170-172.

PIAGET, A., 1973: First preliminary report on meteorological interpretation of clouds or cloud systems appearing on pictures of the Alpine region received from the Earth's Resources Satellite ERTS-1. Arbeitsberichte der Schweiz. MZA, No. 37, Zürich.

SCHACHER, F., 1974: Nebelkarte der Schweiz. Unpubl. Diplomarbeit, Geogr. Institut Univ. Zürich.

WINGER, M., 1974: Die raum-zeitliche Dynamik der Nebeldecke aus Boden- und Satellitenbeobachtungen. Inform. u. Beitr. z. Klimaforschung; 12 : 24-30.

Automatisierte Schneeflächenbestimmung mit digitalen Multispektraldaten des ERTS-1

Mit Hilfe der wiederholten Satellitenaufnahme ist es erstmals möglich, die Veränderungen der Schneedecke über größere Gebiete hinweg festzustellen und zu kartieren. Eine erste Aufgabenstellung umfaßt deshalb die automatisierte Kartierung und Messung der mit Schnee bedeckten Flächen im Gebirge. Es sollen Charakteristika, die diese Flächen im Satellitenbild mechanisch kennzeichnen, bestimmt werden. Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Methode, um die Digitaldaten der Multispektralaufnahmen des Erdkundungssatelliten ERTS-1 für die automatische Schneeflächenbestimmung einsetzen zu können. Am

Beispiel eines 20 x 22 km² großen Alpen-Ausschnittes (Bergell) der ERTS-Aufnahmeserie 1076-09442 (Fig. 1) vom 7. Oktober 1972 wurde eine konkrete Lösung erarbeitet (Fig. 2).

Da die im Testgebiet berücksichtigten Oberflächenobjekte in verschiedenen Spektralbereichen unterschiedliches Reflexionsverhalten aufweisen, wurde eine Methode angewandt, bei der für die Schneecharakterisierung jeweils simultan die zugehörigen Reflexionswerte aus allen vier MSS-Spektralbereichen bezogen werden.

Als Verfahren wurde die aus der Statistik bekannte

Table 1: Neue Stichprobensammlung (17 Stichproben)

		\bar{x}	σ			\bar{x}	σ			\bar{x}	σ
A	a)	118.94	14.09	B		21.20	1.69	C		31.87	2.12
	b)	118.69	14.20			11.33	1.29			31.53	2.28
	c)	108.27	17.77			7.08	1.11			42.02	1.82
	d)	41.12	9.60			1.04	0.53			21.93	1.26
D		13.37	1.07	N		13.56	0.66	O		35.62	1.13
		6.80	1.24			5.36	0.93			20.37	0.82
		5.25	2.11			2.77	0.66			7.43	0.93
		1.44	1.35			0.01	0.11			0.29	0.45
P		36.03	4.39	Q		24.05	2.87	R		19.79	1.22
		35.30	4.11			21.56	2.96			14.16	1.46
		40.78	2.62			36.13	4.50			39.56	3.45
		20.14	1.87			20.05	2.74			23.34	2.46
S		15.85	1.05	T		12.63	1.06	U		125.00	6.57
		10.20	1.50			5.25	1.27			125.15	6.55
		19.11	2.91			3.77	1.04			117.75	10.82
		10.22	1.92			0.70	0.70			45.84	8.53
V		23.18	2.69	W		20.50	2.92	X		125.58	1.01
		12.84	1.64			11.34	2.19			125.86	1.03
		8.58	1.47			8.16	2.86			116.20	4.92
		1.58	0.66			1.82	1.26			42.28	2.37
Y		29.82	1.73	Z		125.41	3.42	a)	=	Kanal 4	
		19.66	1.90			124.29	4.96	b)	=	Kanal 5	
		13.44	1.57			104.47	7.56	c)	=	Kanal 6	
		3.20	0.65			35.59	2.53	d)	=	Kanal 7	

Legende:

SO = Sonnenseitenlage
SA = Schattenseitenlage

Anzahl
Bildpunkte

A	=	Schnee SO	111	
B	=	Schnee SA	90	
C	=	Gras SO	96	
D	=	Gras SA	128	
N	=	Silsersee SO	75	
O	=	Gletschersee Albigna SO	72	
P	=	Gras/Boden SO	84	
Q	=	Gras SO	72	
R	=	Laubwald SO	99	
S	=	Nadelwald SO	68	
T	=	Nadelwald SA	99	
U	=	Schnee SO	84	
V	=	Schnee SA	82	
W	=	Schnee und Fels SA	75	
X	=	Schnee und Eis SO	60	
Y	=	Schnee und Eis SA	75	
Z	=	Gletscher SO	72	
			Bildpunkte Total	1442

Dr. Rudolf Gfeller, Geographisches Institut der Universität Zürich, Blümlisalpstraße 10, 8006 Zürich.
Dr. K. Seidel, Photographisches Institut der ETH Zürich, Sonneggstraße 5, 8006 Zürich

lineare Diskriminanzanalyse benutzt. Die vom Multi-spektralscanner gelieferten Videodaten standen uns in digitaler Form zur Verfügung. Zuerst wurden aus der Datenmatrix eine Anzahl Objekte als Stichproben abgegrenzt (Tab. 1). Die Trennbarkeit dieser Stichproben beruht mathematisch auf der Tatsache, daß sie im 4-dimensionalen Variablenraum unterschiedliche Gebiete einnehmen. Zur Berechnung der Trennfunktion dieser Gebiete wurde das am RZETH vorhandene Programm BMDO7M verwendet, das die lineare Diskriminanzanalyse schrittweise durchführt.

