



Wolkenklassifikation anhand von Satellitendaten

Seminar zur planetarischen Grenzschicht

E. Reimer

10.01.2007

Betreuer: I. Langer



Gliederung

- Einleitung
- NOAA-AVHRR
- Bestimmung des Gesamtbedeckungsgrades
- Variabilität der Gesamtbedeckung
- Wolkenklassifikation
- METEOSAT
- NOAA-AVHRR und METEOSAT im Vergleich
- Niederschlag ↔ Wolkenklassifikation
- Schlussbemerkung und Ausblick
- Zusammenfassung
- Literatur



Einleitung

- einlesen der NOAA-AVHRR-Datensätze (1990-2000) und der des METEOSAT-Satelliten (1992-2000)
- Klassifikationsergebnisse
→ Wolkentyp und Bedeckungsgrad mit synoptischen Daten vergleichbar
- NOAA-AVHRR: National Oceanic and Atmospheric Administration-Advanced Very High Resolution Radiometer



NOAA-AVHRR

- Entzerren der Satelliten-Daten in eine geographische Projektion (Auflösung von 0,01 Grad)
- Sonnenstandskorrektur und Temperaturkalibrierung
- Umlaufzeiten variieren von 11 bis 15 UTC, Verschiebung zur späteren Umlaufzeit
- bidirektionale Korrektur (BRDF) (Bidirectional Reflectance Distribution Function) der Kanäle 1 und 2 (Landoberflächen hellen sich zu sehr auf, führt zu Verwechslungen)
- Bedeckungsgrad (7x7-Pixel-Umgebung), 49 bedeckte Pixel → 8 Achteln

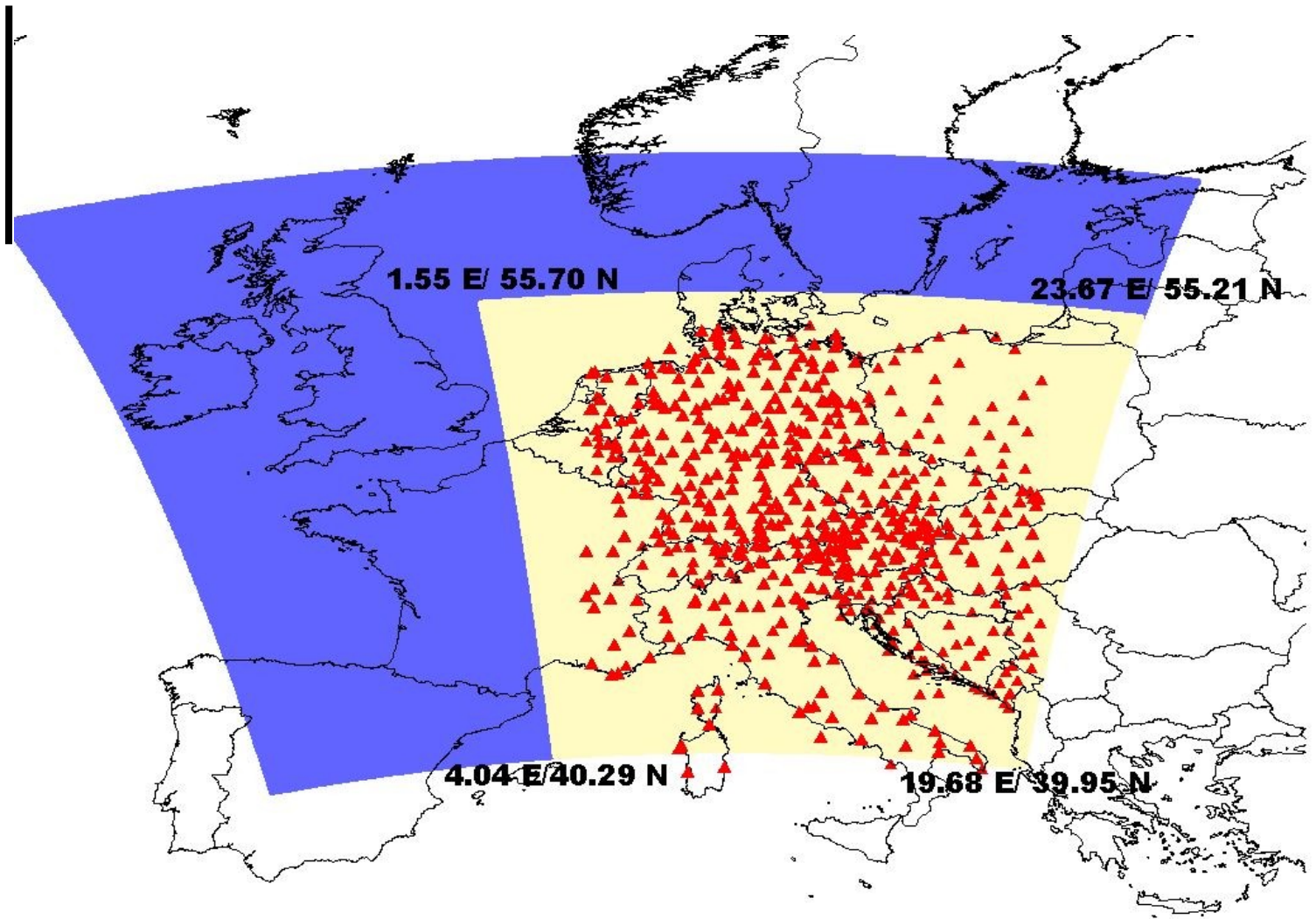
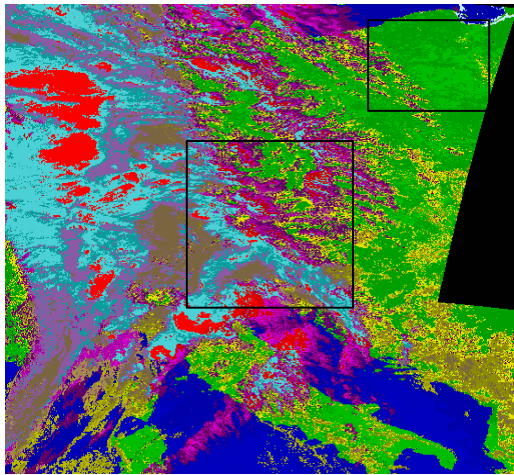
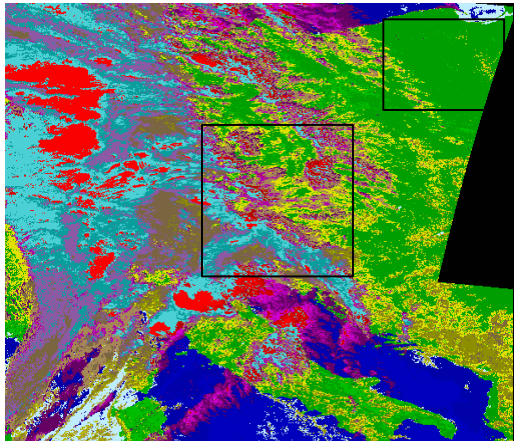


