

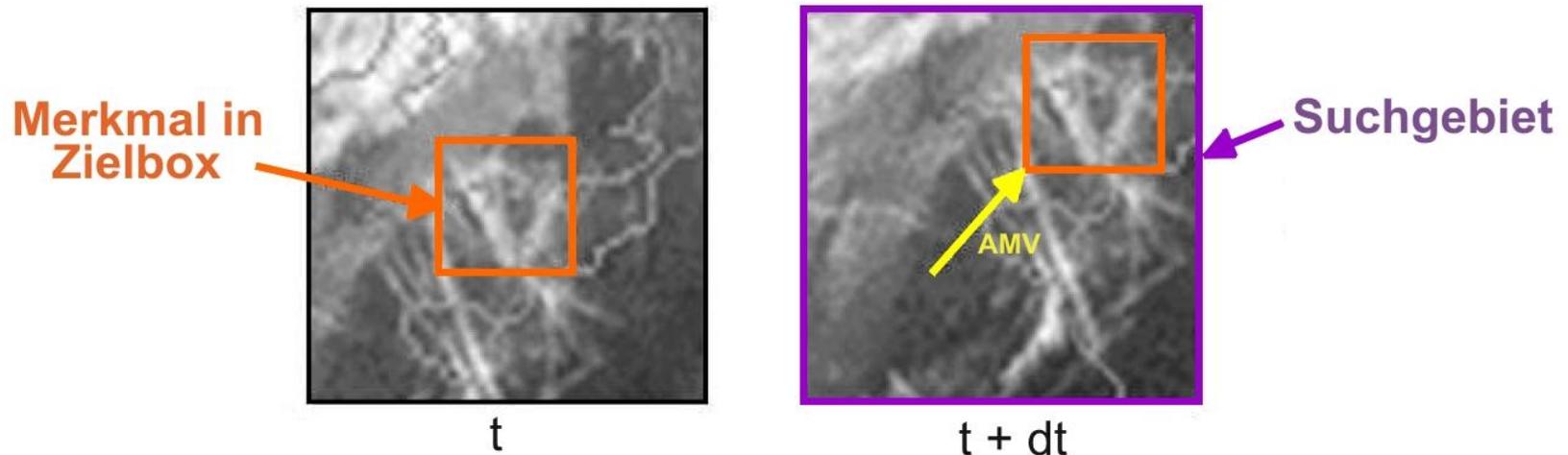
Höhenkorrektur von Satelliten- Windvektoren (AMVs) mit flugzeuggetragenen Lidarmessungen

Endbericht Masterarbeit

Kathrin Folger

Motivation

Motivation



Herleitung von AMVs (Atmospheric Motion Vectors) aus aufeinander folgenden Satellitenbildern:

- „Image Matching“
- Bestimmung der horizontalen Geschwindigkeit
- Vertikale Höhenzuordnung

Motivation

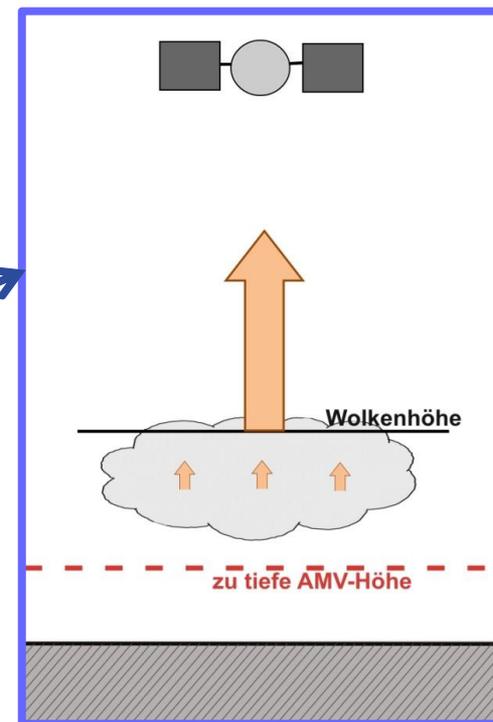
Viele potentielle Fehlerquellen, u.a.:

- Räumliche **Korrelationen** (bis zu 800 km, *Bormann et al. (2003)*)
- Fehler in der **Höhenzuordnung** (bis zu 70% des Gesamtfehlers, *Velden und Bedka (2009)*)
 - AMV repräsentiert Atmosphären**schicht** statt **diskreter Höhe**
 - Einschränkungen in den **Methoden** der Höhenzuordnung
 - ...
- ...

