

# LEX 2016: Einfache Messmethoden zur Bestimmung von Wolkenhöhe und Wasserdampfsäule



Lukas Kluft, Timorsha Rafiq-Dost

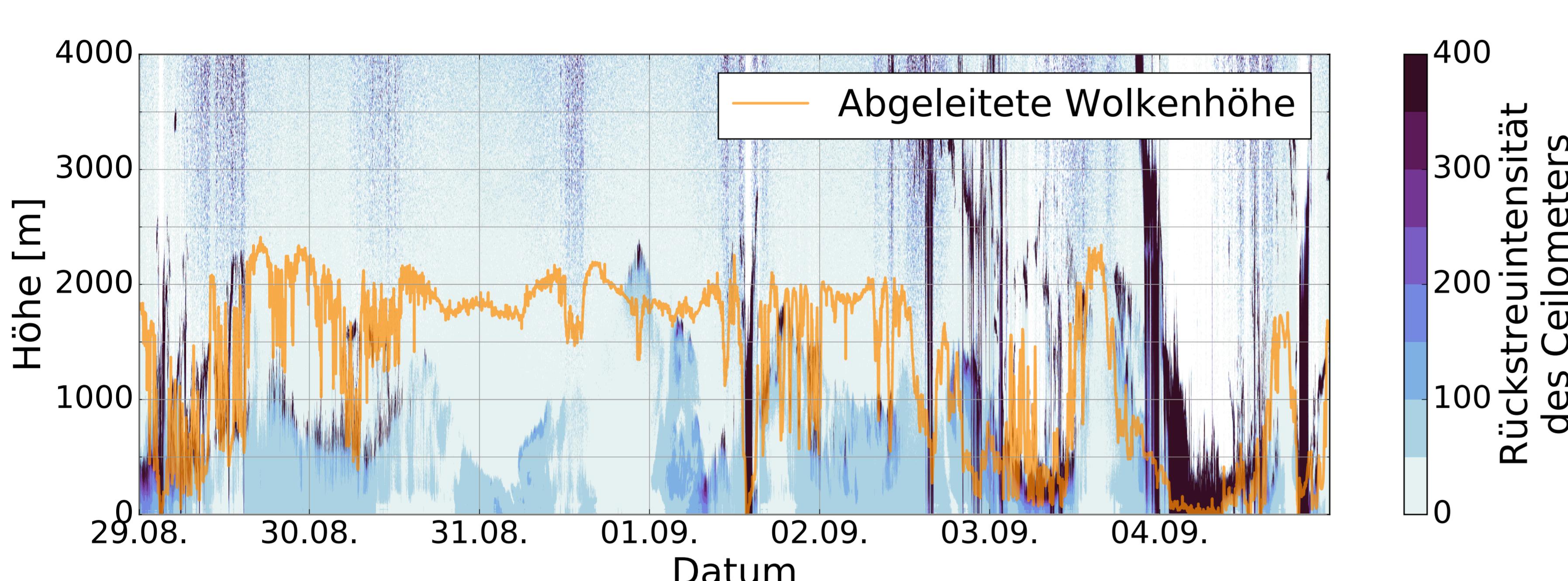
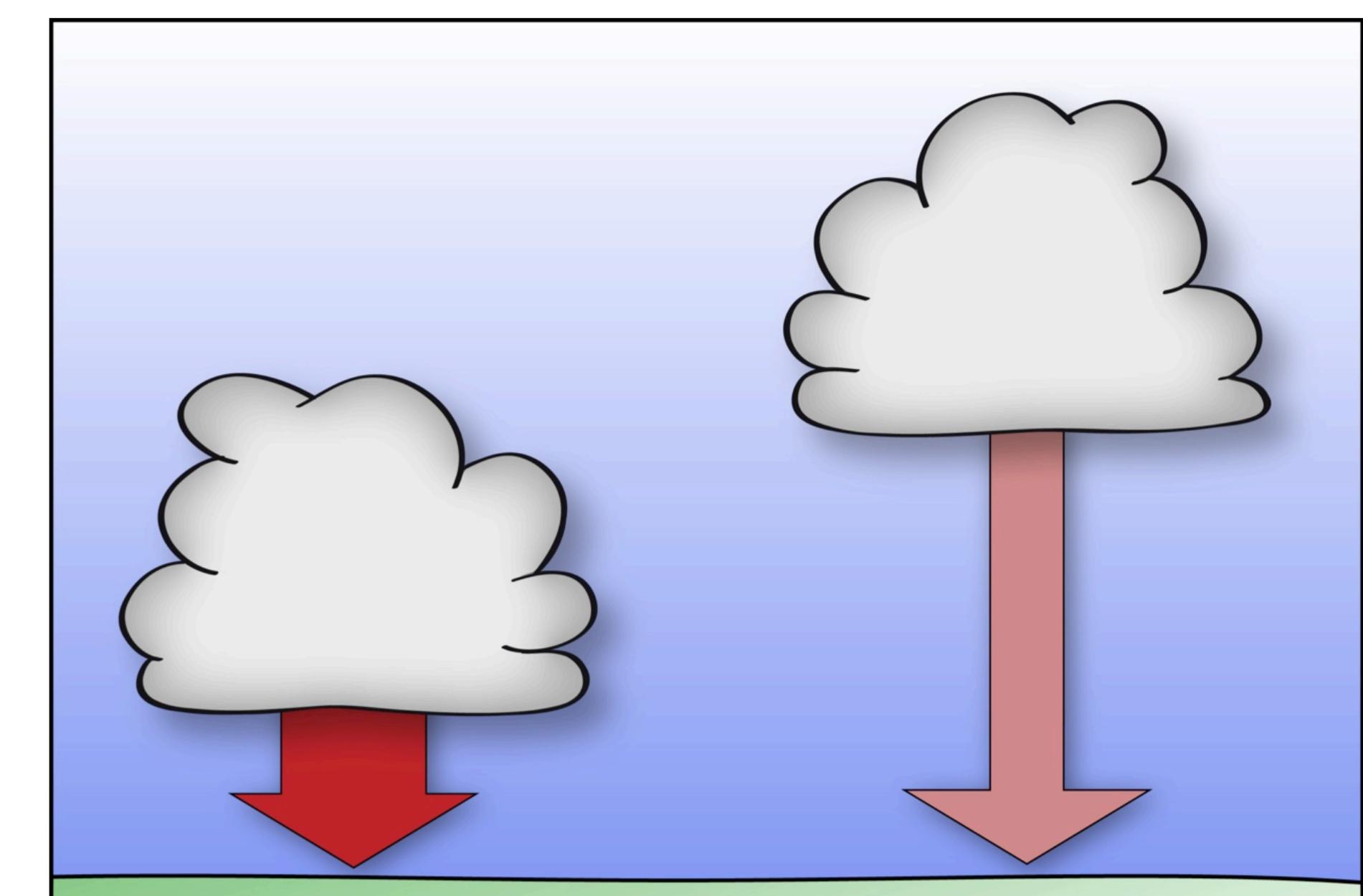
## Motivation