Abbildung 1. LM-Ausschnitt verkleinert, da die Satellitendaten nur für diesen Ausschnitt bearbeitet wurden.



28.08.97
- ohne
BRDF



- mit
BRDF

0 / CL / CM/ CH / Cb

BRDF-Korrektur:

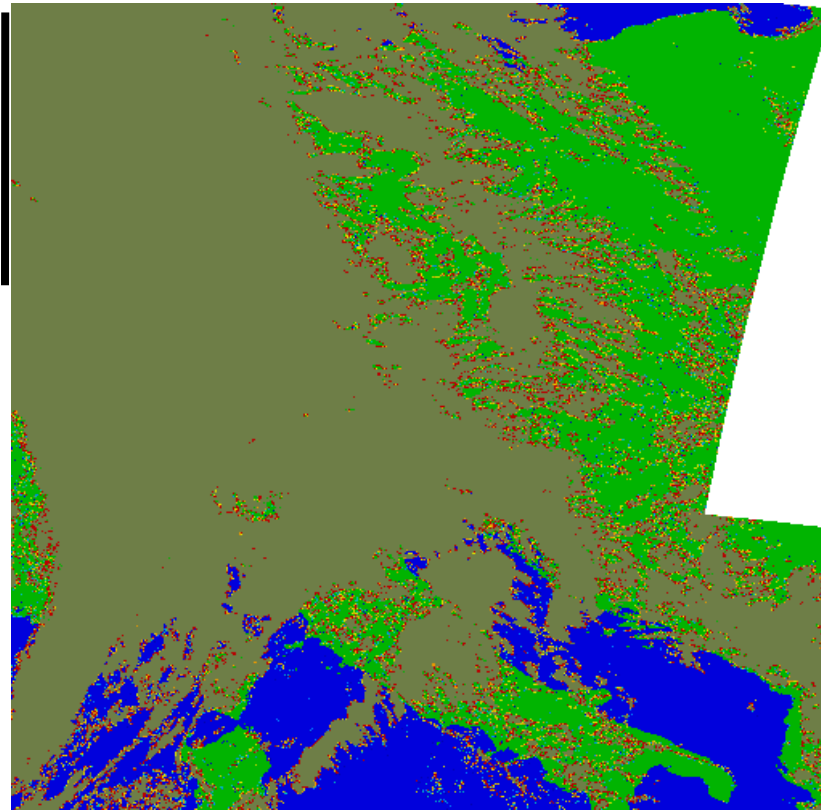
- Korrektur der bidirektionalen Reflexion (Walthall) mittels einer Funktion (Satellitenzenitdistanz, Satellitenazimut- und Sonnenazimutwinkel)

Abbildung 2.