Methoden der Höhenzuordnung

EBBT („Equivalent Black Body Temperature“)

- Strahldichte der Wolke (**1 Kanal**) wird über die Strahlungstemperatur („brightness temperature“) mit Hilfe einer Modelvorhersage des Temperaturprofils in Druckhöhe umgewandelt



CO₂-Slicing

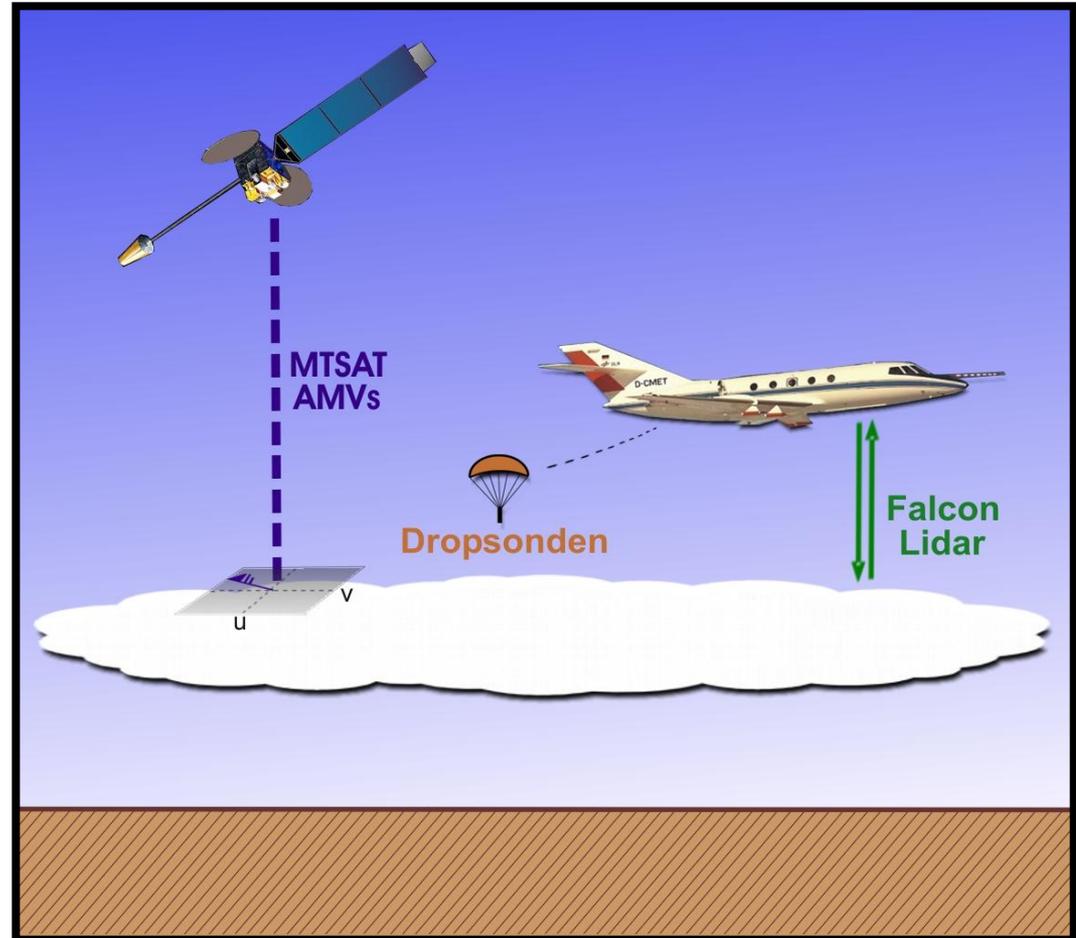
- Strahldichte aus **2 Kanälen** (IR-Fenster und CO₂-Absorption)
- Basiert auf Verhältnis der Differenzen der gemessenen Strahldichten im Vergleich zu wolkenlosen Bedingungen

Motivation

AMVs aus
Satellitenbildern
(p , u , v)

Dropsonden mit
Windmessung
(u , v)

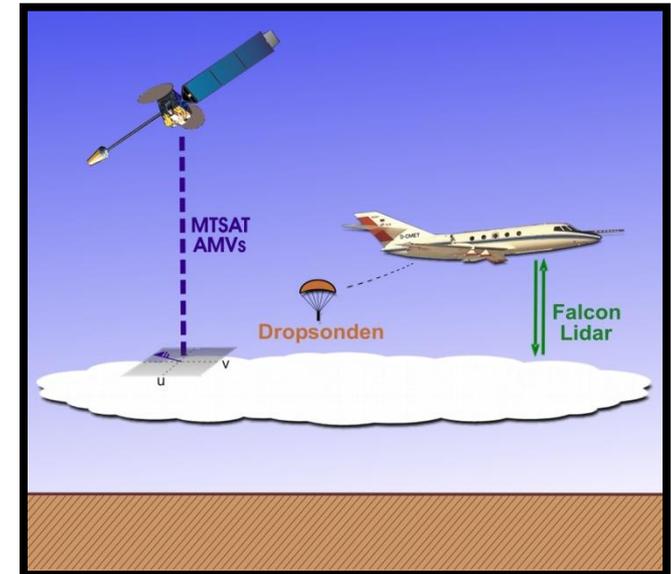
LIDAR-Messungen
der Wolkenoberkante
(p)



Ziele der Arbeit:

- Inwieweit stimmen AMV-Höhen aus Satellitendaten mit Lidar-Wolkenhöhen überein?
→ Höhenvergleich
- Inwieweit verbessert sich der Windfehler bei einer Verschiebung der AMV-Höhe auf die Lidar-Wolkenhöhe?

