



Die automatische Erkennung konzeptioneller Modelle in Satellitenbildern mit Methoden der Objekterkennung

Andreas Wirth ¹, Alexander Jann ², Veronika Zwatz-Meise ³

¹ *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Hohe Warte 38, A-1190 Wien*

² *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Hohe Warte 38, A-1190 Wien*

³ *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Hohe Warte 38, A-1190 Wien*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **89** (3–4), S. 142–144

2001

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Wirth_VGI_200114,
  Title = {Die automatische Erkennung konzeptioneller Modelle in
    Satellitenbildern mit Methoden der Objekterkennung},
  Author = {Wirth, Andreas and Jann, Alexander and Zwatz-Meise, Veronika},
  Journal = {VGI -- {"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessung und
    Geoinformation},
  Pages = {142--144},
  Number = {3--4},
  Year = {2001},
  Volume = {89}
}
```





Die automatische Erkennung konzeptioneller Modelle in Satellitenbildern mit Methoden der Objekterkennung

Andreas Wirth, Alexander Jann und Veronika Zwatz-Meise, Wien

Zusammenfassung

Die an der ZAMG für meteorologische Zielsetzungen adaptierten Objekterkennungsverfahren liefern dem Meteorologen ein wichtiges Hilfsmittel für den Bereich der Kurzfristprognosen. Eine Reihe von Wolkenstrukturen wie z.B. konvektive Wolkenzellen, gekrümmte Wolkenbänder, Faserstrukturen, S-förmige Wolkenränder und streifenförmige trockene Bereiche im Wasserdampfbild können automatisch erkannt werden.

Die Kombination der Information aus Satellitenbildern und von numerischen Prognosedaten bildet die Grundlage der automatischen Analyse einer Reihe von konzeptionellen Modellen. Das vorgestellte System ermöglicht die frühzeitige Erkennung von Wellenentwicklungen, der Entstehung von Gewitterzellen oder der rapiden Zyklogenese.

Abstract

Pattern recognition methods employed at ZAMG, provide a fast tool to the meteorologist in the domain of the very short range forecasting. The developed algorithms allow to automatically detect a number of image structures like cloud cells, curved cloud bands, cloud fibres, S-shaped cloud borders and water vapour structures can be detected automatically.

The combination of information from the satellite imagery and numerical model output is the basis for the automatic detection of a number of conceptual models. Early indications can be given, for instance, for wave developments, for rapidly developing thunderstorms and for rapid cyclogenesis events.

1. Einleitung

Seit dem Jahr 1997 wird an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) an einer automatischen Analyse des Satellitenbildes gearbeitet. Dieses Projekt wird im Rahmen der Nowcast-SAF (Satellite Application Facility on Nowcasting and Very Short-range Forecasting) von EUMETSAT mitfinanziert. Die notwendige Grundlagenforschung, insbesondere auf dem Gebiet der Objekterkennungsverfahren, wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur (BM:BWK) durchgeführt.

Eine manuelle Analyse des Satellitenbildes (SATREP) unter Verwendung konzeptioneller Modelle erfolgt an der ZAMG seit vielen Jahren. Konzeptionelle Modelle bilden ein wesentliches Hilfsmittel bei der Erstellung von Wettervorhersagen. Sie bestehen aus typischen Merkmalen in den Satellitenbildern und Modellparametern sowie aus einem idealisierten physikalischen Prozeß, der die wesentlichen Phasen in der Entwicklung des jeweiligen konzeptionellen Modells wiedergibt [1] [2].