Es konnte gezeigt werden (Tab. 2), daß sich Schnee in verschiedenen Expositionen zur Sonne allein aufgrund seiner Reflexionscharakteristika in den vier ERTS-MSS-Kanälen bestimmen läßt. Allerdings muß man hierfür eine genügende Anzahl repräsentanter Stichproben auswählen. Mit der errechneten Trennformel läßt sich die Schneedecke aus den Satellitenbildern kartieren, indem man die vom Computer kommenden Klassifikationsresultate wieder bildmäßig dar-

stellt. In jedem Fall ist die Qualität der Methode abhängig von der Auswahl der Stichproben, d. h. von deren Abgrenzung nach Lage und Umfang.

In unserem Falle wurden zur Schneeklassierung und -kartierung zwei Stichprobensätze zusammengestellt, wobei der erste für den sogenannten Normalfall dient (trockener Neuschnee, Tab. 3), während der zweite für Bilder verwendet werden kann, deren Aufnahme im Zeitpunkt einer Schneeauperungsperiode (z. T. feuchter, schmelzender Schnee) erfolgte.

Wichtig ist bei beiden Varianten, daß für die Schneegrenzzone eine Stichprobe genau abgegrenzt werden kann. Die Festlegung der Stichproben sollte darum zum Zeitpunkt der Aufnahme im Felde vorgenommen werden.

Anhand der aus der Diskriminanzanalyse resultierenden Trennfunktion lassen sich alle Bildpunkte einer ERTS-MSS-Bildmatrix in «Schnee» oder «schneefreien Bildhintergrund» einteilen (Fig. 2). Die Klassifikationsmatrix repräsentiert die Summenhäufigkeit der Bild-

Tabelle 2: Klassifikationsmatrix für die in Tabelle 1 aufgeführten Stichproben

Gruppe	Zahl der Fälle klassiert in die Gruppe:																
	A	U	X	Z	B	V	W	Y	C	P	Q	R	S	N	O	D	T
SSO	A	29	37	27	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	6	39	29	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	X	0	8	44	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	2	0	8	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSA	B	0	0	0	0	43	22	24	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	V	0	0	0	0	10	51	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	W	0	0	0	0	18	16	30	1	0	0	0	0	0	1	0	9
	Y	0	0	0	0	0	6	0	67	0	0	0	0	0	0	2	0
HGO	C	0	0	0	0	0	0	0	0	69	20	7	0	0	0	0	0
	P	0	0	0	0	0	0	0	0	27	57	0	0	0	0	0	0
	Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	1	2	0	0	0
	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	97	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	2
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	69	0
HGA	D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	32	0	63	30
	T	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	27	0	32	38

punkte (Tab.4) einer Szene in den verschiedenen Stichproben-Kategorien, und damit kann schließlich deren Bedeckung auf der Erdoberfläche ermittelt werden. Ein Bildpunkt umfaßt in der Orthogonalprojektion auf der Erdoberfläche ein Gebiet von 4514 m². Sofern eine möglichst genaue Angabe über die Flächenbedeckung durch Schnee gewünscht wird, sollte vor allem in Gebirgsregionen nicht einfach die aus dem Satellitenbild durch Parallelprojektion auf eine Ebene bezogene Fläche gemessen werden, sondern die wahre Oberfläche. Für das Testgebiet (Bergell) beträgt der Unterschied zwischen der wahren Oberfläche und der Orthogonalprojektion ca. 20%. Im Hinblick auf ein operationelles Schneeeinformationssystem wäre eine Lösung dahingehend denkbar, daß man die vom Satelliten übermittelte Bildinformation direkt in ein digitales

Reliefmodell projizieren würde. Mit diesem System wäre jederzeit eine exakte Flächenbestimmung von Schnee im Gebirge möglich.

Neben der eigentlichen Klassifikation beinhaltet das erarbeitete System noch zahlreiche vorverarbeitende Programmteile zur geometrischen und radiometrischen Korrektur der Daten sowie zur Ausgabe der Ergebnisse in Form photographischer Bilder. Ein erst kürzlich von der ETHZ erworbenes Bildaufbelichtungsgerät (Optronics Photomation 1700) erlaubt es, die Klassifikationsergebnisse wieder bildmäßig darzustellen und zwar in Bildern von photographischer Qualität.