→ höhenkorrigierte Windvalidierung durch Dropsonden



Datensätze

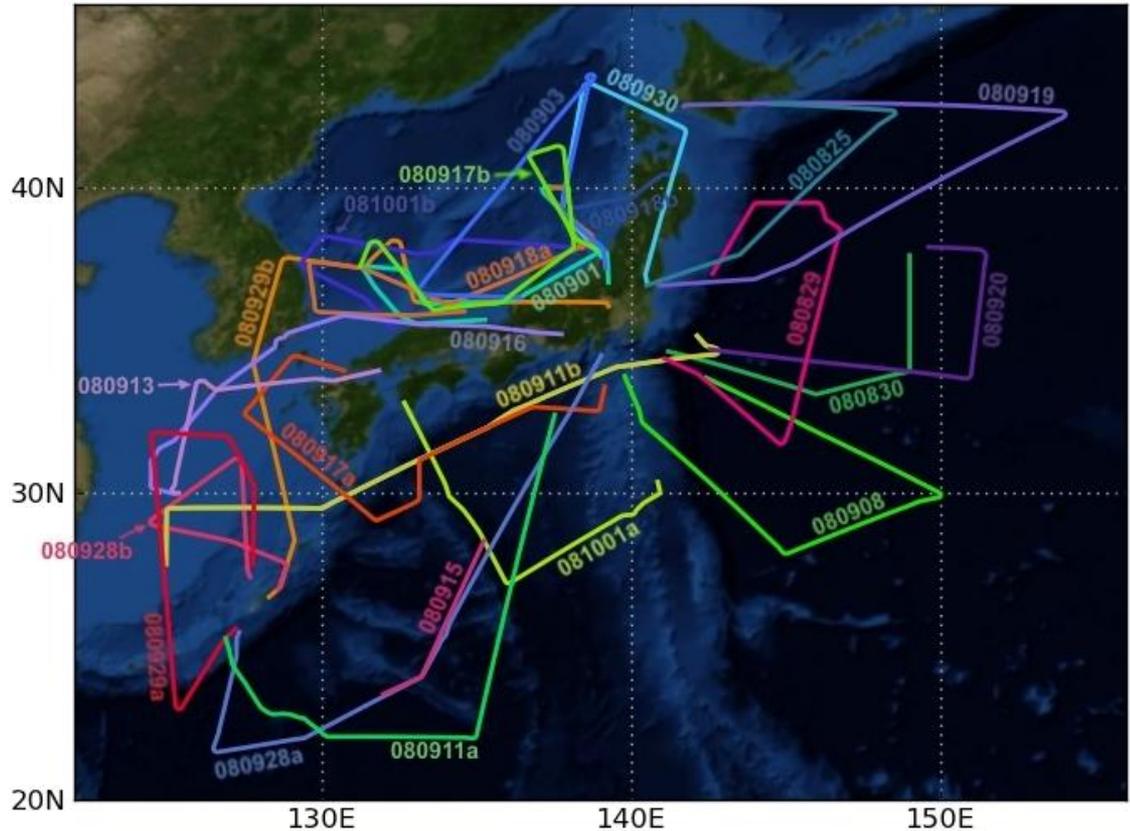
T-PARC

*THORPEX Pacific Asian
Regional Campaign*

August - Oktober 2008

**Beteiligung der
DLR Falcon:**

24 Flüge
~50h Lidarmessungen
316 Dropsonden





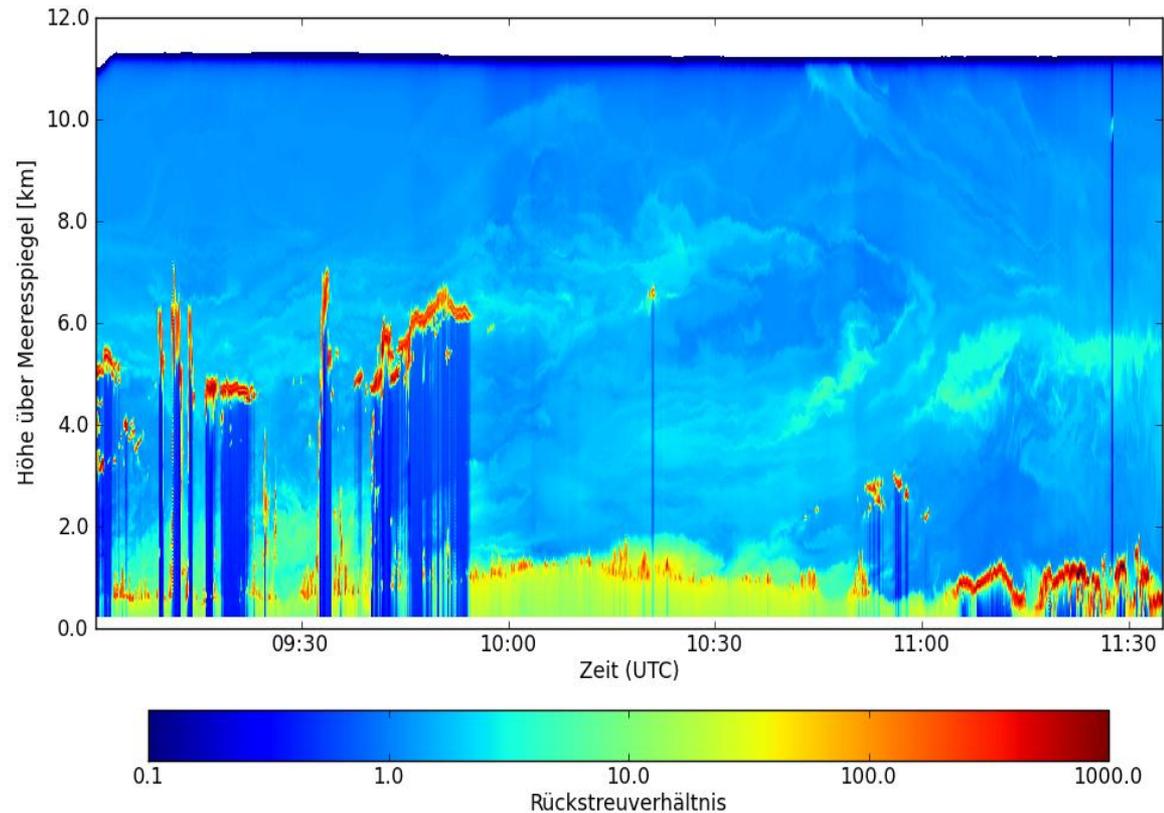
T-PARC

*THORPEX Pacific Asian
Regional Campaign*