Die automatische Analyse bietet den Vorteil einer wesentlichen Zeitersparnis gegenüber der manuellen Auswertung. Mit dem Start der neuen Generation meteorologischer Satelliten im Jahre

2002 wird die Produktfrequenz verdoppelt, d.h. es wird alle 15 Minuten ein neues Satellitenbild zur Verfügung gestellt. Die kontinuierlich erfolgende automatische Analyse der Wolkenstrukturen im Satellitenbild ermöglicht eine frühzeitige Erkennung von Entwicklungen und deren Verfolgung im Laufe der Zeit.

2. Verwendete Analysemethoden

Die automatische Erkennung von Wolkenkonfigurationen im IR-Satellitenbild wird für ein Gebiet, das von ca. 30°N bis 70°N und von ca. 40°W bis 40°E reicht, durchgeführt. Dieser gesamte Bereich wird in ein Raster von 100 mal 100 Gitterpunkten unterteilt.

Im ersten Schritt erfolgt die Auswertung von Helligkeit und Varianz, summarisch für alle ca. 120 (= 12 mal 10) Pixel innerhalb jeder Gittermasche. Diese erste grobe Klassifikation der Wolkenstrukturen bildet die Grundlage für die Erkennung der meisten konzeptionellen Modelle. In weiterer Folge werden „Verlagerungsvektoren“ aus den IR- und WV-Bildern ermittelt. Diese Verlagerungsvektoren geben die halbstündige Verlagerung einzelner Wolkensegmente oder Wasserdampfstrukturen wieder und werden mit Hilfe der Kreuzkorrelationsmethode ermittelt. Die Vektoren bilden das Ausgangsmaterial für weitere

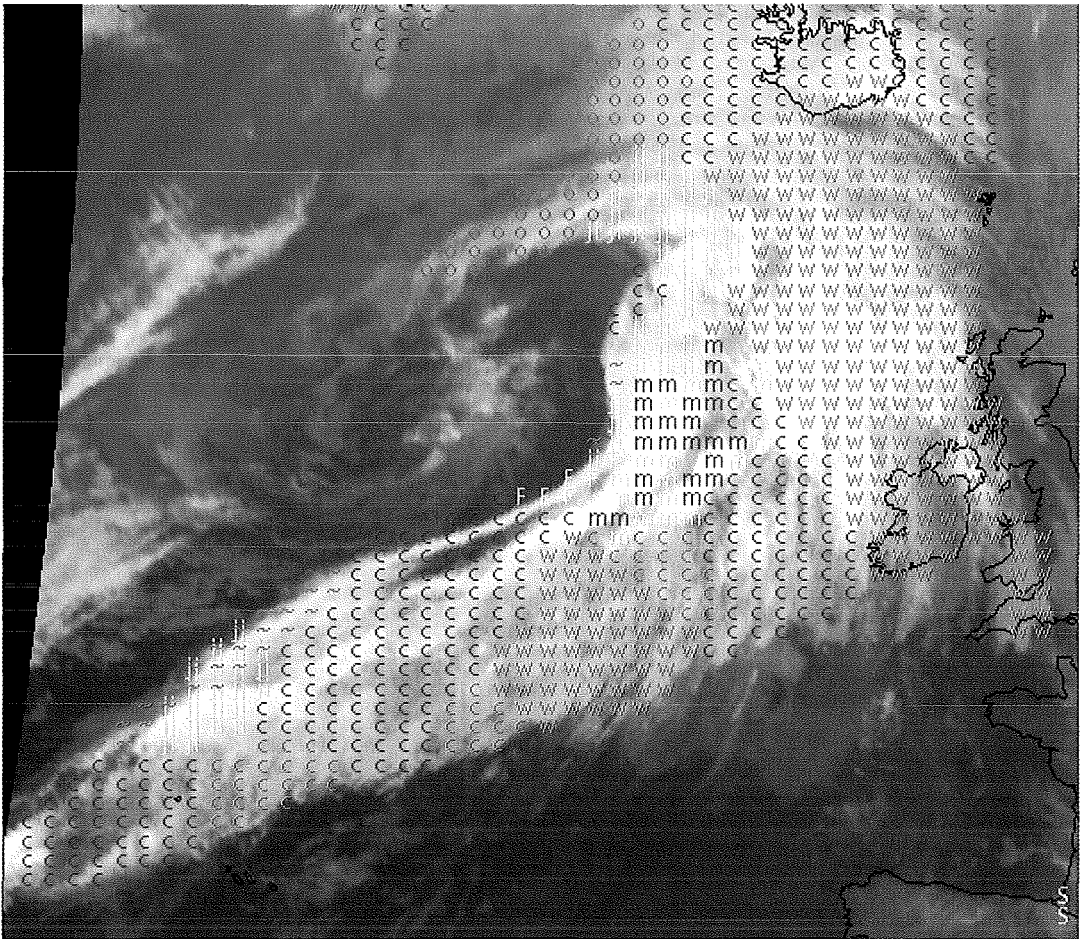


Abbildung: IR-Satellitenbild vom 18. Juni 2001, 06 UTC mit der Maske der automatischen Erkennung konzeptioneller Modelle (Satellitendaten kombiniert mit Modelldaten). Symbole laut Tabelle.

Symbol: konzeptionelles Modell:

w	Warmfront
c	Kaltfront
-/~	frontale Welle / in Entwicklung
o	Okklusion
RC	Rapide Zyklonogenese
ec	zelluläre Kaltluftbewölkung
m, cb	MCS, CB (Zerfallsstadium)
m, cb	MCS, CB (Reifestadium)
m, cb	MCS, CB (Entwicklungsstadium)
	Kommabewölkung
	Leebewölkung
	Staubewölkung
c	Kaltfront in Warmluftadvektion
~	Jet-Welle
	Frontverstärkung durch einen „Jetstreak“
	Höhentief
T	Bewölkung im Keil der rel. Topographie

Tabelle: Symbole und automatisch erkannte konzeptionellen Modelle

abgeleitete Felder wie z. B. die Vorticity oder die Divergenz. Eine weitere Anwendung der Verlagerungsvektoren bilden die sogenannten „bewegungskorrigierten Differenzbilder“. Diese erhält man indem man die einzelnen Wolkenelemente wieder an ihre Ausgangslage zurückführt. Dabei sind Richtung und Geschwindigkeit durch die Verlagerungsvektoren vorgegeben. Das zurückgerechnete Bild wird nun vom vorhergehenden Satellitenbild „abgezogen“, d.h. es wird Pixel für Pixel die Differenz gebildet. Ziel dieses Verfahrens ist es, Entwicklungen festzustellen, die abseits der rein kinematischen Verlagerung abgelaufen sind.

Da die ursprüngliche Klassifikation des Satellitenbildes mittels Rauigkeit und Helligkeit nicht ausreichend war, um eine eindeutige Unterscheidung zwischen unterschiedlichen konzeptionellen Modellen herbeizuführen wurde im Laufe der

Entwicklung der automatischen Satellitenbildanalyse auf Methoden der Objekterkennung zurückgegriffen. Im Gegensatz zur oben behandelten Klassifikation auf Gittermaschenbasis erfolgen diese Analysen unter Ausnutzung der vollen Auflösung der – in unseren Breiten ca. 7 km großen – Pixel.