Bei dem von uns entwickelten Verfahren handelt es sich um eine weitgehend automatisierbare Methode, da lediglich zur Abgrenzung und Auswahl der geeigneten Stichproben (evtl. mit Feldarbeit) ein Interpret

Tabelle 3: Klassifikationsmatrix für die neue Lerngruppenauswahl

Gruppe	Zugeordnete Anzahl Bildpunkte zur Lerngruppe:									
	U	E	B	Y	O	P	Q	S	T	
SSO	U	78	6	0	0	0	0	0	0	0
	A	80	31	0	0	0	0	0	0	0
	X	60	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	62	10	0	0	0	0	0	0	0
	E	12	54	0	0	0	4*	0	0	0
SSA	B	0	0	87	0	0	0	0	0	3*
	V	0	0	77	4	0	0	0	0	1*
	W	0	0	58	1	0	0	0	0	16*
	Y	0	0	4	70	1*	0	0	0	0
HGO	N	0	0	9*	0	0	0	0	0	66
	O	0	0	0	1*	71	0	0	0	0
	P	0	0	0	1*	0	79	4	0	0
	Q	0	0	0	0	0	0	68	4	0
	R	0	0	0	0	0	0	99	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	67	1
	C	0	0	0	0	0	53	43	0	0
HGA	T	0	0	10*	0	0	0	0	0	89
	D	0	0	5*	0	0	0	0	3	120
Schnee					Bildhintergrund					

* = Fehlklassierungen von Schnee zum Bildhintergrund oder umgekehrt

Tabelle 4: Klassifikationsmatrix für den Bildausschnitt

Gruppe	Zugeordnete Anzahl Bildpunkte zur Lerngruppe:									
	U	E	B	Y	O	P	Q	S	T	
U	78	6	0	0	0	0	0	0	0	0
E	12	54	0	0	0	4	0	0	0	0
B	0	0	87	0	0	0	0	0	0	3
Y	0	0	4	70	1	0	0	0	0	0
O	0	0	0	1	71	0	0	0	0	0
P	0	0	0	1	0	79	4	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	68	4	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	67	1	0
T	0	0	10	0	0	0	0	0	0	89
Testgebiet	8034	19200	6571	11843	803	16644	14523	9994		10692
	SSO		SSA		HGO				HGA	
45648 Schnee					52656 Bildhintergrund					

notwendig ist. Es ist aber denkbar, daß nach weiteren Untersuchungen eine umfassend gültige Stichprobensammlung erarbeitet werden kann, so daß auch dieser Schritt automatisiert werden könnte.

Bevor aber ein routinemäßiger Einsatz von automatisierten Systemen in Betracht gezogen wird, ist noch zusätzliche Grundlagenforschung notwendig. Insbesondere setzt die Interpretation von Fernerkundungsdaten hinreichende Kenntnisse über die physikalischen Eigenschaften der Geländeobjekte voraus. Für die Auswertung multispektraler Daten liegen bisher nicht genügend Informationen über das Reflexionsverhalten von Oberflächen vor. Hinzu kommt, daß sowohl die räumliche Struktur von Geländeobjekten als auch die Mischung verschiedener Reflexionssignale innerhalb eines einzelnen Bildelementes die Auswertung

erschweren. Neben umfassenden Kenntnissen über die Spektraleigenschaften der Objekte sind wirksamere Methoden zur Elimination von Störeffekten notwendig, wie z. B. von der Atmosphäre verursacht werden.

Literatur

GFELLER, R., 1975: Untersuchungen zur automatisierten Schneeflächenbestimmung mit Multispektral-Aufnahmen des Erderkundungssatelliten ERTS-1, Diss. Univ. Zürich.

SEIDEL, K., 1975: Analoge und digitale Auswertung von Satellitenbildern (ERTS-1), (Arbeitstitel), in Vorbereitung.

Kartierung von Höhengrenzen zwischen Mt. Blanc und Gotthard-Massiv mit Skylab-EREP-Aufnahmen

Aufnahmematerial

Für die vorliegenden Untersuchungen wurden sämtliche photographischen Produkte von Skylab-3, der 2. bemannten Skylab-Mission vom 28. Juli bis 25. September 1973 entsprechend, Paß 21, vom 11. September 1973, aufgenommen zwischen 15.26 Uhr und 15.27 Uhr,

verwendet. Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt die benützten Filme (alles Kodak-Materialien) und die genauen Bilddaten:

S 190-A MPC (multispectral photographic camera): sechs Kameras mit Objektiven 1:2,8/152; Format 7 x 7 cm, Originalmaßstab ca. 1:2 800 000 (eine Aufnahme bedeckt ca. 25 600 km²);

	Spektralbereich µm	Filmtyp	Theoretische Bodenauflösung in m
Schwarzweiß-Filme	0,5-0,6	PAN-X SO-022	40-46
	0,6-0,7	PAN-X SO-022	30-38
	0,7-0,8	IR EK-2424	73-79
	0,8-0,9	IR EK 2424	73-79
Farbfilm	0,4-0,7	High-Res. SO-356	40-46
Infrarot-Farbfilm	0,5-0,88	Aerochrome IR	73-79

S 190-B ETC (earth terrain camera): Objektiv 1:4/457; Format 13 x 13 cm, Originalmaßstab ca. 1:900 000 (eine Aufnahme bedeckt ca. 10 700 km²); Normal-Farbfilm Typ Aerialcolor High-Res. SO-242, ohne Filter, theoretische Bodenauflösung ca. 17 m.