Die Grundidee war es, das Potential einfacher meteorologischer Messmethoden zu untersuchen. Während der Lehrexkursion 2016 auf Fehmarn wurde hierzu untersucht, ob sich aus Messungen der langwellige Einstrahlung sowie der bodennahen Temperatur Rückschlüsse auf andere meteorologische Zustandsgrößen gewinnen lassen.

Die aus dem Halbraum eintreffende atmosphärische Gegenstrahlung wurde mit Hilfe eines Pyrgeometers gemessen.

Die Intensität der Gegenstrahlung hängt stark vom Zustand der Atmosphäre ab: Eine starke Bewölkung oder ein Anstieg im Wasserdampfgehalt erhöhen die langwellige Einstrahlung.

Um diese beiden einfachen Gesetzmäßigkeiten zu nutzen, wurden die Wolkenhöhe sowie der integrierte Wasserdampfgehalt als Zielgrößen ausgewählt. Als Referenz dienen die Messungen eines Ceilometers beziehungsweise eines Radiometers.



## Wolkenhöhe

Niedrige Wolken haben eine höhere Temperatur als hohe Wolken. Dieser Temperaturunterschied kann als Signal in der langwellige Einstrahlung gemessen werden. Unter Annahme eines linearen Temperaturprofils lässt sich so eine Höheninformation abschätzen.

