

## Nubiscope - ein neues Messgerät für die Wolkendokumentation

Uwe Feister

Wolken sind sichtbare, in der Luft schwebende Anhäufungen von Wassertröpfchen und/oder Eiskristallen (Hydrometeore), die den Erdboden nicht berühren. Zu den Wolken zählen auch Kondensstreifen, wenn sie länger als 15 Minuten sichtbar bleiben. Wolken lassen Rückschlüsse auf Struktur, Schichtung und Bewegung in der Atmosphäre zu. Durch ihre Menge, Verteilung und optischen Eigenschaften beeinflussen sie den Strahlungshaushalt der Atmosphäre und Erdoberfläche, und somit Wetter und Klima. Sie streuen kurzwellige Solarstrahlung entsprechend ihrer optischen Eigenschaften, und emittieren langwellige Strahlung entsprechend ihrer Temperatur. Der Einfluss der Wolken auf die Strahlung an der Erdoberfläche wird erkennbar, wenn man Strahldichten, also aus jedem Raumwinkel des oberen Halbraums zur Erdoberfläche im kurzweligen Solarstrahlungsbereich gestreute oder im langwelligen Bereich emittierte Strahlung des bewölkten Himmels mit denen des unbewölkten Himmels vergleicht. Im kurzweligen Solarstrahlungsbereich können optisch sehr dicke Wolken, welche die Sonne verdecken, die Globalbestrahlungsstärke und Globalbeleuchtungsstärke (des gesamten Himmels) an der Erdoberfläche durch Rückstreuung bis auf wenige Prozent des wolkenlosen Falls verringern. Andererseits können Wolken in bestimmter Position zur Sonne durch Streuung der Solarstrahlung in Richtung Erdoberfläche die Strahldichte eines Raumwinkelbereichs so weit erhöhen, dass Globalbestrahlungsstärke und Globalbeleuchtungsstärke an der Erdoberfläche größer als die des wolkenlosen Himmels sind. Im langwelligen Spektralbereich verringern Wolken den durch Ausstrahlung in den Weltraum bedingten Wärmeverlust um so mehr, je kälter (höher) und optisch dicker sie sind (Longwave Cloud Radiative Forcing). Kurzfrist- und Kürzestfristvorhersagen der Bewölkung gewinnen zunehmende Bedeutung für Solarenergienutzer und für die Erhaltung der Gesundheit (Helligkeit, UV-Strahlung).



Wolkeneigenschaften werden unter anderem durch geometrische, optische, radiometrische und mikro-physikalische Parameter beschrieben. Einer der in Wetter- und Klimabeobachtungen weltweit seit Jahrzehnten genutzten Wolkenparameter ist der Bedeckungsgrad, der als Anteil des durch Wolken bedeckten Himmels zum Zeitpunkt der Beobachtung als Augenblickswert definiert ist und in der 9-stufigen Okta-Skala (Achtel) angegeben wird. Die Notwendigkeit der Automatisierung von Wetterbeobachtungen hat in den letzten Jahren dazu geführt, an Wetterstationen vertikal sondierende Laser-Ceilometer wie LD-40 und in neuerer Zeit Geräte des Typs CHM 15k einzusetzen. Aus Laufzeit und Stärke des rückgestreuten Ceilometersignals werden Wolkenuntergrenzen in mehreren Höhenbereichen bestimmt und Information über das atmosphärische Aerosol abgeleitet. Ein Automatischer Wolkenalgorithmus (AWO) leitet aus zeitlich gemittelten Ceilometersignalen Gesamtbedeckungsgrad und Teilbedeckungsgrade für einen Mittelungszeitraum ab.

Abbildung 1: Nubiscope

Ein neues Messgerät mit dem Namen *Nubiscope* (nach dem lateinischen *Nubes* = Wolke, *scope-re* = untersuchen) ist seit Januar 2010 in Lindenberg im Einsatz (Abb.1). Das von den Frankfurter