Die atmosphärischen Verhältnisse waren am Aufnahmetag infolge starker Bewölkung (siehe Titelfoto) recht ungünstig. Eine Wiederholung der Aufnahme für vergleichende Untersuchungen fand zwar am

19. September 1973 auf einer um ca. 15 km gegen N verschobenen Umlaufbahn statt, allerdings bei ca. 95% Wolkenbedeckung. Weitere Überdeckungen waren mehrfach während der 4. Skylab-Mission (16. November 1973 bis 8. Februar 1974) vorgesehen, mußten aber aus technischen Gründen immer wieder verschoben werden und fielen schlußendlich ganz aus.

Gleichwohl läßt sich das vorhandene Material in vielfältiger Weise ausschöpfen. In der vorliegenden Arbeit sollen insbesondere methodische und regionale Aspekte im Zusammenhang mit der Kartierung von Höhengrenzen im alpinen Raum untersucht werden, wie:

- Zustandserfassung und Kartierung der temporären Schneegrenze und der Obergrenze des Pflanzenwachstums über größere Gebiete hinweg
- Regionaler Vergleich der Grenzverläufe
- Vergleichende Betrachtung der Grenzverläufe unter speziellen Verhältnissen (z. B. Schneegrenze auf Gletschern)

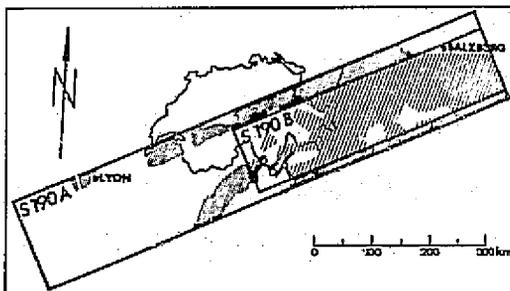


Fig. 1 Skylab Paß 21 vom 11. September 1973: Überdeckungsbereich der photographischen Aufnahmesysteme

Prof. Harold Haefner und Urs Geiser, Assistent, Geographisches Institut der Universität Zürich, Blümliisalpstraße 10, 8006 Zürich

- Vergleich der Aufnahmesysteme, speziell hinsichtlich Kartierungsgenauigkeit
 - Günstigster Kartierungsmaßstab (Kartenunterlage)
- Bei der Interpretation wurde bewußt auf moderne Bildverarbeitung oder digitale Klassifikationsverfahren verzichtet und mit den konventionellen Methoden der Photointerpretation unter Anwendung einfacher, allgemein zugänglicher Hilfsmittel (Stereoskop, Stereolupe, Projektor usw.) visuell gearbeitet. Die Auswahl des Untersuchungsgebietes ergab sich aus der Umlaufbahn (Fig. 1) und den Bewölkungsverhältnissen.

Kartierung der temporären Schneegrenze mit S 190-A

Für die Festlegung einer Grenze zwischen schneebedeckten und schneefreien Gebieten wie Gletschereis, Alpweiden, Wald, Fels, Schutthalden usw. in verschiedenen Expositionen, Hangneigungen und in Sonnen- und Schattenlage, wurden vor allem folgende Abbildungsmerkmale herangezogen:

- Eindeutiger Kontrast der hellen Schneedecke zur dunkleren Umgebung (Interpretationskriterium: Farbton)
- Großflächigere Form der Schneedecke mit feinziseliertem Rand im Gegensatz zur kleinförmig gegliederten Umgebung (formales Interpretationskriterium)

Diese Merkmale sind allerdings oft lokal gestört und erschwerten dadurch eine Interpretation:

- Wolken können in gleich hellen Tönen wie Schnee abgebildet werden (Unterscheidungsmerkmal: Form und Randausbildung; «gewundene, längliche» Form der Schneedecke mit dendritischer Randausbildung gegenüber der «massigen» Form der Wolken mit «geradliniger, faseriger» Abgrenzung)
- Helligkeitsunterschiede zwischen Hängen in Sonnen- und Schattenlagen
- Bei abschmelzendem Schnee entsteht keine scharfe Grenzlinie sondern eine Übergangszone (Generalisierungsproblem)

Diese Effekte erschwerten eine exakte Grenzziehung stark. Die Interpretation wurde deshalb mit Hilfe einer Stereolupe (16fache Vergrößerung) unter ständigem Vergleichen von Farb- und Falschfarben-Transparentpositiven sowie der Schwarzweiß-Aufnahmen durchgeführt.

