

**Zeitschrift:** Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie  
**Herausgeber:** Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel  
**Band:** 33 (1992)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Bewölkungskartierung im REKLIP-Gebiet : zur Auswertung von NOAA-A VHRR-Daten und Bodenbeobachtungen  
**Autor:** Heinzmann, Uta  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1088744>

### **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:** 15.04.2026

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

# Bewölkungskartierung im REKLIP-Gebiet

## Zur Auswertung von NOAA-AVHRR-Daten und Bodenbeobachtungen

Uta Heinzmann

### *Zusammenfassung*

*Für den im Rahmen des REKLIP geplanten Klimaatlas der Regio bearbeitet das GIB/AMK das Klimaelement Bewölkung. Mittels Kombination von langen Beobachtungsreihen der Bodenstationen mit flächendeckenden Informationen von Satellitenaufnahmen sollen Rasterkarten mittlerer Bewölkungsparameter im Massstab ab 1:200'000 erstellt werden. Die Ergebnisse der Aufarbeitung von Bedeckungsgrad und Wolkentypen für jeden Tag des Jahres 1991 sollen über Modellansätze zu den Bodenbeobachtungen in Bezug gesetzt und auf die Basisperiode 1951 bis 1980 extrapoliert werden.*

## 1 Einleitung

Im Rahmen des REKLIP (Regio-Klima-Projekt) wird zur Zeit von deutschen, französischen und schweizerischen Instituten ein Klimaatlas der Regio erstellt.

Dieser Atlas soll Karten aller wichtigen Klimaelemente wie Temperatur, Niederschlag, Feuchte, Bewölkung, Globalstrahlung etc. enthalten und als Entscheidungshilfe für raumplanerische Belange dienen. Die Abteilung für Meteorologie und Klimaökologie des Geographischen Instituts der Universität Basel (GIB/AMK) erarbeitet Karten für die Bewölkung. Der Massstab der Klimakarten soll 1:200'000 betragen, als Basisperiode wurde der Zeitraum 1951-1980 gewählt. Zur Zeit wird ein Klassifikationsverfahren entwickelt, das es ermöglicht, aus den Satellitendaten Bewölkungsparameter abzuleiten. Da die Bearbeitung noch nicht abgeschlossen ist, sollen hier Zwischenergebnisse vorgestellt werden.

---

Adresse der Autorin: Dipl. Geogr. Uta Heinzmann, Geographisches Institut der Universität Basel, Abteilung Meteorologie/Klimaökologie, (GIB/AMK) Spalenring 145, CH-4055 Basel

## 2 Datengrundlage

### 2.1 Bodenbeobachtungen

Die Wetterdienste der am REKLIP beteiligten Länder stellen Monatsmittelwerte der in diesem Zeitraum an den Klimastationen erhobenen Daten zur Verfügung. Im Gegensatz zu allen anderen Klimaparametern wird die Bewölkung nicht gemessen, sondern von einem Beobachter täglich zu den synoptischen Terminen geschätzt, was eine gewisse Subjektivität der Daten zur Folge hat.

Nicht an allen Klimastationen werden Bodenbeobachtungen der Bewölkung durchgeführt. Im Zeitraum 1951 bis 1980 wurde im deutschen Teil des REKLIP-Gebiets an 30 Stationen die Bewölkung beobachtet, in Frankreich an 3 Stationen und im schweizerischen Teil des Untersuchungsgebiets an einer Station.

Eine Beobachtung ist jedoch nur für einen Bereich unmittelbar um die Station repräsentativ, was Interpolationen zwischen den Stationen sehr problematisch macht. Ohne genauere Informationen über das räumliche Verteilungsmuster der Wolken ist es daher nicht möglich, Karten im angestrebten Massstab zu erstellen.

### 2.2 Satellitendaten

Ein ausgezeichnetes Hilfsmittel für diesen Zweck stellen die Daten der Wettersatelliten dar. Mitteleuropa wird täglich etwa viermal vom Satelliten NOAA-11 aufgenommen, der die Erde in einer sonnensynchronen Umlaufbahn in 800 km Höhe umkreist. NOAA-Daten werden seit November 1990 am GIB/AMK an einer Empfangsstation aufgenommen und archiviert.

