

SAT-KLIM: Überwachung der Wolkenbedeckung auf Basis von Satelliten- und Stationsdaten

P. Bissolli

Die Wolkenbedeckung ist eine Größe, die zum einen über die Strahlungsbilanz für das Klima von großer Bedeutung ist, zum anderen aber auch relativ gut sowohl durch Satellitenmessungen als auch durch Stationsbeobachtungen erfasst werden kann. Es war daher naheliegend, diese Klimagröße als eine der ersten in das satellitengestützte Klimaüberwachungsprogramm SAT-KLIM des Deutschen Wetterdienstes aufzunehmen. (Zum Konzept von SAT-KLIM vgl. Dittmann et al. 2004.) Dabei wurde zunächst nur die Gesamtwolkenbedeckung berücksichtigt, d.h. alle Wolkenarten und –höhen zusammen. Für SAT-KLIM waren zunächst zwei Aspekte wesentlich:

- Satelliten- und Stationsdaten sollen zu einem optimalen gemeinsamen Produkt zusammengesetzt werden.
- Es sollen monatliche Anomalien für Europa errechnet werden, nämlich die Differenz zwischen aktuellen Monatsmittelwerten und einem entsprechenden Referenzwert, in diesem Fall dem vieljährigen Mittelwert 1971-2000.

Für den Referenzdatensatz mussten also geeignete Daten gefunden werden, die für den Zeitraum 1971-2000 das Gebiet Europa möglichst flächendeckend erfassen. Satellitendaten sind in Gitterpunktauflösung flächendeckend verfügbar, allerdings erst seit den achtziger Jahren. Beispiele dafür sind der Datensatz des International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) der NASA (Schiffer und Rossow 1983) für den Zeitraum seit Juli 1983, oder auch die Europäische Wolkenklimatologie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (Meerkötter et al. 2004). Beide Datensätze wurden bereits mit Stationsdaten validiert. Die Validationsergebnisse zeigten, dass sich Satellitendaten und Stationsdaten zwar durchaus unterscheiden können (Meerkötter et al. 2004), aber im Mittel doch so gut korreliert sind, dass man sie zu einem gemeinsamen Produkt zusammensetzen kann.

Stationsdaten haben wiederum den Vorteil, dass sie in vielen Fällen als lange Zeitreihen vorliegen und damit den gesamten Referenzzeitraum 1971-2000 abdecken, allerdings liegen sie nur an den Stationen, also nur punktuell und nicht flächendeckend vor. Hier können sich Satelliten- und Stationsdaten gut ergänzen. Es existieren beim Deutschen Wetterdienst mehrere Stationsnetze, die Wolkenbeobachtungen enthalten. Dazu gehören zum einen das synoptische Stationsnetz, also die Beobachtungen an Wetterstationen, die weltweit in das globale Fernmeldenetz eingespeist werden. Zusätzlich hat der Deutsche Wetterdienst jedoch für Deutschland noch ein wesentlich dichteres nationales Netz an Klimastationen, an denen nebenamtliche Beobachter dreimal pro Tag Daten erheben. Über den Ozeanen gibt es zwar keine Stationen wie auf den Landoberflächen, jedoch liegen noch Wolkenbeobachtungen von fahrenden Handelsschiffen vor, allerdings überwiegend entlang der Hauptschiffsrouten.