Der große Vorteil der Satellitenaufnahmen liegt darin, daß sie im Gegensatz zu großmaßstäbigen Luftbildern den Schneegrenzbereich weniger als Saum, sondern eher als Linie wiedergeben (geringere Bodenauflösung), also eine gewisse Generalisierung vorzunehmen.

Allgemein wurde auf dem Normal-Farbfilm interpretiert, während sich der Infrarot-Farbfilm besonders für die Abgrenzung der Schneedecke auf dem Gletscher eignet, da er eine bessere farbliche Trennung zwischen den beiden Objekten aufweist. Der Grund hierfür liegt im unterschiedlichen Reflexionsverhalten von Schnee und Eis (Fig. 2). Wie ersichtlich, verlaufen die beiden Reflexionskurven im sichtbaren Bereich des Spek-

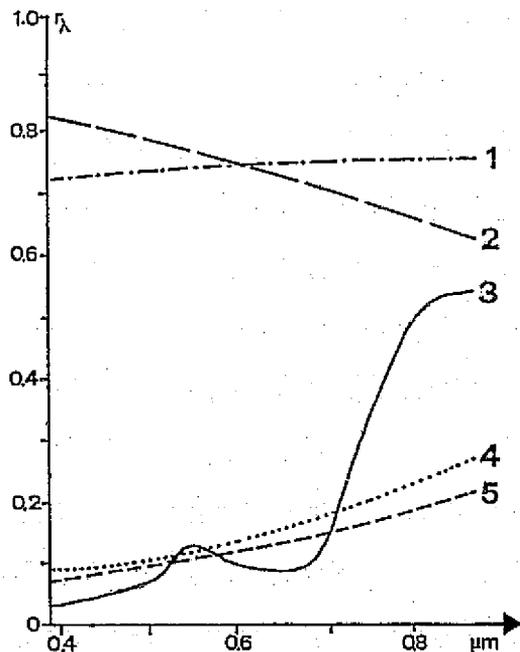


Fig. 2 Spektrale Reflexion verschiedener Oberflächeneinheiten im sichtbaren Bereich und nahen Infrarot

1 - Eis
2 - Schnee
3 - lebende Vegetation
4 - tote Vegetation
5 - Gestein

(nach KONDRATYEV et al, 1974, leicht ergänzt)

trums sehr ähnlich, während sie im nahen Infrarot auseinanderstreben und damit eine bessere farbliche Trennung im Falschfarbenphoto belegen. Eine Trennung zwischen Schnee und Vegetation oder Gestein zeigt hingegen im sichtbaren Bereich die größeren Unterschiede.

Die Übertragung der Schneegrenze in die Karte erfolgte mit Hilfe eines Projektionsapparates. Das interpretierte EREF-Transparent-Farbbild wurde direkt in die Landeskarte 1:200 000 projiziert und anhand eindeutig fixierbarer Punkte wie Flußmündungen, Stau-mauern und Bergspitzen eingepaßt. Es zeigte sich, daß mit entsprechendem Zeitaufwand genügend Paßpunkte für eine genaue Korrelation gefunden werden konnten. Gegen den Bildrand traten kleinere Verzerrungen auf, die sich aber durch Verkippen der Projektionsfläche beseitigen ließen. Die Bilddeformationen sind recht gering, da zufolge der großen Flughöhe und des kleinen Öffnungswinkels des Objektivs auch im alpinen Relief nur geringe Abweichungen resultieren.

Die LK 1:200 000 erwies sich nach verschiedenen Versuchen als die geeignetste Kartenunterlage für eine übersichtliche Darstellung. Die Photos könnten zwar sogar auf die LK 1:100 000 vergrößert werden, doch würden die Ergebnisse auf zu viele Kartenblätter verteilt.

Kartierung der Obergrenze des Pflanzenwachstums mit S 190-A

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, reflektiert lebende Vegetation im nahen Infrarot wesentlich stärker als tote. Deshalb wird im Infrarot-Farbfilm wachsende Vegetation rot, tote dagegen in gelblich-bräunlichen Tönen wiedergegeben.

Eine erste visuelle Durchsicht der Aufnahmen ergab, daß im Aufnahmezeitpunkt das Wachstum in die Höhe bereits ausgesetzt hatte und im Bereich der Alpweiden ein breites Band toter Vegetation zwischen Schnee- und Wuchsgrenze bestand. Letztere lag aber noch über der Waldgrenze. Die Voraussetzungen für eine Kartierung waren somit günstig, denn innerhalb des Nadelwaldes wäre der Verlauf der Wachstumsgrenze viel schwieriger festzulegen gewesen.

Die Obergrenze des Pflanzenwachstums ließ sich also anhand der Rotfärbung eindeutig interpretieren. Es wurden die gleichen methodischen Verfahren ange-

wendet wie für die Schneekartierung und die Ergebnisse in entsprechender Weise in die LK 1:200 000 übertragen.