Bestimmung des Gesamtbedeckungsgrades

- Untersuchung eines jeden Pixels (Zentralpixel) und eine bestimmte Anzahl seiner Umgebungspixel nach Anzahl der ‚wolkenfreien‘ bzw. ‚bewölkten‘ Pixel
- Anzahl der ‚bewölkten‘ Pixel \rightarrow Bestimmung des Bedeckungsgrades für das jeweilige Zentralpixel
- Umrechnung von (bewölkte‘ Pixel)/(Gesamtzahl der Pixel) in Achtel \rightarrow Satellitendaten und synoptische miteinander vergleichbar



0 4 6 8 Achtel

Abbildung 3. Beispiel eines Bedeckungsgrades aus NOAA-AVHRR-Daten vom 27.8.1997

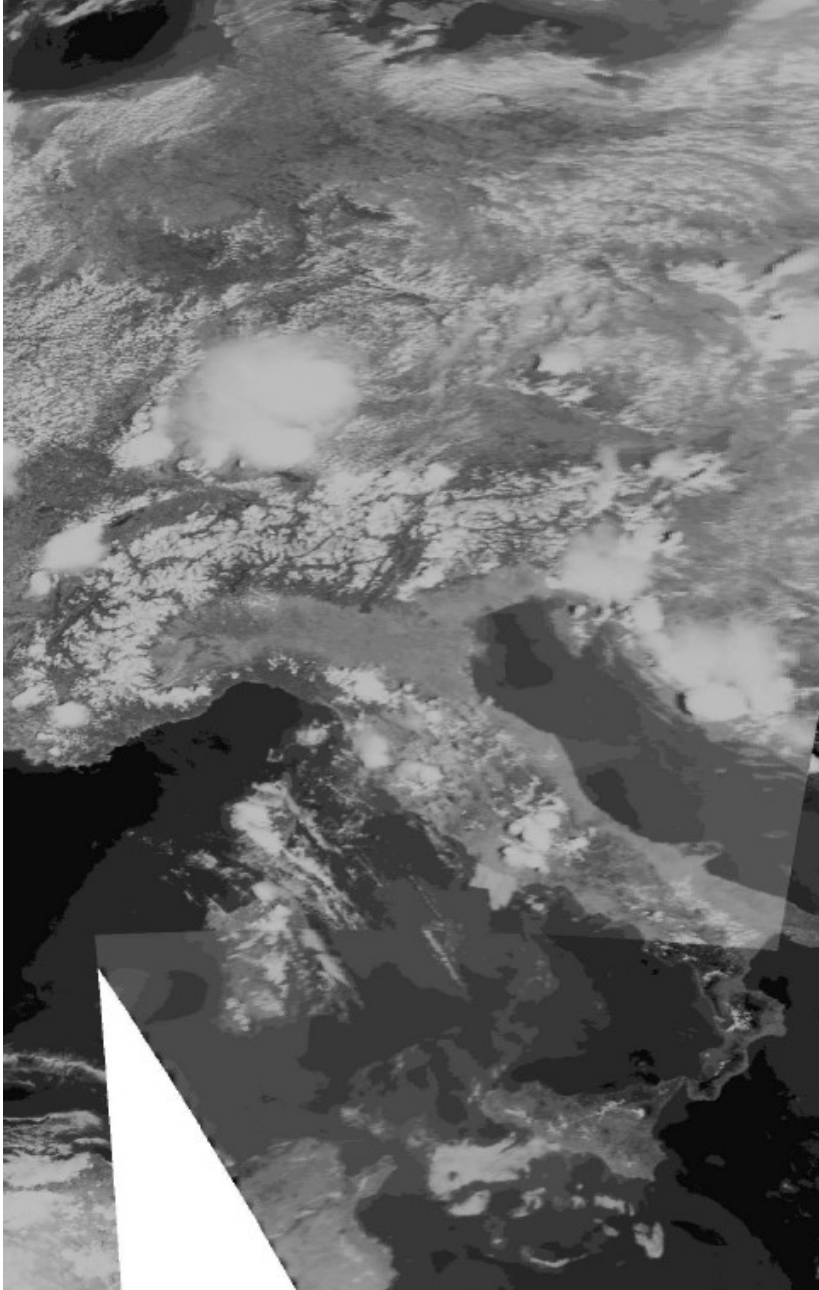