Die Konstruktion eines Referenzdatensatzes

Ausgangspunkt ist der o.g. ISCCP-Datensatz. Er umfasst die Wolkenbedeckung für die gesamte Erde, wobei dann die Daten aus verschiedenen Satelliten stammen müssen. Das in SAT-KLIM betrachtete Gebiet erstreckt sich von 30 bis 80° Nord und von 60° West bis 60° Ost. Für die Breiten südlich von 60°N werden im ISCCP-Datensatz für Europa nur Daten des geostationären Satelliten Meteosat herangezogen, und zwar in 3stündigen Zeitabständen. Nördlich von 60°N werden bei ISCCP keine Meteosat-Daten verwendet, da der immer über dem Äquator stehende Meteosat nur noch flach auf die höheren Breitengrade sehen kann. Nimmt man jedoch für die Polargebiete Daten aus anderen Satelliten (in diesem Fall NOAA-AVHRR) dazu, so besteht die Gefahr einer räumlichen Inhomogenität bei 60°N. Daher wurde das Gebiet nördlich von 60°N für den Referenzdatensatz zunächst ausgeklammert, so dass derzeit nur noch Mittel- und Südeuropa übrig bleiben.

Eine weitere Besonderheit des ISCCP-Datensatzes ist es, dass die Daten nicht in voller Pixelauflösung vorliegen, sondern nur mit einer Untermenge von Pixeln im Abstand von ca. 50 km über Mitteleuropa. Außerdem liefert der Datensatz für jedes aufgelöste Pixel pro Termin noch keinen Wolkenbedeckungsgrad, sondern nur eine Aussage Wolke ja/nein. Für viele klimatologische Anwendungen eignet sich auch ein Breitengrad/Längengrad-Gitter besser als ein Pixel-Gitter (die Pixel verändern mit der Entfernung vom Satelliten ihre Größe). Die Pixel-Daten wurden also für jeden 3-stündigen Termin auf ein 0,25°-Gitter transformiert; falls an einem Gitterpunkt keine Daten vorliegen, wurde eine räumliche Interpolation durchgeführt. Anschließend wurde für jeden Gitterpunkt und für jeden der 12 Monate ein vieljähriger Monatsmittelwert über den Zeitraum 1984-2000 berechnet. Auffällig falsche Daten wurden dabei vorher entfernt.

Die Stations- und Schiffsdaten wurden anschließend ebenfalls auf das 0,25°-Gitter transformiert und gemittelt (hier über den kompletten Zeitraum 1971-2000), wobei aber hier über die freien Gitterpunkte nicht interpoliert wurde. Stattdessen wurde für jeden besetzten Stations- (bzw. Schiffs-)gitterpunkt die Differenz zwischen Stations- und Satellitenwert berechnet und über die Differenzwerte interpoliert. Das interpolierte Differenzfeld wurde dann wieder zum Satellitenfeld addiert. Man erhält damit schließlich einen neuen Referenzdatensatz, der an den mit Stationen besetzten Gitterpunkten genau das Stationsmittel enthält, während die Werte an den übrigen Punkten durch die räumliche Variabilität der Satellitendaten bestimmt sind, die aber an die in der Nähe liegenden Stationswerte angeglichen wird. Mehr Details zu diesem Verfahren werden von Bissolli et al. (2003) beschrieben.

Aktuelle Monatsmittelwerte

Für aktuelle Monatsmittelwerte liegen noch weitere satellitengestützte Datensätze vor. Derzeit wird für SAT-KLIM hierzu das sogenannte „Satellitenwetter“ nach Rose now et al. (2001) verwendet. Auch dieser Datensatz kombiniert Meteosat-Satellitendaten mit Stationsbeobachtungen, allerdings nach einem anderen Verfahren. Für die Zukunft werden auch Daten aus dem CM-SAF vorliegen (Karlsson 2004). Die aktuellen Monatsmittel müssen ebenfalls auf das 0,25°-Gitter transformiert werden, damit die Anomalien berechnet werden können.

Ergebnisse

Die Ergebnisse sind Karten der aktuellen Monatsmittelwerte, der Referenzdaten und der Anomalien, die in nächster Zeit auch operationell jeden Monat über die Internetseiten des Deutschen Wetterdienstes verbreitet werden. Abb. 1 zeigt dazu ein Beispiel.