Die Obergrenze der Vegetation konnte dagegen mit Hilfe der vorliegenden Aufnahmen nicht festgelegt werden, da sich die Vegetationsdecke gegen oben allmählich immer mehr auflöst. Zudem war sie im Aufnahmezeitpunkt teilweise bereits von Schnee überdeckt. Die Reflexionskurven zwischen toter Vegetation und Gestein zeigen ebenfalls minimale Unterschiede (Fig. 2). Gleichwohl hebt sich das Gestein mit seinem mehr grau-bläulichen Farbton deutlich vom Band der toten Vegetation ab, allerdings mit einer fließenden Übergangszone. Zur Kartierung der Obergrenze der Vegetation wäre eine Aufnahme im Spätsommer (max. Vegetationsentwicklung) notwendig.

Ergebnisse der S 190-A Kartierungen

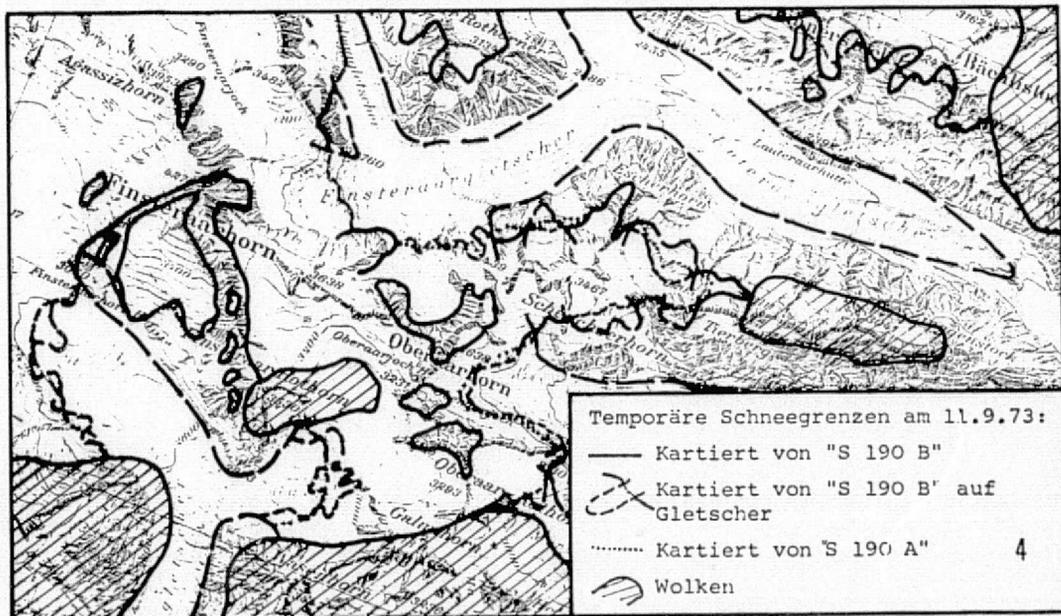
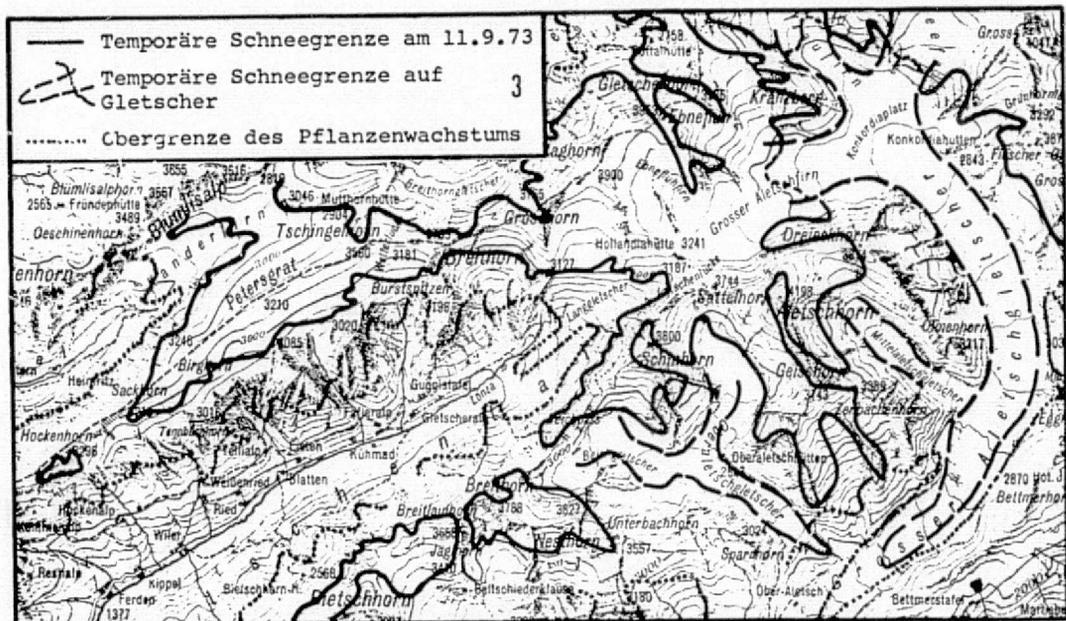
Fig. 3 zeigt einen kleinen Ausschnitt der Kartierungen, die für das gesamte Untersuchungsgebiet durchgeführt wurden. Für vergleichende regionale Betrachtungen konnte die Lage der Höhengrenzen leicht aus der Karte entnommen und in tabellarischer Form nach verschiedenen Einteilungskriterien zusammengestellt werden. Dabei ließen sich sowohl exakte Werte für eine bestimmte Lokalität als auch durchschnittliche Beträge für einen ganzen Talhang ermitteln. Die LK 1:200 000 mit einer Äquidistanz von 200 m erlaubt dabei eine Interpolation der Höhenlage mit einer Genauigkeit von ca. ± 50 m.