Abbildung 4. AVHRR-Aufnahme des 10. Juni 1996 im sichtbaren Kanal

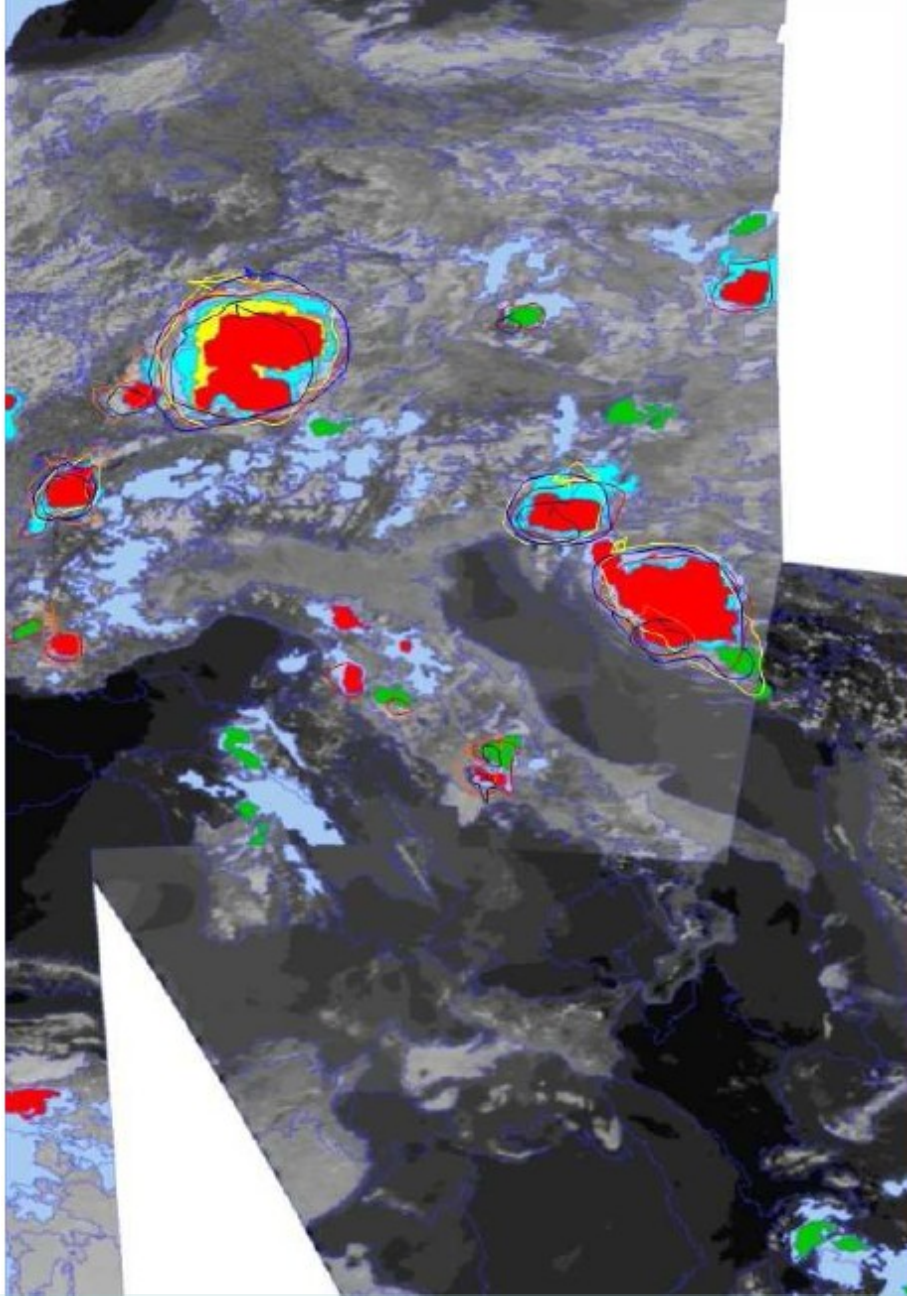


Abbildung 5. Vergleich der visuellen Analyse und der Computerklassifizierung





Variabilität der Gesamtbedeckung

- Vergleich der synoptischen Daten des Bedeckungsgrades von 12 UTC mit den Satellitendaten von NOAA um die Mittagszeit
- zu bestimmtem Bedeckungsgrad aus synoptischen Meldungen gehört eine Häufigkeit des Gesamtbedeckungsgrades der 11jährigen Reihe
- beste Übereinstimmung beim Bedeckungsgrad bei der Kombination ‚8/8 Synop- zu 8/8 NOAA-Daten‘