Wissenschaftlern Dipl.-Met. Hans Moeller und Dr. Theo Sattler entwickelte Gerät besteht aus zwei, in jeweils einem Tubus untergebrachten Pyrometern, welche die von der Luft und den Wolken entsprechend ihrer Temperatur im Infrarot (IR) emittierte Strahlung mit 3° Öffnungswinkel im Wellenlängenbereich von 8 – 14  $\mu\text{m}$  erfassen ( $1 \mu\text{m}=10^{-6} \text{ m}$ ). In diesem Spektralbereich absorbieren atmosphärische Gase wenig Wärmestrahlung („langwelliges Fenster“). Mittels eines Schwenk-Neigekopfes scannen die um 90° fest gegeneinander geneigten Pyrometer in Azimut- und Zenitrichtung den gesamten oberen Halbraum. Die Scandauer von rund 3.5 Minuten und die schnelle Scanwiederholung im Abstand von 5 Minuten ermöglichen es, die räumliche Verteilung der Strahlungstemperatur in guter zeitlicher Auflösung rund um die Uhr zu erfassen. Ein Wolkenbestimmungsalgorithmus leitet nach jedem Scan aus den 1080 einzelnen Strahlungstemperaturmesswerten den Gesamtbedeckungsgrad und durch Zuordnung der Strahlungstemperatur zur Höhe die Teilbedeckungsgrade in drei Höhenschichten und die Höhen der Haupt-Wolkenuntergrenzen ab. Die Zuordnung der Wolkenbasistemperatur zur Höhe erfolgt mittels Algorithmen, die in Abhängigkeit von Temperatur und Wettersituation angepasste vertikale Temperaturgradienten verwenden. Alle Messergebnisse werden auf einer internen Speicherkarte gespeichert und können automatisch auf einen PC übertragen und visualisiert werden. Der Erfassungswinkel von 180° entspricht dem Gesichtsfeld des Wetterbeobachters. Trotz der im Vergleich zu Sky Imagern geringeren räumlichen Auflösung können die Bedeckungsgrade aus Nubiscope-Messungen als Wolkenanteile (cloud fractions) in Prozent und somit in feinerer Skalierung als die vom Wolkenbeobachter in Okta geschätzten Bedeckungsgrade angegeben werden. Kondensstreifen können allerdings nicht detektiert werden. Darüber hinaus dokumentiert der Himmelsscanner wie generell auch Sky Imager die Verteilung der Wolken am Himmel, und ordnet sie Wolkenmustern zu. Der Wolkenbestimmungsalgorithmus kommt ohne Hilfsinformationen aus, beispielsweise ohne den für andere IR-Methoden benötigten aktuellen Säulengehalt des

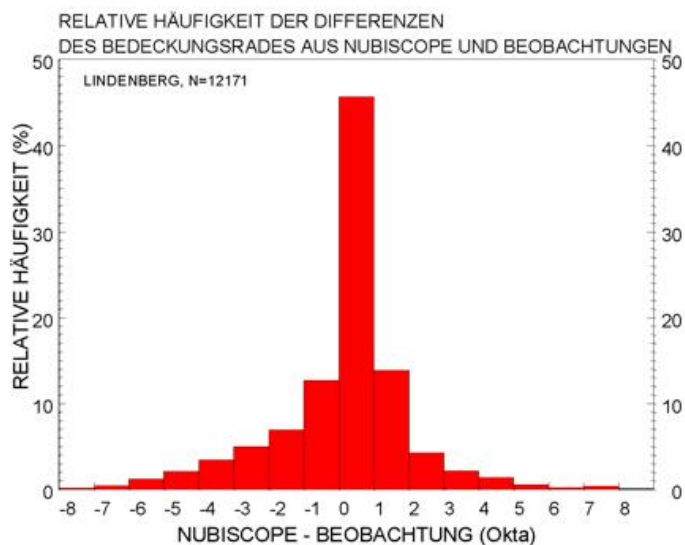


Abbildung 2: Relative Häufigkeiten der Differenzen des Bedeckungsgrades aus Nubiscope-Messungen und Beobachtungen

atmosphärischen Wasserdampfes. Aufgrund des großen Gesichtsfeldes können schnelle Änderungen der Bewölkung, wie sie bei größeren Windgeschwindigkeiten auftreten können (z.B. nahender Wolkenaufzug) und quasi-stationär in einiger Entfernung zum Beobachtungsort sich vertikal auftürmende Kumulus-Wolken, rechtzeitig erkannt werden. Tests und Vergleichsmessungen eines Vorgängermodells (Mono-Nubiscope) mit Wolkenbeobachtungen und mit dem seit 2003 in Lindenberg eingesetzten DAY VIS/NIR Whole Sky Imager (WSI), der diffuse Strahldichten mit hoher räumlicher Auflösung (980 x 980 Bildpunkte) in verschiedenen Spektralbereichen des sichtbaren und nahen Infrarot misst,

hatten in mehr als 50% der Fälle Unterschiede zwischen den aus Nubiscope- und WSI-Messungen bestimmten Wolkenanteilen von weniger als  $\pm 5 \%$  ergeben. Rund  $\frac{3}{4}$  aller Differenzen lagen unter  $\pm 15\%$  (rund 1 Okta). Der Vergleich zwischen Bedeckungsgraden des Lindenerger Duo-Nubiscopes und Wolkenbeobachtungen zeigt, dass sich die Differenzen in 72 % der Fälle um nicht mehr als  $\pm 1$  Okta unterscheiden (Abb.2); bei den Differenzen zwischen den vom Nubiscope und WSI bestimmten Bedeckungsgraden sind es 79 %. Zu den in Aussicht gestellten, weiteren Verbesserungen des Nubiscope-Wolkenalgorithmus gehört unter anderem die zusätzliche Ausgabe der räumlichen Verteilung der Strahlungstemperatur im oberen Halbraum.