Der AVHRR-Sensor des NOAA-Satelliten misst die elektromagnetische Strahlung der Erde in 5 Spektralbereichen (Kanälen) in einer räumlichen Auflösung von 1.1 x 1.1 km (d.h. ein Pixel [= Bildpunkt] repräsentiert eine Fläche von 1.1 x 1.1 km). Diese Daten können als HRPT-Format (High Resolution Picture Transmission) an den Stationen der ESA empfangen werden. Am GIB/AMK wird das daraus abgeleitete reduzierte APT-Format (Automatic Picture Transmission) empfangen; es hat eine räumliche Auflösung von 3.3 x 3.3 km bei einer spektralen Auflösung von 2 Kanälen: Kanal 1 im sichtbaren Bereich (0.58 - 0.68  $\mu\text{m}$ ) und Kanal 4 im thermalen Infrarot (10.5 - 11.5  $\mu\text{m}$ ). Die Intensitäten in jedem Kanal werden als Datensatz von 800 x 800 Pixeln abgespeichert, wobei jedes Pixel Werte zwischen 0 und 255 annehmen kann (8 Bit). Der Wert 255 entspricht der maximalen Intensität im entsprechenden Kanal, der Wert 0 der minimalen.

In der Regel werden Bewölkungsklassifikationen mit Hilfe des HRPT-Formats durchgeführt. Die höhere räumliche und spektrale Auflösung erlaubt eine präzisere Klassifikation, aber die Datenmenge einer Szene beträgt mehr als das 20fache einer Szene im APT-Format (etwa 27 Megabyte). Aufgrund dieser Datenmengen werden einzelne Szenen klassifiziert, ohne auf die zeitliche Dynamik der Bewölkung einzugehen.

Soll mit dem Ziel klimatologischer Aussagen die Bewölkung über grosse Zeiträume analysiert werden, muss zugunsten einer hohen Anzahl von Szenen auf die maximale Auflösung verzichtet werden.

### 3 Vergleich Satellitendaten – Bodenbeobachtungen

Im Vergleich zu Bodenbeobachtungen haben Satellitendaten folgende Eigenschaften:

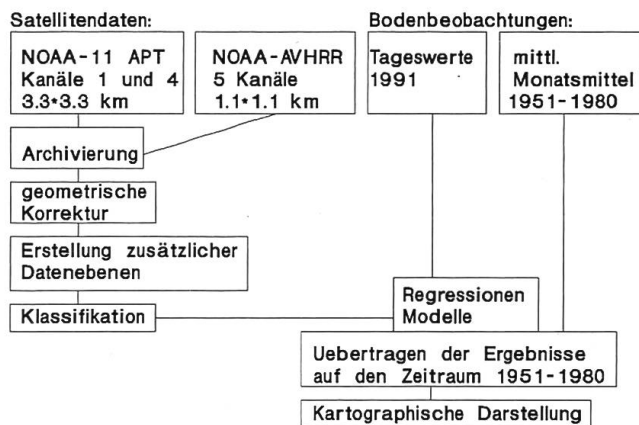
- Die Bewölkung wird nicht nur geschätzt, sondern es finden radiometrische Messungen in mehreren Kanälen statt, anhand derer auf die Bewölkung geschlossen werden kann.
- Grosse Gebiete werden gleichzeitig erfasst (NOAA-11 im APT-Format etwa 2700 x 2700 km).
- Bei Bodenbeobachtungen können sich Fehleinschätzungen des Bedeckungsgrades ergeben, weil der Beobachter durch die Zentralperspektive ein verzerrtes Bild des Himmels erhält. Diese Fehlerquelle fällt bei Satellitendaten weg.
- Es stehen nur kurze Zeitreihen von Satellitendaten zur Verfügung.
- Satellitendaten können nur mit Unterstützung von leistungsstarken Computern ausgewertet werden. Der Aufwand bei der Verarbeitung ist hoch.

### 4 Aufbereitung der Satellitendaten

Vor der Bestimmung von Bewölkungsparametern müssen die Satellitenszenen auf ein gängiges Koordinatensystem entzerrt werden. Die vom Sensor des Satelliten aufgenommenen Daten sind infolge der Flugbahn des Satelliten und infolge der Erdkrümmung von Szene zu Szene in unterschiedlicher Geometrie vorhanden. Diese Entzerrung muss für jede Szene mit Hilfe von Passpunkten durchgeführt werden. Ein Testdatensatz von 30 Szenen im sichtbaren Bereich und 30 Szenen im thermischen Infrarot (April 91) ist bereits vollständig entzerrt.

Bei der Aufnahme der NOAA-Daten wird ein Auto-Kontrast-Verfahren angewendet, was zu unterschiedlichen Kontrasten in den Szenen führt. Aus diesem Grund müssen die Szenen vor der Klassifikation mit dem Maximum-Likelihood-Klassifikator aufeinander kalibriert werden.