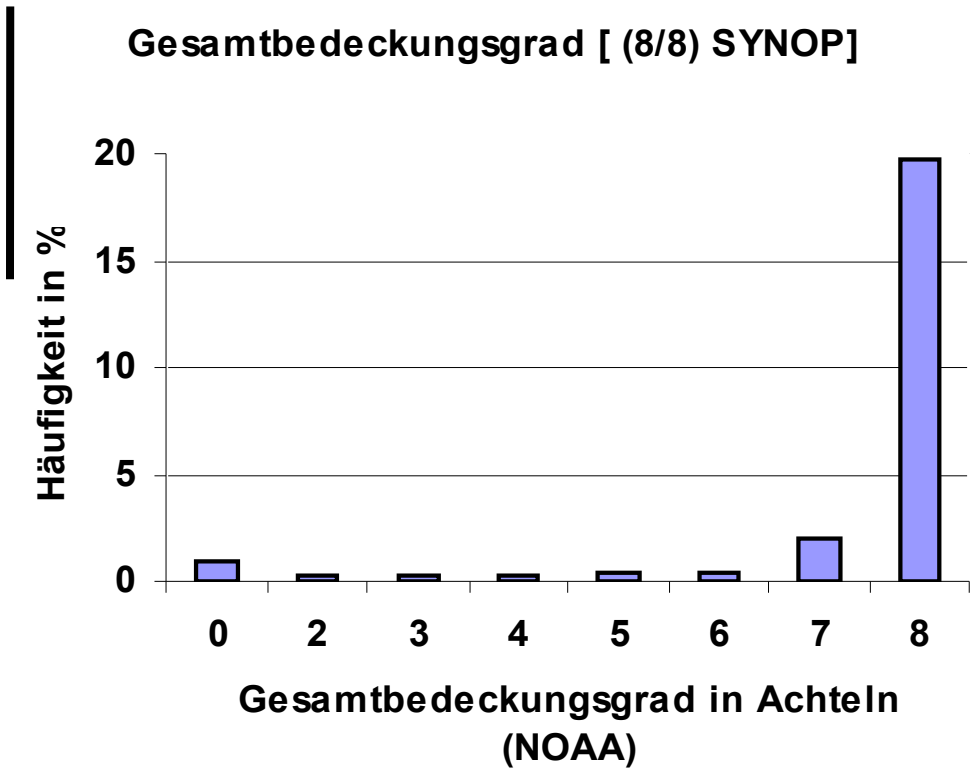


Abbildung 6. Gesamtbedeckungsgrad in Achteln im Vergleich zu synoptischen Meldungen

Abbildung 6 zeigt auf der x-Achse den Gesamtbedeckungsgrad aus NOAA-Daten als relative Häufigkeit der 11-jährigen Untersuchungsreihe für je einen bestimmten Gesamtbedeckungsgrad aus synoptischen Meldungen.

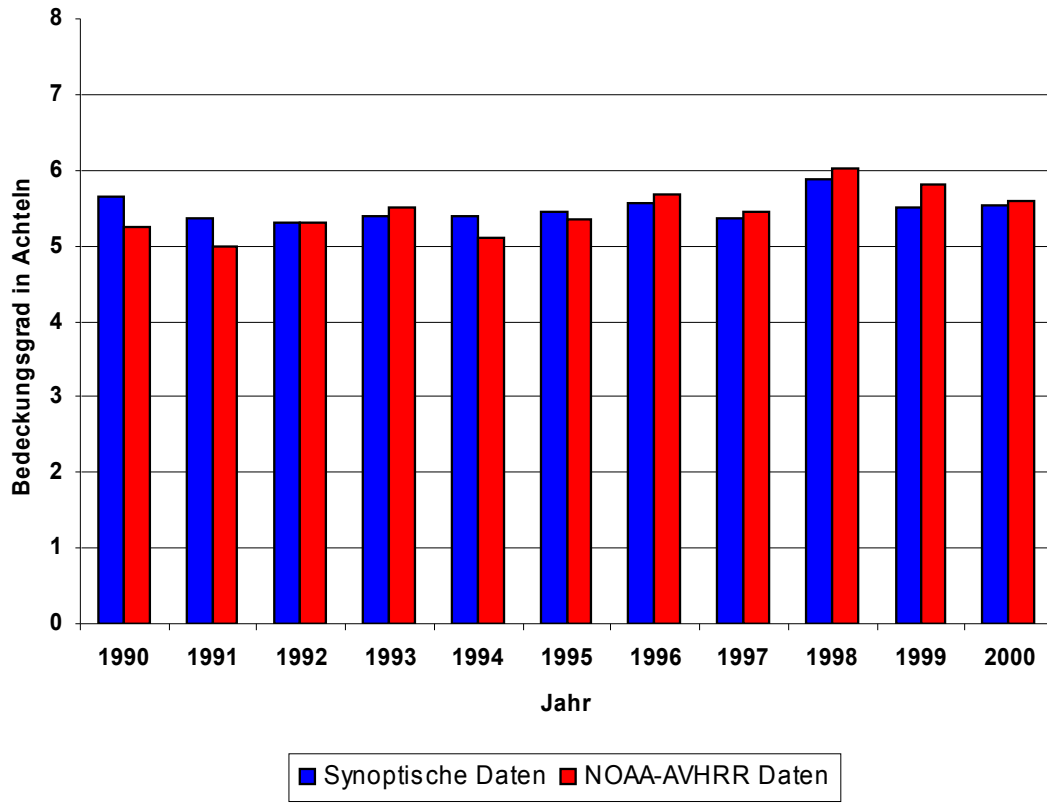


Abbildung 7. Jahresmittel des Gesamtbedeckungsgrades von Berlin-Dahlem im Vergleich der synoptischen Daten zu den Satellitendaten

Dargestellt ist der mittlere jährliche Bedeckungsgrad der Jahre 1990 bis 2000 der synoptischen Stationen von 12 UTC im Vergleich mit den NOAA-Daten gegen Mittag. Der Vergleich zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen den Satellitendaten und den Bodenbeobachtungen