Die regionalen und expositionellen Unterschiede im Verlauf der temporären Schneegrenze wie der Pflanzenwachstumsgrenze sind beachtlich. Besonders interessant ist die Lage der Schneegrenze auf den Gletschern. Vom Datum her gesehen entspricht sie annähernd der maximalen Position im Spätsommer und dürfte damit wenigstens annähernd Hinweise auf den Verlauf der klimatischen Schneegrenze geben. In der nachstehenden Tabelle ist die Lage der temporären Schneegrenze auf den Gletschern des nördlichen Wallis (Lötschental-Furka) nach Exposition getrennt zusammengestellt. Das Pflanzenwachstum in den oberen Regionen der alpinen Stufe hat zu diesem eher frühen Datum bereits ausgesetzt. Auch hier lassen sich aufschlußreiche phänologische Differenzierungen erkennen.

Fig. 3 Höhengrenzen, kartiert mit S 190-A im Gebiet Löt-schental-Großer Aletschgletscher auf LK 1 : 200 000

Fig. 4 Temporäre Schneegrenze im Gebiet Finsteraarhorn-Unteraargletscher, kartiert auf LK 1 : 100 000 (Kartenausschnitte reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie)

REPRODUCIBILITY OF THE ORIGINAL PAGE IS POOR



Durchschnittliche Lage der temporären Schneegrenze am 11. September 1973 auf den Gletschern des nördlichen Wallis

Exposition.	Anzahl Gletscher	durchschnittl. Lage der temp. Schneegrenze
N	2	2750 m
E	5	2970 m
W	1	3000 m
S	8	2890 m

Kartierung der temporären Schneegrenze mit S-190-B

Die Earth-Terrain-Kamera mit einem Auflösungsvermögen von ca. 10 m gestattet eine noch genauere Abgrenzung. Vergleiche können nur über den Verlauf der Schneegrenze (da nur Normal-Farbfilm) vorgenommen werden. Infolge der größeren Brennweite wird ein wesentlich kleinerer Geländestreifen erfaßt, wobei die Aufnahmen aus bekannten Gründen erst im östlichen Wallis und Tessin einsetzen (Fig. 1). Als effektiv vergleichbares Gebiet bleibt darum vor allem die Grimsel-Region (Fig. 4).

Das methodische Vorgehen entsprach demjenigen, das beim S190-A angewandt wurde. Die Interpretation wurde von der gleichen Person vorgenommen, aber mit einer Zeitdifferenz von ca. zwei Monaten, so daß keine «vorgefasste» Darstellung mehr erfolgen konnte. Als Kartierungsgrundlage wurde diesmal entsprechend

dem größeren Bildmaßstab die LK 1:100 000 gewählt. Die Aequidistanz von 50 m ermöglicht eine Lokalisierung der Höhengrenze auf ca. ± 20 m.

Schlußfolgerungen

Hochauflösende Satellitenphotos ermöglichen infolge ihres synoptischen Blickfeldes erstmals eine präzise Kartierung von Höhengrenzen über größere Gebiete hinweg unter absolut identischen Voraussetzungen. Daraus ergeben sich die Grundlagen für echte vergleichende Untersuchungen verschiedener Regionen mit guter Genauigkeit und großem Detailierungsgrad. Zeitliche Veränderungen würden sich mit Hilfe von wiederholten Überdeckungen festhalten lassen, und daraus könnten Kenntnisse über die dynamischen Veränderungen im jahreszeitlichen Rhythmus gewonnen werden.

Literaturverzeichnis

- BARNES, JAMES C. und BOWLEY, CLINTON J.: Handbook of Techniques for Satellite Snow Mapping, ERT Document No 0407-A for NASA, Concord, Mass. 1974.
- KONDRATYEV, K. YA. et AL: Results of Spectrometric Measurements of Natural Formations from the Spacecraft «Soyuz-9», in: Remote Sensing of Environment, No 1, S. 15-27, New York 1974.
- SKYLAB Earth Resources Data Catalog: L. B. Johnson Space Center, Houston, Texas 1974.

Buchbesprechungen

RUHL, Gernot: Das Image von München als Faktor für den Zuzug. Münchner geographische Hefte 35. 124S., 27Tab., 2Krt., 1971 Lassleben Kallmünz/Regensburg, DM20. --.