Abb. 1 Arbeitsschritte bei der Erstellung der Bewölkungskarten



## 5 Bewölkungsklassifikation

In Abb. 2 und Abb. 3 sind die entzerrten Originalszenen abgebildet. Der Ausschnitt reicht von Schottland im Nordwesten bis Kalabrien im Südosten. Eventuell müssen die Szenen vor der endgültigen Klassifikation wegen Einstrahlungsunterschieden auf einen kleineren Ausschnitt geschnitten werden.

Bei der Klassifikation von Satellitendaten geht man von der Überlegung aus, dass gleiche Oberflächen (z.B. Nebel oder Cirrusbewölkung) unabhängig von ihrer räumlichen Lage in einem Kanal ähnliche Grauwerte aufweisen. Von Kanal zu Kanal sind die Intensitäten jedoch je nach Oberfläche verschieden. (So zeichnen sich beispielsweise Cirren aufgrund ihrer niedrigen Temperatur durch hohe Grauwerte in Kanal 4 aus, während sie wegen ihrer Transmissivität für Strahlung im sichtbaren Bereich in Kanal 1 Grauwerte aufweisen, die sich kaum vom Hintergrund unterscheiden.) In einem n-dimensionalen Koordinatensystem (n-dimensionaler Merkmalsraum), das von den einzelnen Kanälen aufgespannt wird, können auf den Achsen die Grauwerte abgetragen werden. In diesem Raum bilden sich nun Punktwolken (Cluster) aus, die jeweils eine bestimmte Oberfläche repräsentieren. Die Aufgabe des Klassifikationsalgorithmus ist es nun, diese Cluster zu finden, und jeden Punkt im Raum (d.h. jedes Pixel der Szene) einem dieser Cluster zuzuordnen. Je stärker sich die einzelnen Oberflächen in den Kanälen unterscheiden, desto unproblematischer ist die Klassifikation.

Ein häufig verwendetes Klassifikationsverfahren ist der "Maximum-Likelihood-Klassifikator" (MLK). Dieser Klassifikationsalgorithmus ordnet jeden Punkt im Merkmalsraum derjenigen Klasse zu, zu der er mit der grössten Wahrscheinlichkeit gehört. Diese Wahrscheinlichkeiten werden über Normalverteilungen beschrieben, wobei die Parameter der Verteilungen aus der Statistik der Trainingsgebiete bestimmt werden. Trainingsgebiete sind Bereiche in der Satellitenszene, die zur Definition einer Klasse dienen und aus der Satellitenszene digitalisiert werden.

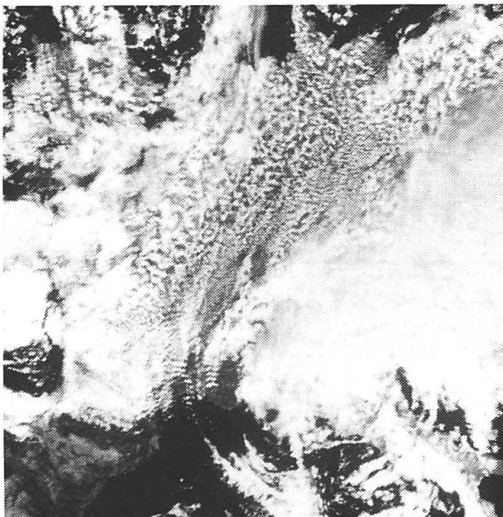


Abb. 2 NOAA-AVHRR APT-Format  
18.4.91, 14:30 MEZ, Kanal 1 (Norden  
ist oben)

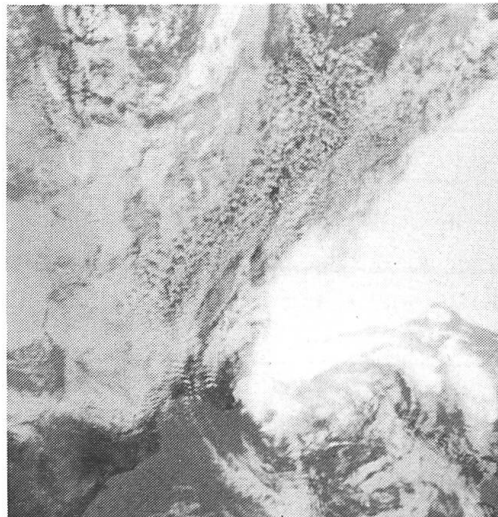


Abb. 3 NOAA-AVHRR APT-Format  
18.4.91, 14:30 MEZ, Kanal 4 (Norden  
ist oben)

Ein weiteres, bisher wenig angewendetes Verfahren stellt die Klassifikation mit Hilfe von Fuzzy Logic dar. Ein Klassifikator, der auf Fuzzy Logic basiert, wird zur Zeit am GIB/AMK programmiert und ausgetestet. Fuzzy Logic entscheidet im Vergleich zur klassischen Logik, auf der alle bisherigen Algorithmen aufbauen, nicht nur zwischen "richtig" und "falsch", sondern lässt Aussagen wie "ziemlich richtig" oder "eher falsch" zu. Das bedeutet im Fall der Klassifikation, dass nicht nur entschieden wird, ob ein Pixel zu Klasse a gehört, sondern zu welchem Grad die Aussage "Das Pixel gehört zu Klasse a." zutrifft.

