

Bestimmung der Wolkenhöhe mittels Pyrgeometer

Lehrexkursion 2016 - Wolkenfernerkundung

20. Mai 2016

Hintergrund

Bestimmung
der
Wolkenhöhe
mittels
Pyrgometer

Lehrexkursion
2016 -
Wolkenferner-
kundung

Hintergrund

Pyrgometer

Konzept

Strahlungs-
transfer

Ergebnisse

- Bewölkung erhöht die langwellige Einstrahlung
- Die Strahlungsintensität hängt von der Temperatur des emittierenden Körpers ab

$$I \propto T$$

- Strahlungsmessungen enthalten Informationen über die Wolkentemperatur und ermöglichen so Rückschlüsse auf die Wolkenhöhe



Abbildung 1 : Pyrgometer

Pyrgeometer

Bestimmung
der
Wolkenhöhe
mittels
Pyrgeometer

Lehrexkursion
2016 -
Wolkenferner-
kundung

Hintergrund
Pyrgeometer

Konzept

Strahlungstransfer

Ergebnisse

- Messung der atmosphärischen Gegenstrahlung $L \downarrow$ (5 bis 50 μm)
- Schwarze Sensoroberfläche mit Abschirmung der kurzwelligen Einstrahlung
- Langwellige Nettostrahlung wird durch Wärmeleitung in einer Thermosäule ausgeglichen

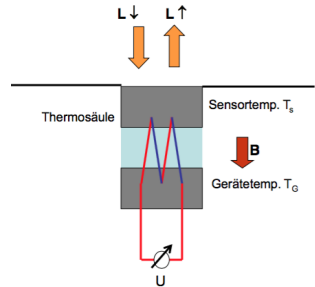


Abbildung 2 : Aufbau

Pyrgeometerformel

$$L \downarrow = \lambda(T_S - T_G) + \sigma T_G^4 \approx cU + \sigma T_G^4$$

- Berechnung der Wolkentemperatur aus den Strahlungsmessungen des Pyrgeometers
- Zuordnung der Wolkentemperatur zu einer Höhe
 - adiabatische Abnahme der Temperatur ausgehend von der Bodentemperatur T_s
 - Standardatmosphäre mit angepasster T_s
 - Radiosondenaufstieg

Opazität

Bestimmung
der
Wolkenhöhe
mittels
Pyrgometer

Lehrexkursion
2016 -
Wolkenferner-
kundung

Hintergrund
Pyrgometer

Konzept

Strahlungs-
transfer

Ergebnisse

- Großteil der gemessenen Strahlung entstammt der bodennahen Atmosphäre
- Optisches Fenster zwischen 20-40 THz erlaubt Blick in höhere Atmosphärenschichten

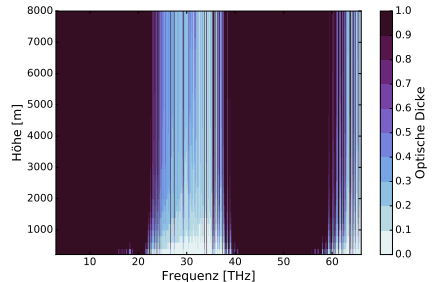


Abbildung 3 : Opazität in
Abhängigkeit von Frequenz und Höhe.

Radianzspektrum

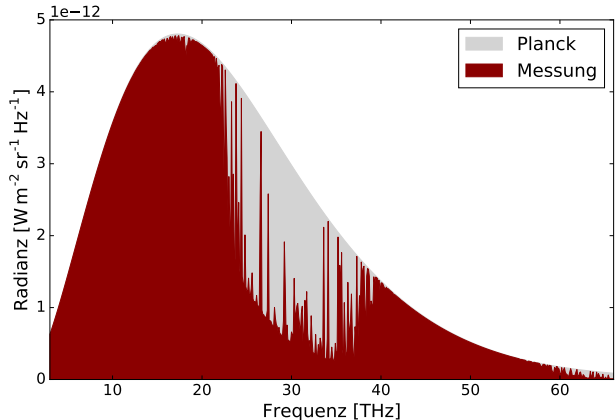


Abbildung 4 : Radianz in Abhängigkeit der Frequenz.

Abschätzung der CLB

Bestimmung
der
Wolkenhöhe
mittels
Pyrgeometer

Lehrexkursion
2016 -
Wolkenferner-
kundung

Hintergrund

Pyrgeometer

Konzept

Strahlungs-
transfer

Ergebnisse

- Differenz der gemessenen LWR und der LWR der bodennahen Atmosphäre ist die entscheidende Größe

$$\Delta LWR = LWR - \int B_v(\nu, T_s) d\nu$$

- Die Differenz der Helligkeitstemperaturen gibt anschaulich an, wie viel Kelvin das optische Fenster kälter ist als die Temperatur am Boden
- Umrechnung in eine Höhe mittels Temperaturgradienten γ

$$CLB_{est} = \frac{\Delta T_{LWR}}{\gamma}$$

Ergebnisse

- CLB_{est} im wolkenfreien Fall gibt eine Abschätzung der maximalen Detektionshöhe

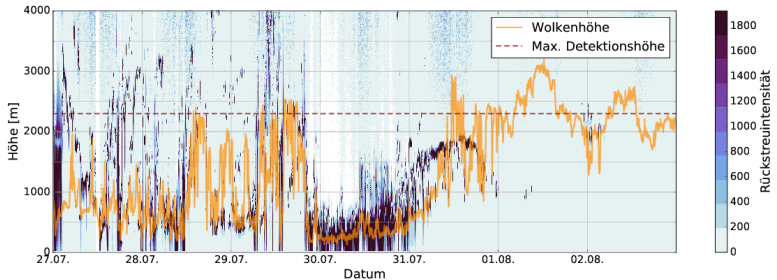


Abbildung 5 : Zeitreihe der berechneten Wolkenhöhe sowie der Ceilometer-Rückstreuung.

- Messungen der langwelligen Gegenstrahlung und der bodennahen Temperatur (2 m) ermöglichen eine Abschätzung der Höhe tiefer Bewölkung
- Die maximale Detektionshöhe hängt stark vom Atmosphärenzustand ab und liegt zwischen 2300 und 3500 m
- Variabilität des vertikalen Temperaturgradienten kann die Ergebnisse verschlechtern

- Verbesserung des vertikalen Temperaturgradienten über Einbeziehung der Bodenfeuchte
- Einschränkung des Pyrgeometer-Blickwinkels (Metallrohr) zur besseren Vergleichbarkeit mit Ceilometermessungen
- Wolkenfreie Messungen bieten Informationen über den Wasserdampfgehalt der Atmosphäre. Eine Regression von Strahlungstransfersimulationen verschiedener Atmosphären bietet die Möglichkeit einer Abschätzung der Wasserdampfsäule