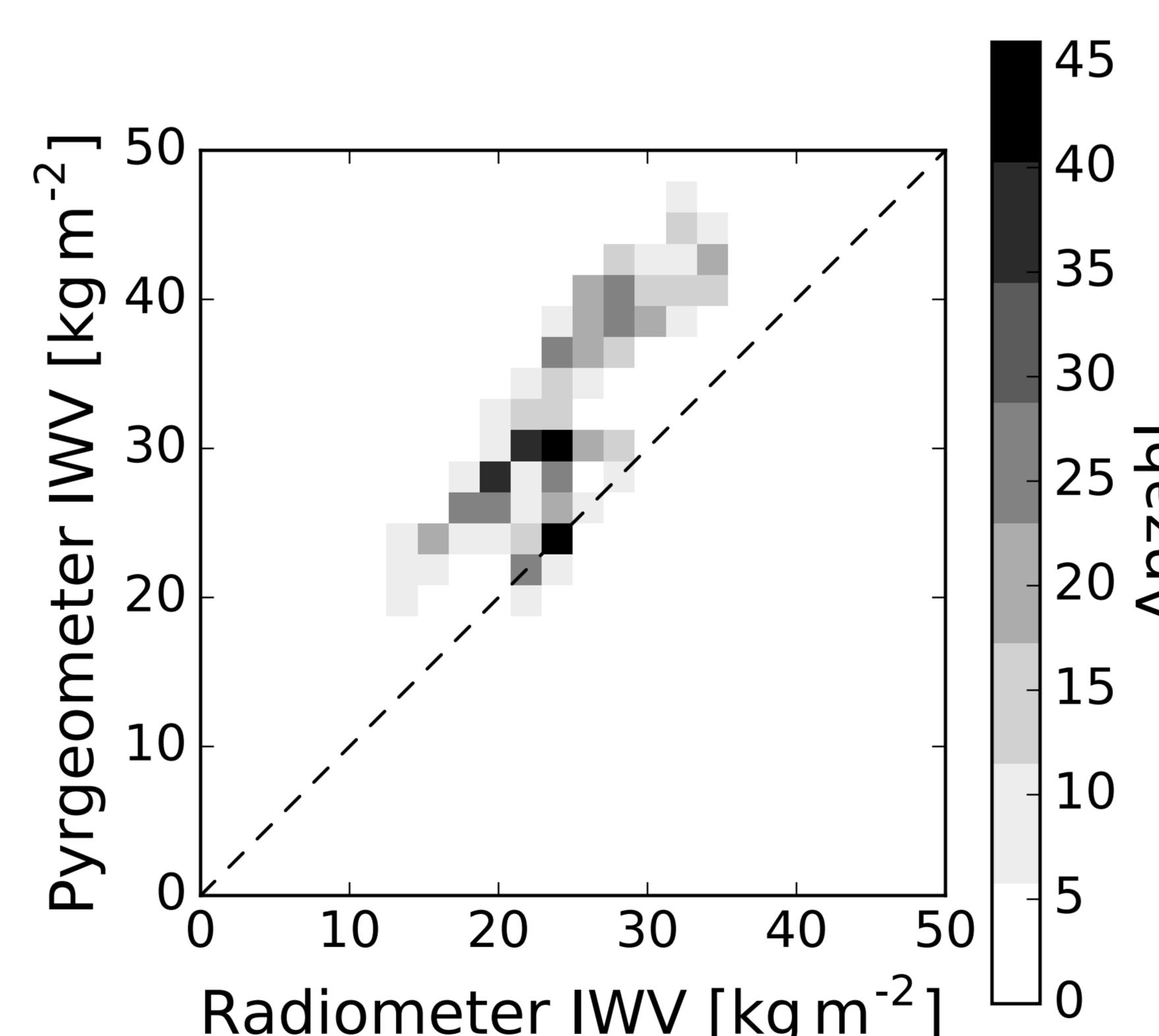
Das Verfahren zeigt Potential bei niedriger, geschlossener Bewölkung (3. und 4. September). Die ermittelten Wolkenhöhen sind statistisch jedoch nur schwach mit den Messungen des Ceilometers korreliert ( $r = 0.6$ ). Das Signal wird durch Absorption in der Atmosphäre zu stark gedämpft.

## Wasserdampfsäule

Der integrierte Wasserdampfgehalt (IWV) gibt Auskunft über die Feuchte einer Luftmasse. Mit Hilfe von Strahlungstransfersimulationen wurde die Abhängigkeit der langwellige Einstrahlung von der Wasserdampfsäule in Modellatmosphären ermittelt. Die Daten wurden dazu verwendet, eine Näherungsfunktion anzupassen.

Die so bestimmten Wasserdampfsäulen weisen eine gute Korrelation mit den Referenzmessungen des Radiometers auf ( $r = 0.764$ ). Auch kleinere Schwankungen im Tagesverlauf werden gut abgebildet.

Zwischen Näherung und Referenz besteht jedoch einen systematischer Offset. Dieser wird vermutlich durch die bodennahe Temperatur hervorgerufen, die in der Näherungsformel nicht berücksichtigt wird.



## Strahlungstransfer

Um die Abhängigkeit der langwellige Einstrahlung von der integrierten Wasserdampfsäule zu ermitteln, wurden Berechnungen mit dem Atmospheric Radiative Transfer Simulator (ARTS) durchgeführt.

Die aus dem Halbraum eintreffende langwellige Strahlung wurde für 25.000 Modellatmosphären simuliert. Hierzu mussten Berechnungen unter verschiedenen Einfallwinkeln durchgeführt werden. Diese Ergebnisse wurden unter Berücksichtigung der Geometrie des Strahlungsverlaufes numerisch integriert.

Die so ermittelten Zahlenwerte für die langwellige Einstrahlung wurden mit den Wasserdampfsäulen der zugehörigen Modellatmosphäre verglichen.

## Fazit

Messungen der langwellige Strahlung können den zeitlichen Verlauf von Referenzmessungen der Wolkenhöhe und der Wasserdampfsäule gut wiedergeben.

Die genauen Zahlenwerte weichen je nach Wetter jedoch deutlich voneinander ab.