## 5.1 Anwendung des Maximum-Likelihood-Klassifikators

Nach der Kalibrierung werden für die zu bestimmenden Klassen (Land- und Wasseroberflächen, Wolken mit hoher und mit geringer Intensität in Kanal 4) Trainingsgebiete aus verschiedenen Satellitenszenen digitalisiert. Dabei ist es für das Ergebnis von entscheidender Bedeutung, dass die Klassen über die Trainingsgebiete eindeutig definiert sind. Dies ist oft nicht möglich, weil in der Natur keine auf  $3.3 \times 3.3$  km spektral vollkommen homogenen Oberflächen vorkommen. So ergibt sich vor allem an Wolkenrändern und bei konvektiven Wolken mit geringer Vertikalerstreckung das Problem, dass je nach Anteil Wolke/Untergrund praktisch alle spektralen Intensitäten vorkommen (= Mischpixel). Der MLK bestimmt jedoch für jedes Pixel nur eine Klasse, der es

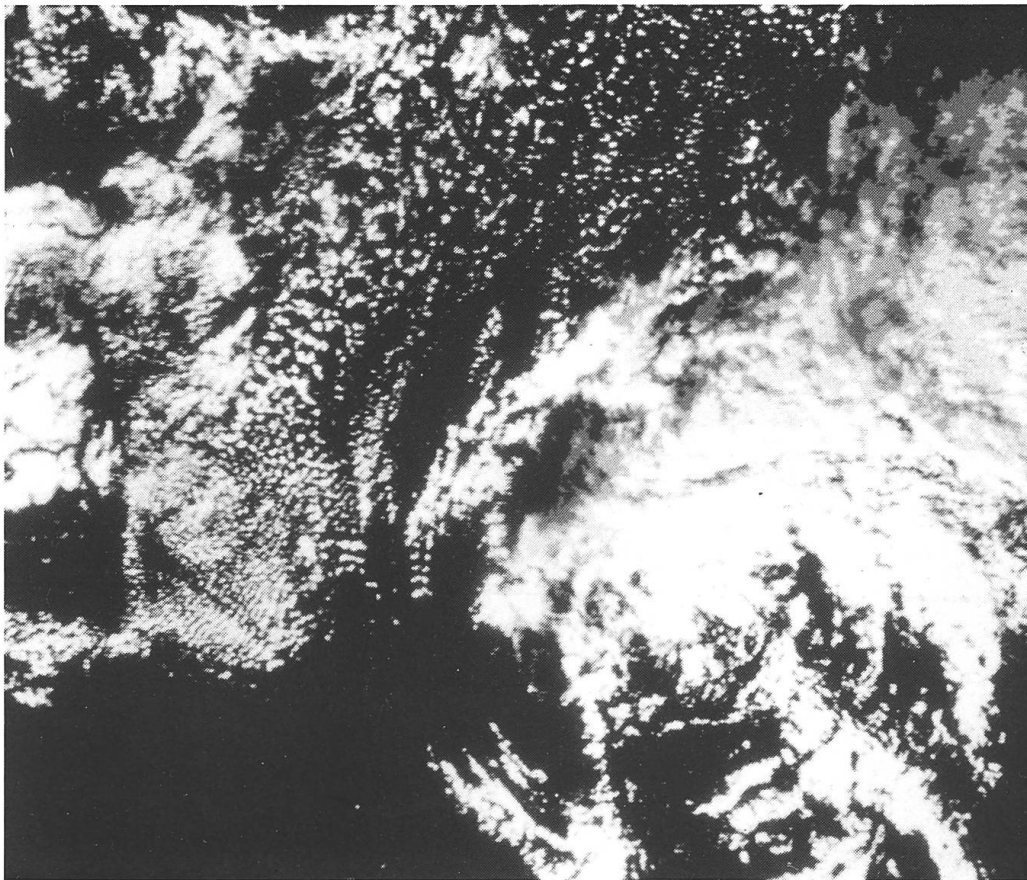


Abb. 5 Klassifikationsergebnis Fuzzy-Logic-Klassifikator: Dargestellt ist der Bedeckungsgrad von 0 % (schwarz) bis 100 % (weiss). Norden ist oben.

angehört und berücksichtigt die Mischpixel in keiner Weise. Die Qualität des Ergebnisses hängt somit von der Anzahl der Mischpixel ab. Da der Anteil an Mischpixeln sehr hoch ist, wird ein anderes Verfahren ausgetestet.