August - Oktober 2008

Beispiel:

Lidar Rückstreuverhältnis
bei 1064 nm
2. Flugweg am
11. September 2008



AMVs von MTSAT-1R

prozessiert von CIMSS

(Cooperate Insitute for Meteorological Satellite Studies, Wisconsin, USA)

Verschiedene Kanäle:

VIS (um 0.7 μ m)

IR (um 10.7 μ m)

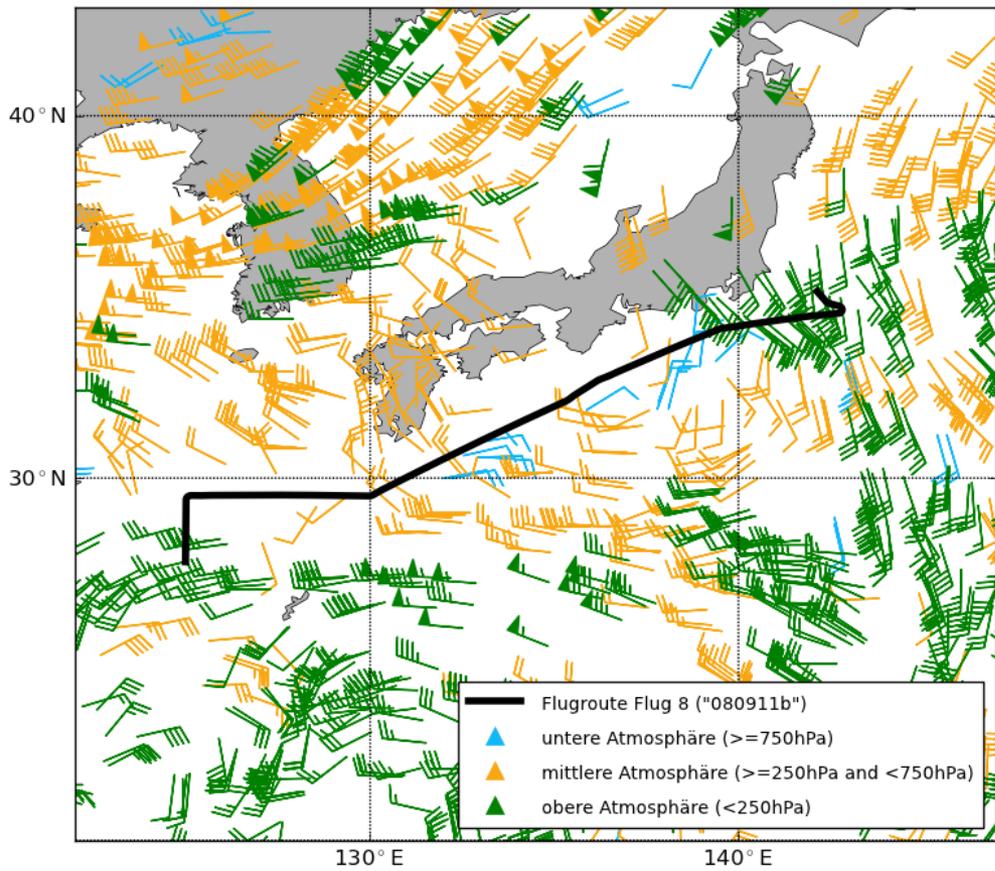
SWIR (um 3.9 μ m)