Die Absolutwerte für Oktober 2004 zeigen einen deutlichen räumlichen Gradienten von Süd nach Nord mit einem nahezu wolkenlosen östlichen Mittelmeerraum, während nahe dem 70. Breitengrad über dem Atlantik offenbar fast durchgehend starke bis geschlossene Bewölkung anzutreffen ist. Die Anomaliekarte verdeutlicht aber, dass in dem Monat über dem größten Teil Mitteleuropas die Bewölkung weitgehend dem vieljährigen Mittel entsprach, während im Mittelmeerraum und über dem Atlantik nach diesem Ergebnis die Wolkenbedeckung etwas geringer war als im Mittel. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass über den Ozeanen die Daten überwiegend auf den Satellitendaten basieren, die ja hier mit unterschiedlichen Verfahren ermittelt worden sind, so dass die Ergebnisse über dem Wasser mit gewisser Vorsicht interpretiert werden müssen. Eine operationelle regelmäßige Validierung über Land und See, d.h. ein Vergleich zwischen Satellit und Station, und soweit vorhanden auch zwischen verschiedenen Satellitenprodukten soll helfen, diese Unsicherheiten zu quantifizieren und ggf. zu korrigieren.

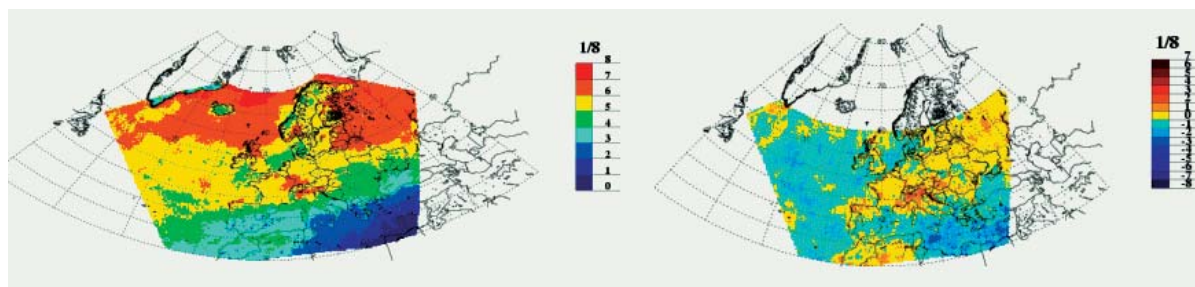


Abb. 1 Links: Monatsmittel der Wolkenbedeckung über Europa und dem Nordatlantik für Oktober 2004 auf der Basis des Satellitenwetters nach Rosenow et al. (2001). Rechts: Anomalien vom Referenzzeitraum 1971-2000.

Literatur

- Bissolli, P., Drohm, C., Maier, U. (2003): Erstellung einer Wolken-Referenzklimatologie über Mitteleuropa aus Satellitendaten (ISCCP-DX) und bodengestützten Beobachtungen - (622KB). DWD-interner Bericht.
- Dittmann, E., Nitsche H., Bissolli, P. (2004): SAT-KLIM: Das satellitengestützte Klimaüberwachungssystem des Deutschen Wetterdienstes. In diesem Band.
- Karlsson, G. (2004): CM-SAF: Clouds. In diesem Band.
- Meerkötter R., Bissolli P., Gesell G. (2004): Eine 15jährige Wolkenklimatologie für Europa aus NOAA/AVHRR Daten im Vergleich u Bodenbeobachtungen. In diesem Band.
- Rosenow, W., Güldner, J., Spänkuch, D. (2001): The "Satellite Weather" of the German Weather Service – an assimilation procedure with a spectral component. - Proceedings of the 2001 EUMETSAT Met. Data User's Conf., EUMETSAT Publ. EUM P 33, 541-545.
- Schiffer, R. A., W. B. Rossow (1983): The international satellite cloud climatology project (ISCCP): the first project of the World Climate Research Programme, Bull. Am. Met. Soc., 64, No. 7, 779-784.