## 5.2 Klassifikation mit Fuzzy-Logic

Dieses Klassifikationsverfahren beruht auf einem Ansatz von *Blonda & Pasqua-riello* (1991, 3). Über Fuzzy-Logic-Funktionen sind sogenannte Linguistische Variablen wie high, low, and, or, not, etc. definiert. Diese Variablen erlauben es, die zu bestimmenden Klassen zu definieren, indem die Intensität im entsprechenden Kanal beschrieben wird. Das Digitalisieren von Trainingsgebieten erübrigt sich bei dieser Vorgehensweise ebenso wie das Kalibrieren jeder einzelnen Szene, weil der Klassifikator den minimalen und maximalen Grauwert jeder Szene bestimmt. Beispielsweise wird die Klasse "Cirrus" dann definiert als "very.high" in Kanal 4 und "Not.high and.not.low" in Kanal 1. Als Ergebnis liefert der Klassifikator einen Kanal zu jeder Klasse, der die Zugehörigkeit des Pixels zur Klasse ausdrückt. Diese Ergebnisse lassen sich direkt in den Bedeckungsgrad umrechnen.

## 6 Vergleich der Ergebnisse

Für die Klassifikation mit MLK wurden 5 Klassen (Wasser, Land I, Land II, Wolken I und Wolken II) unterschieden und über Trainingsgebiete statistisch beschrieben. Die Trainingsgebiete sind so gewählt, dass jedes Pixel, das Wolken beinhaltet, der Klasse Bewölkung zugeordnet wurde. Deshalb wird der Bedeckungsgrad überschätzt.

Der Fuzzy-Logic-Klassifikator erstellt für jede Klasse eine Szene mit ihrem Anteil an jedem Pixel. Addiert man diese Szenen pixelweise, so erhält man direkt den Gesamtbedeckungsgrad. Die Klasse Cirrus wurde so beschrieben, dass sie kaum in den Bedeckungsgrad eingeht. Ohne grossen Aufwand kann die Definition jeder Klasse nun über die linguistischen Variablen geändert werden. Dieser Klassifikator hat also gegenüber dem MLK ganz entscheidende Vorteile:

- Bei Pixeln, die nur teilweise von Wolken bedeckt sind, wird direkt der Bedeckungsgrad angegeben.
- Die zeitaufwendige Kalibration der Szenen fällt weg.
- Es müssen keine Trainingsgebiete digitalisiert werden.

Nach Abschluss der Optimierung des Klassifikators werden zur weiteren Verbesserung der Ergebnisse zusätzliche Datenebenen in Form von synthetischen Kanälen einbezogen. Diese sind: a) die Landnutzung, b) das digitale Geländemodell und c) der Texturparameter (zur Unterscheidung zwischen stratiformer und cumulogener Bewölkung).

## Literatur

- Arking A., Childs J.D. 1985. Retrieval of Cloud Cover Parameters from Multispectral Satellite Images. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. Boston. 24, 322-333.
- Bachmann M., Bendix J. 1991. *Fog Studies in the Alpine Region with NOAA/AVHRR*. Proceedings of the IEEE. Helsinki, 1713-1716.
- Blonda P.N., Pasquariello G. et al. 1991. An Experiment for the Interpretation of multitemporal remotely sensed Images based on a Fuzzy Logic Approach. *International Journal of Remote Sensing*. London. 12, 1431-1445.
- Franklin S.E., Peddle D.R. 1989. Spectral Texture for improved class discrimination. *International Journal of Remote Sensing*. London. 10, 1437-1444.
- Heeb M. 1985. Bewölkungskartierung über der Schweiz mit Wettersatellitenbildern und Bodenbeobachtungen. *Geographica Helvetica*. Bern. 40, 133-141.
- Hunt G.E. 1973. Radiative Properties of terrestrial clouds at visible and infrared thermal window wavelengths. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. London. 99, 346-369.
- Khazenie N., Richardson K.A. 1991. *Classification of Cloud Types based on spatial textural Measures using NOAA-AVHRR Data*. Proceedings of the IEEE. Helsinki, 1701-1704.
- Raustein E. 1989. *Use of a Clustering Method for Objective Cloud Classification and Determination of Cloud Parameters from Satellite Data*. Meteorological Report Series University of Bergen 2-1989. Bergen.