WV (um 6.7 μ m)

Beispiel:

2008-09-11

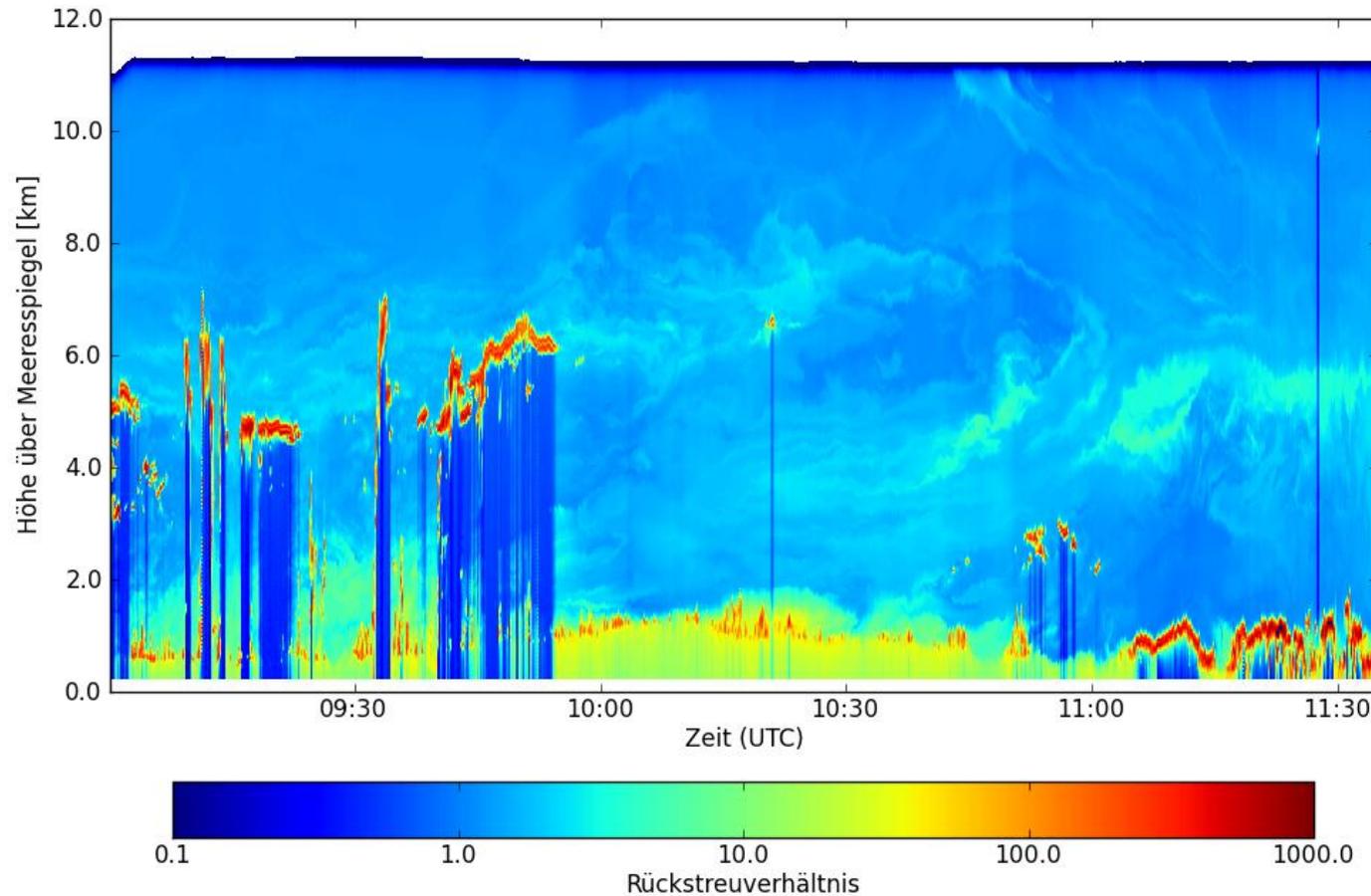
09:57 UTC





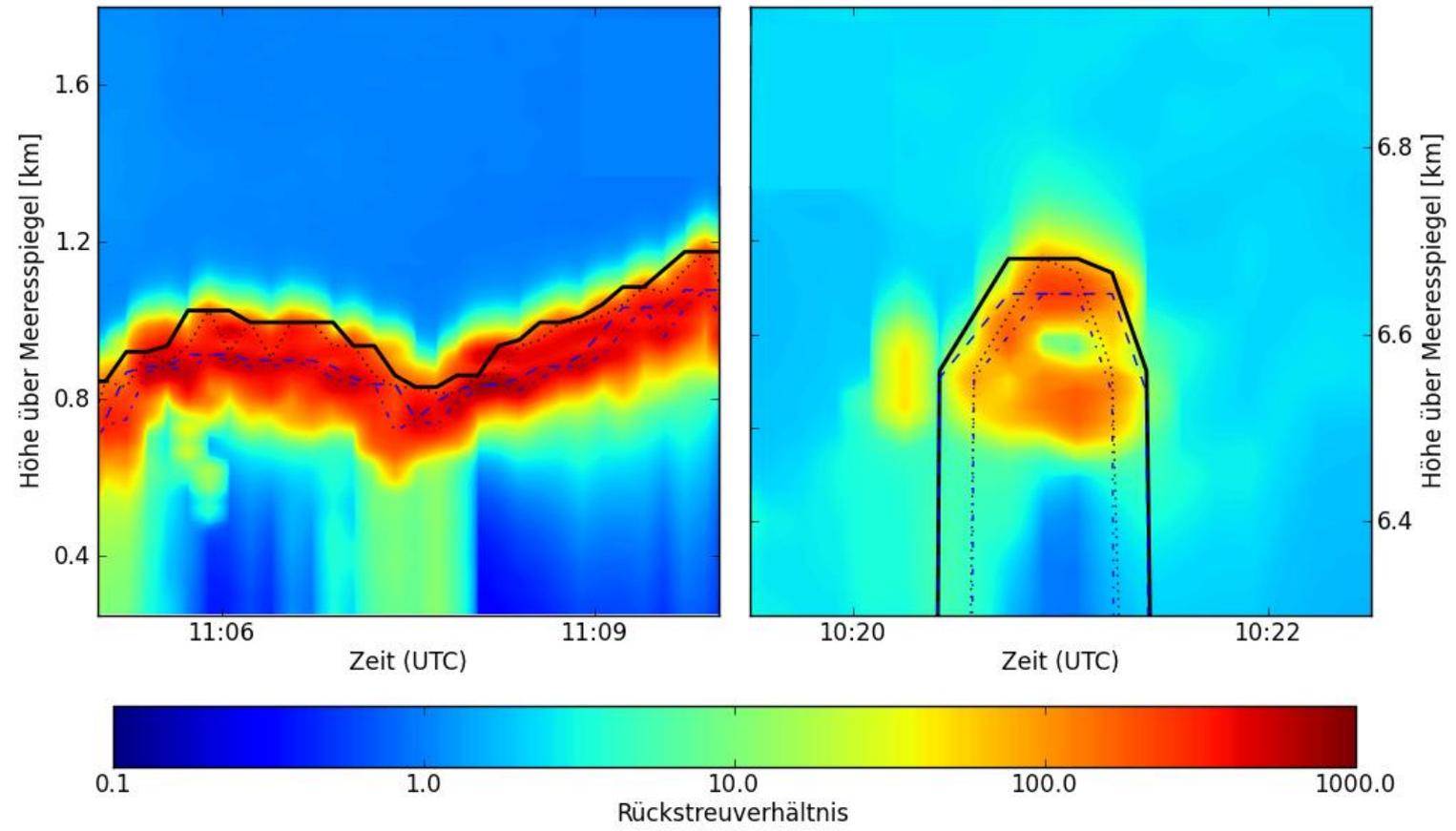
Bestimmung der Lidar- Wolkenoberkante