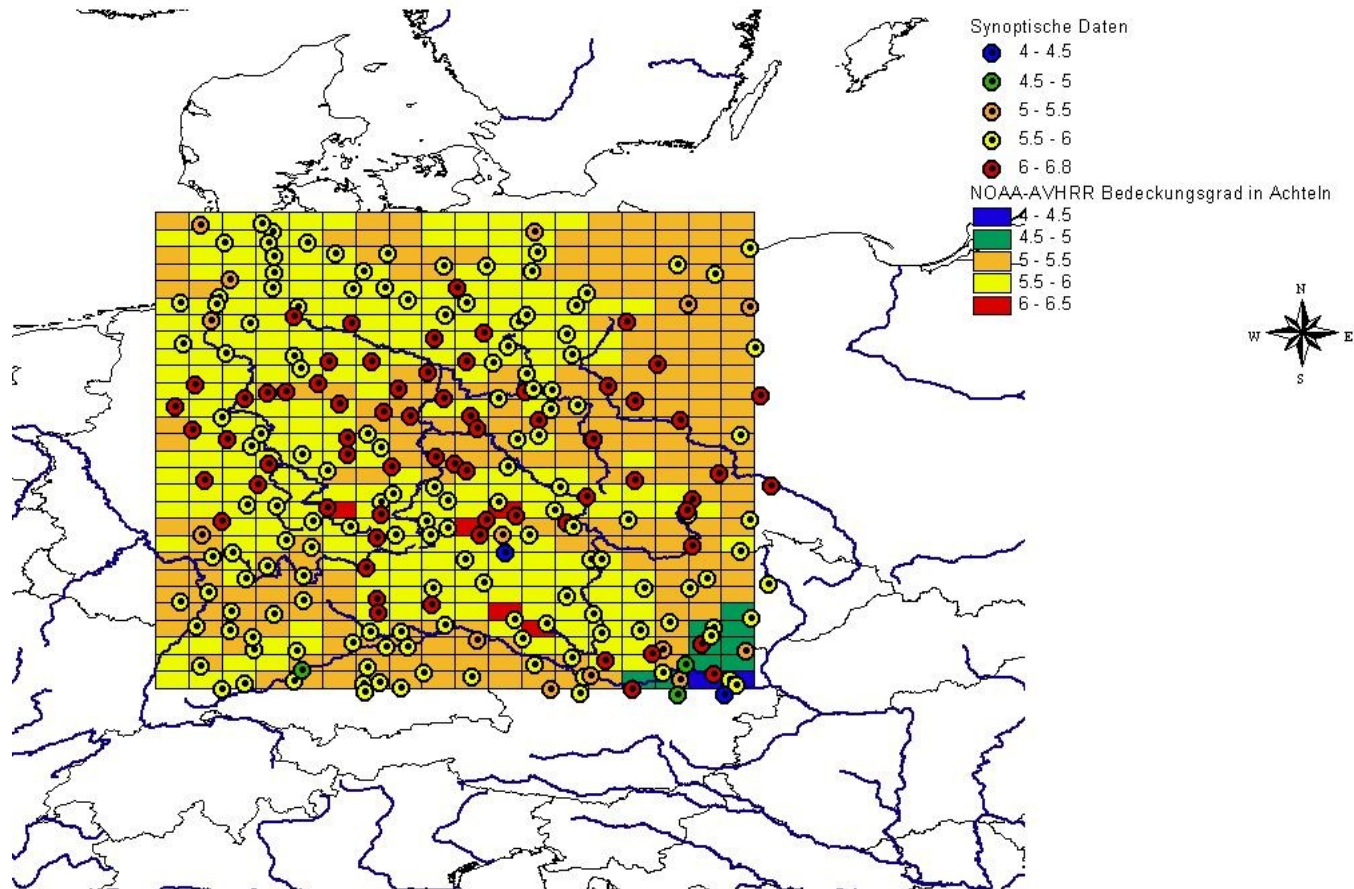
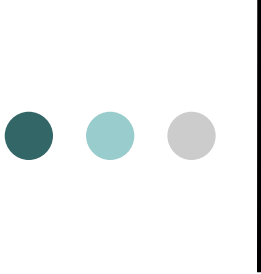


Abbildung 8. Über 25 x 50 Pixel gemittelte Daten des Bedeckungsgrades von NOAA-AVHRR im Vergleich zu den synoptischen Daten.