So werden die für das Wasserdampfbild charakteristischen streifenförmigen trockenen Bereiche automatisch erkannt und als „keyparameter“ bei verschiedenen konzeptionellen Modellen verwendet. Von wesentlicher Bedeutung ist die Form frontaler Wolkenränder. Diese werden nach S-förmigen oder konvexen Abschnitten abgesucht um möglichst frühzeitig die Bildung frontaler Wellen zu erkennen. Objekterkennungsverfahren sind aber auch in der Lage Wolkenzellen zu erkennen. Deren charakteristische Form (rund bis elliptisch) ist im Infrarot(IR)-Satellitenbild deutlich zu erkennen, ein weiteres Merkmal sind hohe Pixelwerte [3]. Solche konvektiven Zellen weisen auf Gewittertätigkeit hin und sind insbesondere für Kurzfristprognosen von Bedeutung. Eine Kombination mit den „bewegungskorrigierten Differenzbildern“ ermöglicht darüber hinaus eine Analyse deren Entwicklungszustandes.

Zusätzlich wurden zahlreiche Methoden eingeführt um Nachbarschaftsbeziehungen zwischen einzelnen Bildelementen zu erkennen, wie z.B. die Lage des Maximums der positiven Vorticityadvektion in 300 hPa im Vergleich zur Lage des „Jetstreaks“. Diese sogenannte „left exit region“ ist ein bevorzugtes Gebiet für konvektive Entwicklungen und verdient daher ein besonderes Augenmerk der Meteorologen [4].

Gewisse Informationen, die nur aus Modelldaten gewonnen werden können, wie z.B. die

Lage eines Jetstreaks oder das Druckfeld, sind für manche konzeptionelle Modelle unerlässlich. Dazu gehören u.a. die Jet-Welle, die oben erwähnte Frontverstärkung in der linken „exit region“ eines Jetstreaks oder das Höhentief [5]. Um ein möglichst breites Spektrum an konzeptionellen Modellen zu erfassen wurden daher zwei Schienen der automatischen Satellitenbildanalyse entwickelt: Einerseits eine Auswertung basierend ausschließlich auf Satellitendaten, andererseits eine Auswertung die auch Modelldaten miteinbezieht [6]. Eine umfassende Auflistung der automatisch analysierten konzeptionellen Modelle ist in der Tabelle wiedergegeben. Die Abbildung gibt das Ergebnis einer automatischen Analyse wieder.

Referenzen

- [1] *Bader, M. J., Forbes, G. S., Grant, J. R., Lilley, R. B. E., and Waters, A. J. (Eds.) (1995): Images in weather forecasting.* Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] *COST78 (1996): Nowcasting, a survey of current knowledge, techniques and practice. Phase 1 report.* Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [3] *Csekits, C, Jann, A. and Zwatz-Meise, V.(2000): Automatic detection of convective cells – a nowcast module at the Austrian meteorological service, Proceedings to the EUMETSAT meteorological data user's conference, Bologna, Italy, May 2000, pp. 715 – 721.*
- [4] *Kidder, S. Q. and Vonder Haar (1995): Satellite meteorology: An introduction.* Academic Press, San Diego, CA.
- [5] *Winkler, R. and Zwatz-Meise, V. (1999): Manual of synoptic satellite meteorology: Conceptual models, CD-ROM.*
- [6] *Wirth, A., Jann, A. and Zwatz-Meise, V.(2000): ASII: First Results of the SAF NWC Demonstrator Experiment, Proceedings to the EUMETSAT meteorological data user's conference, Bologna, Italy, May 2000, pp. 779 – 786.*

Anschrift der Autoren

Mag. Andreas Wirth, Dr. Alexander Jann und Dr. Veronika Zwatz-Meise: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Hohe Warte 38, A-1190 Wien.
E-mail: andreas.wirth@zamg.ac.at