Lidar Rückstreuverhältnis am 11. September 2008 Bestimmung der Wolkenoberkante

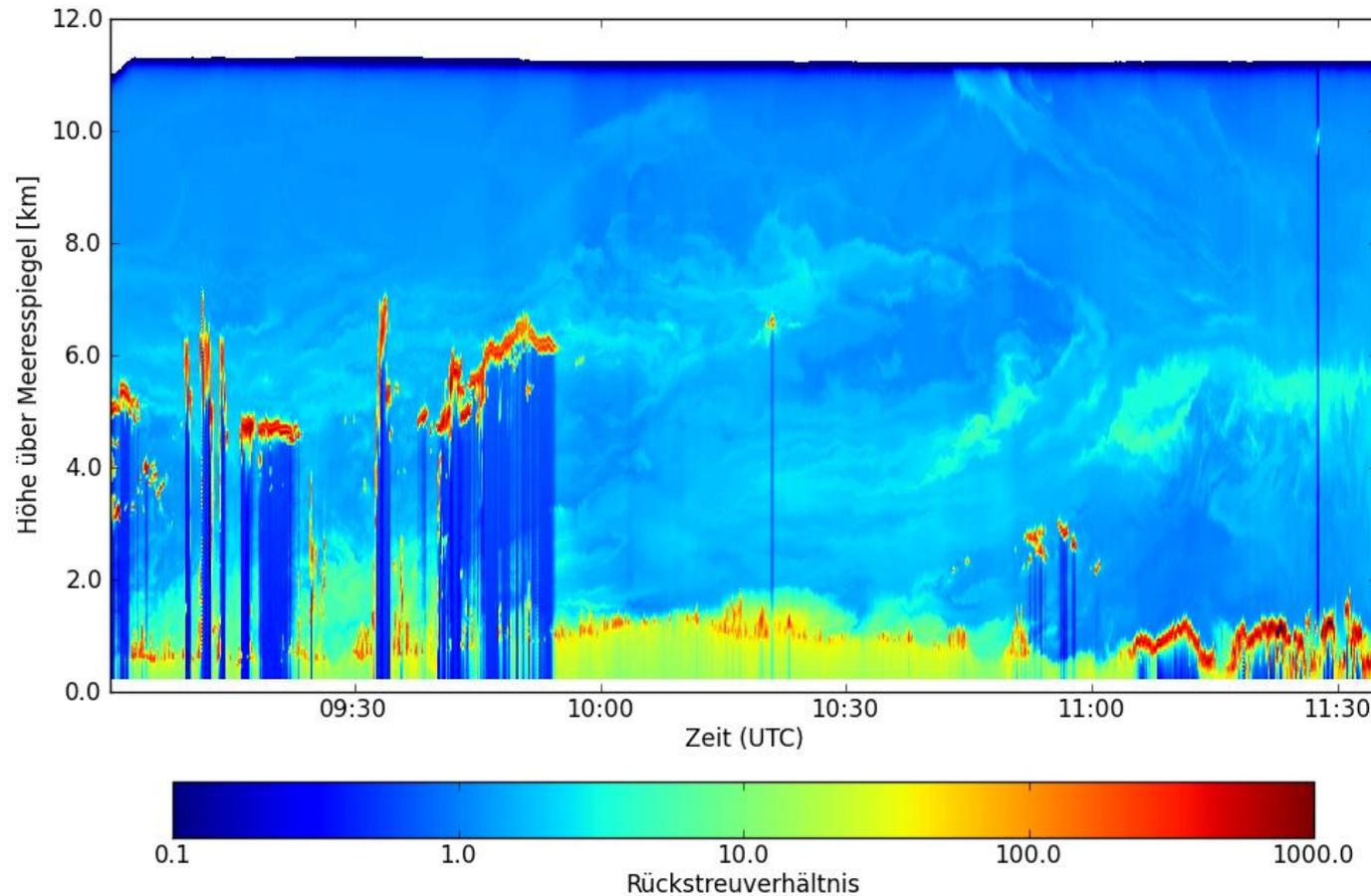