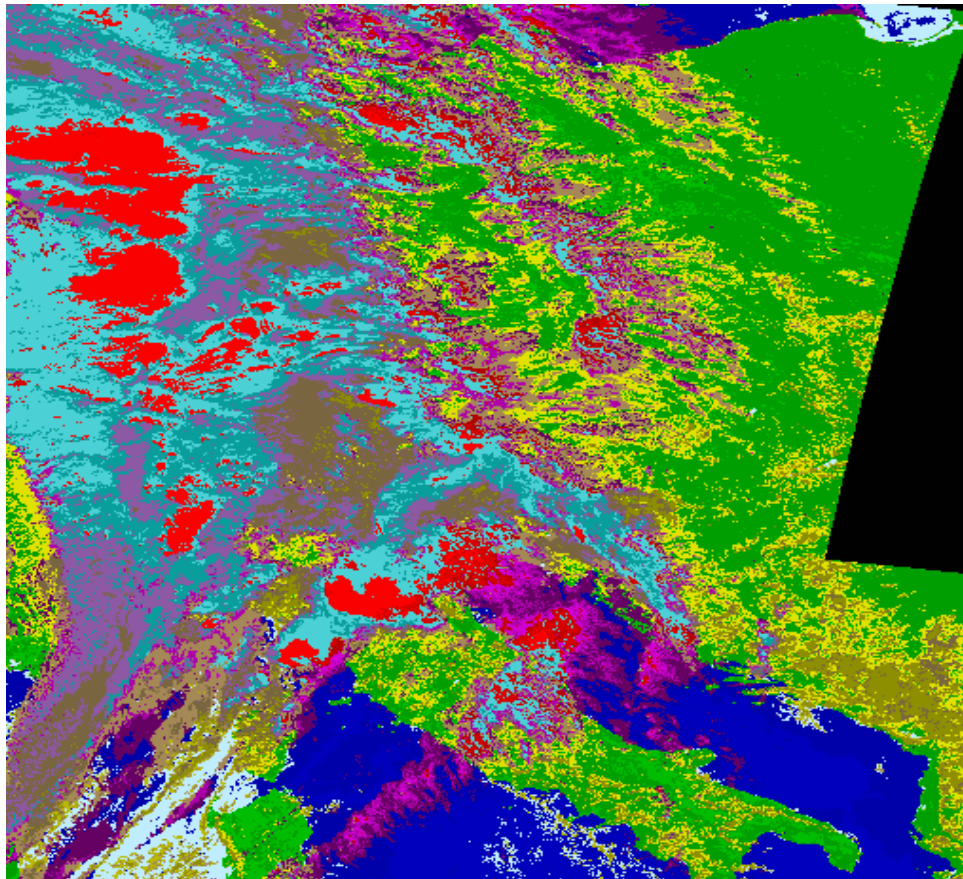


Wolkenklassifikation

- Einteilung der Wolken in Klassen: wolkenfrei, tiefe Wolken, mittelhohe Wolken, hohe Wolken, Wolken über Meer und über Land
- Berechnung von Jahresgängen der einzelnen Klassen
- Am seltensten sind wolkenfreie Pixel, gefolgt von den tiefen, den mittelhohen und zum Schluss den hohen Wolken.

- 
- c00: wolkenfrei
 - c25: wolkenfrei, aber mit Sunlint (nur über Wasser möglich)
 - c26: wolkenfrei, aber mit Schnee
 - c05: Tiefe Wolken, Sc und/oder Cu hum med / isolierte größere Konvektion
 - c06: Tiefe Wolken, stratiform / isolierte flache Konvektion
 - c08: Tiefe Wolken, Cu con / Cb cal mit oder ohne anderen Wolkenarten
 - c10: Mittelhohe Wolken, As / Ac, in einer Schicht oder in mehreren optisch dünnen Schichten
 - c12: Mittelhohe Wolken, Ac mit oder ohne anderen Wolken, in mehreren Schichten, eingelagerte Cb cal / Cb cap relativ häufig
 - c14: Sehr dünner Ci (allerdings auch ein großer Anteil St oder 'wolkenlos')
 - c15: Dünner bis mitteldichter Cirrus
 - c17: mitteldichter bis dichter Cirrus (i.A. Cirrostratus)
 - c24 Cumulonimbus

Die Klassen c01 und c02 sind reine Meerklassen und die Klassen c03 und c04 sind reine Landklassen. c07 sind dünne Wolken über dem Meer. Die Klassen c19-23 sind hohe Wolken über dem Meer. Die Klasse c09 ist die der mehrfach geschichteten tiefen Wolken und die Klasse c13 ist die der mehrfach geschichteten mittelhohen Wolken.



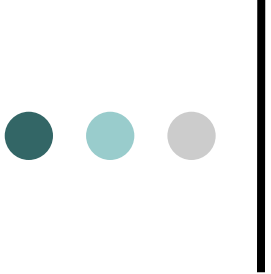
0 / CL / CM / CH / Cb

Abbildung 9. Beispiel einer Wolkenklassifikation vom 28.8.1997



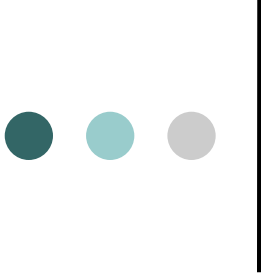
METEOSAT

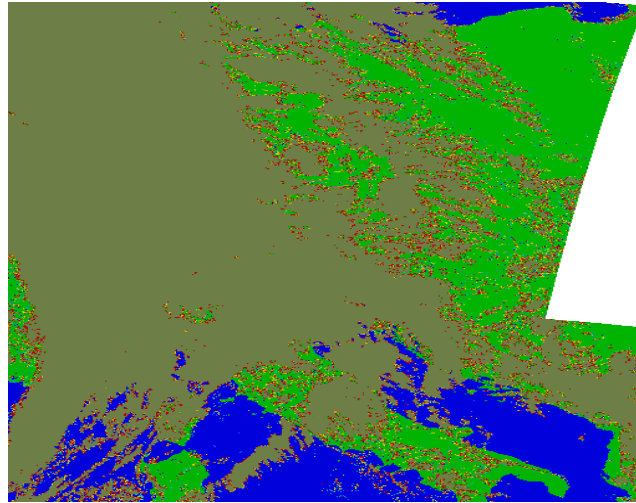
- Kanäle des sichtbaren, nahen Infrarot- ($0.5 - 0.9 \mu\text{m}$) und des thermischen Infrarot-Kanals ($10.5 - 12.5 \mu\text{m}$)
- Sonnenstandprüfung für jeden Termin
- Sonnenstandskorrektur (Entzerrung) führt bei tief stehender Sonne zu einer Überkorrektur des Grauwertes im sichtbaren Kanal
- Auf die verbliebenen Daten wurde dann eine BRDF-Korrektur analog zu NOAA angewendet.