Es mag heute, da die Grossstadt wieder einmal der Verketzerung anheimfällt, wohltuend wirken, diese Arbeit zu lesen. Sie legt dar, dass die Stadt abwechslungsreich, lebendig, tolerant und dynamisch ist, während man das Leben auf dem Lande wohl als angenehm, aber witzlos empfindet. Die Stadt ist zwar teuer, aber sie bietet in Kultur, Sport und Freizeit mehr an. Diese soziokulturellen Werte verbunden mit dem Prestige der Metropole bilden den Hauptanziehungsfaktor für die Stadt. Daneben fallen verkehrsgeographische Vorteile weniger ins Gewicht. Dies ist als Hinweis an jene Verkehrsplaner nicht uninteressant, die glauben, mit dem Unterdrücken guter Verkehrsbeziehungen zur Grossstadt ihre "Wohnlichkeit" zu fördern. Die positive urbane Haltung des Autors ist anerkennenswert.

W. Kyburz

CHAUVÉ, Pierre: Jura (Guides géologiques régionaux), 215S., zahlreiche Karten und Profile, Masson Paris 1975, ca. 27 Fr.

In rascher Folge erscheinen derzeit in Frankreich die geologischen Führer einzelner Regionen. Sie sind bezüglich Ausführlichkeit gerade etwa das, was der nach Frankreich fahrende Exkursionsteilnehmer wissen möchte und wissen muss. Die Aufschlüsse sind gut beschrieben und leicht auffindbar. Mit einer Ausnahme beschlagen die Exkursionsrouten ausschliesslich den französischen Jura, ein von Schweizer Geographen leider eher vernachlässigtes Gebiet. Dabei bietet der Plateaujura eine reiche geomorphologische Formenwelt an und lässt vor allem die Zusammenhänge zwischen heutiger Landschaft und ihrer geologischen Geschichte erkennen. Dem Karstforscher sind auf diesem Areal fast keine Grenzen gesetzt. Die hochformatigen roten Guides sind für den Feldgebrauch recht handlich. Die Beigabe einiger Tafeln mit den gebräuchlichsten Ammoniten ermöglicht auch dem Nicht-Paläontologen die Bestimmung von Funden. Alles in allem: ein brauchbares Hilfsmittel für den erdwissenschaftlichen Jurafahrer.

W. Kyburz

SINGH, J.: An Agricultural Atlas of India - A Geographical Analysis. Vishal Publications, Kurukshetra (Indien). 356S., 149K. 65. -Rs. 1974.

Das besprochene Werk füllt eine Lücke in unserer Information über Indien aus. Der Verfasser übersetzt die Angaben der Landwirtschaftsstatistik in Karten, die zur Erleichterung der Vergleichbarkeit sowohl im Massstab wie im Charakter gleich gehalten wurden. Im allgemeinen sind die Karten gut reproduziert (schwarzweiss) und leicht lesbar. Der Begleittext ist informativ und bezieht sich in gleicher Weise auf die Grundlagen der Karten wie auf deren Interpretation. Jedem Kapitel folgt ein knappes Verzeichnis einschlägiger Literatur. Kritisch ist die Wahl der Stichjahre zu betrachten: Die Karte der Weizenerträge bezieht sich beispielsweise auf 1964-65. Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, welche geringe Aussagekraft Jahresergebnisse besitzen. Gleiches gilt für den Trend. So werden die Weizenerträge von 1952-53 mit jenen von 1964-65 verglichen. Möglicherweise sind diese Jahre identisch mit längerfristigen Mittelwerten, möglicherweise aber gerade das Gegenteil. Für ein Verständnis der indischen Landwirtschaft scheint uns auch das Kapitel über den Einfluss der "Kulturfaktoren" reichlich kurz, besonders weil etwa die Hälfte des Umfangs den landwirtschaftlichen Geräten gewidmet ist. Nicht einmal zehn Seiten stehen für die Eigentumsverhältnisse und Betriebsgrößen zur Verfügung. Die Wirtschaftspolitik der Zentral-Regierung und jene der einzelnen Staaten wird sorgfältig umgangen, obwohl sie teilweise einen sehr grossen Einfluss ausübt. Diese Themen können in einem Atlas, welcher die landwirtschaftlichen Verhältnisse zeigt, natürlich fehlen - bei einer geographischen Analyse sollte ihnen mehr Gewicht gegeben werden. In einem "postscript" mit dem Titel "The Green Revolution in India-How Green it is!" wird für ausgewählte Themen die Entwicklung bis und mit dem statistischen Jahr 1970-71 weitergeführt und kritische Bemerkungen zur Lage in der indischen Landwirtschaft vorgebracht. Von allgemeinem Interesse sind die Abschnitte über die Methode, die landwirtschaftliche Effizienz zu messen, und jene zur Messung der gesamten landwirtschaftlichen Produktion.

H. Boesch