Lidar Rückstreuverhältnis am 11. September 2008

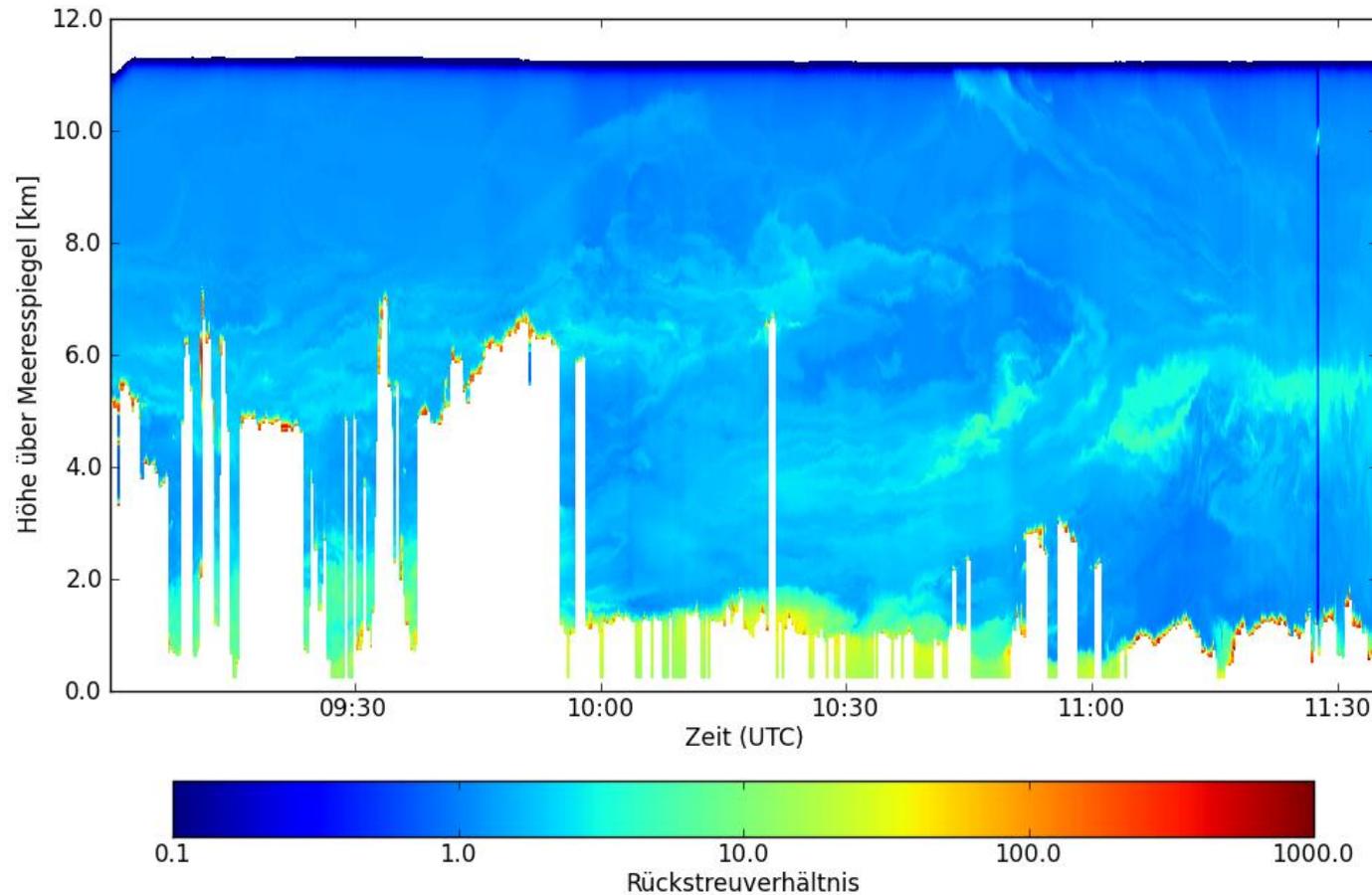
Bestimmung der Wolkenoberkante



Lidar Rückstreuverhältnis am 11. September 2008 