Vergleich der Wolkenklassifikationsergebnisse von NOAA-AVHRR- und METEOSAT -Daten

- drei wesentliche Unterschiede:
- NOAA und METEOSAT haben unterschiedliche Spektralkanäle
- METEOSAT hat weder sunglint, noch ein Schneemodul
- unterschiedliche räumliche Auflösung

- 
- METEOSAT-Pixel ‚wolkenlos‘ → auch zu fast 80% bei NOAA
 - "bewölkt" klassifizierte Pixeln (Ergebnis schlechter): lockere, konvektive Bewölkung (NOAA) werden in "wolkenfreie" Pixel und Pixel mit "Cu med" aufgelöst → verschmieren beider Klassen (METEOSAT) zu ‚dünnen tiefen Wolken‘
 - hoher Anteil an "wolkenfreien" NOAA-Pixel, bei dünner Bewölkung (METEOSAT)
 - Anteil "benachbarter" Klassen (NOAA), meist größer als der der eigentlich zugehörigen Klasse
 - Meteosat-Daten tendieren dazu, Pixel in kältere (aber nicht unbedingt optisch dichtere) Klassen zu tun, als bei NOAA



- NOAA-AVHRR 28.0.97 12 UTC



Wolkenbedeckungsgrad für NOAA -
AVHRR Daten und METEOSAT Daten
erstellt

- METEOSAT 28.08.97 13:00 UTC



Abbildung 10



Niederschlag ↔ Wolkenklassifikation

- Synop-Datensätze enthalten Niederschlagsmengen in unterschiedlicher zeitlicher Auflösung
- abgesehen von Fehlklassifizierungen, treten selbst bei der ‚wolkenlosen‘ Kombination Meldungen über Niederschlag in der letzten Stunde auf; i.A. Schauer
- Wert nicht aus täglichen Niederschlagssummen, sondern aus täglichen Momentaufnahmen



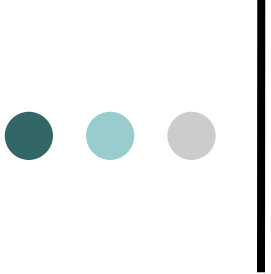
Schlussbemerkung und Ausblick

- automatische Klassifizierung → qualitativ hochwertiges Ergebnis
- konvektive Systeme werden erkannt und klassifiziert

Vorteile:

- Reproduzierbarkeit - Klassifizierungsergebnisse sind bei gleich bleibender Qualität reproduzierbar (unabhängig von Sonnenstand und Jahr)
- Gebiets- und Größenunabhängigkeit - Klassifizierungsergebnisse bei gleich bleibendem Skalenparameter weitgehend unabhängig von Größe und Position der Wolke

auch kleinere Zellen werden richtig eingestuft

- 
- Zeit - Klassifizierungsergebnis ist nach kurzer Rechenzeit verfügbar (Schema eignet sich somit für Langzeituntersuchungen)

Nachteile:

- Tiefe Wolken und Ci - Strahlungstemperatur von tiefen Wolken und Ci unterscheidet sich nicht signifikant. → Fehlklassifizierungen im Temperaturbereich (korrigierbar)
- gering bewölkte Bereiche - Gebieten mit geringer Bewölkung → weiterer Mittelungseffekt der Temperaturen (Segmente von ähnlicher Struktur und Bewölkung werden nur teilweise klassifiziert)



Zusammenfassung

- Entzerren der Satelliten-Daten → bidirektionale Korrektur → Klassifizierung der Pixel
→ Satellitendaten und synoptische Daten miteinander vergleichbar
- NOAA und METEOSAT haben drei wesentliche Unterschiede: unterschiedliche Spektralkanäle, sunglint/Schneemodul, unterschiedliche räumliche Auflösung
- bei der Flächenmittelung stimmen die synoptischen Daten mit den NOAA-Daten recht gut überein
- konvektive Systeme werden erkannt und klassifiziert, Klassifikationsergebnisse zu den Wettermeldungen in Beziehung gesetzt



Literatur

- 2003, Reimer, Statistiken von Wolkenbedeckungsgrad und -typ; validierte Wolkenklassifikation; Flächenniederschlag, Abschlußbericht ‚Globaler Wandel des Wasserkreislaufes‘ (GLOWA), FU Berlin
- <http://imk-msa.fzk.de/Publications/Theses/ChristianKoch/Wolkenklassifikation-Koch.pdf>