Bestimmung der Wolkenoberkante



Lidar Rückstreuverhältnis am 11. September 2008 Bestimmung der Wolkenoberkante

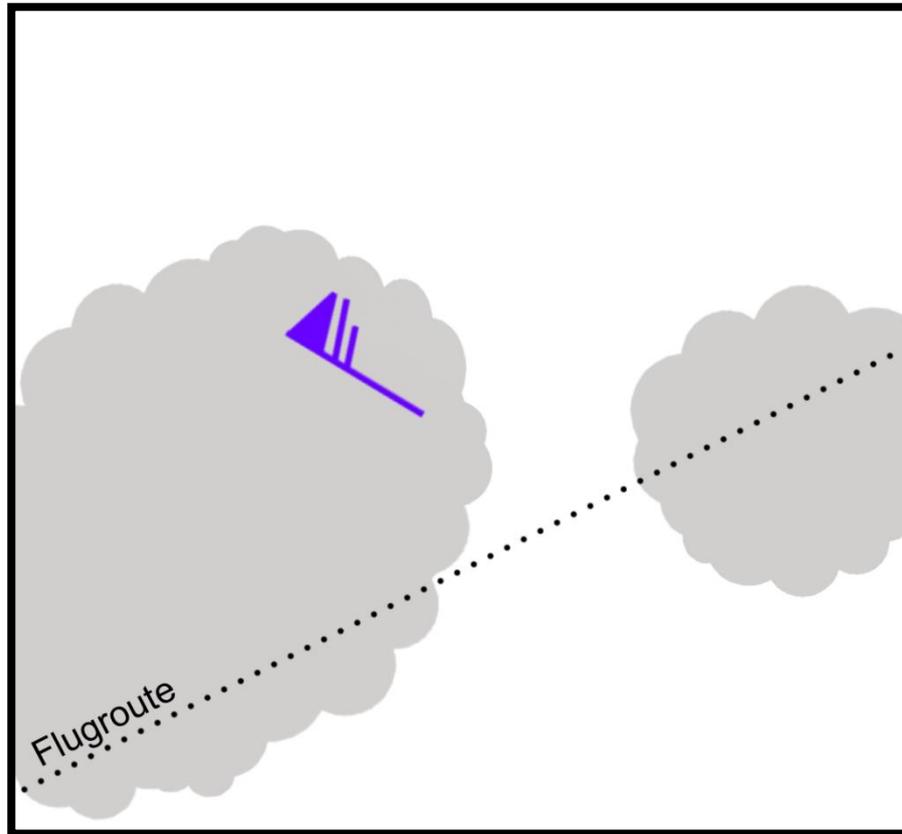




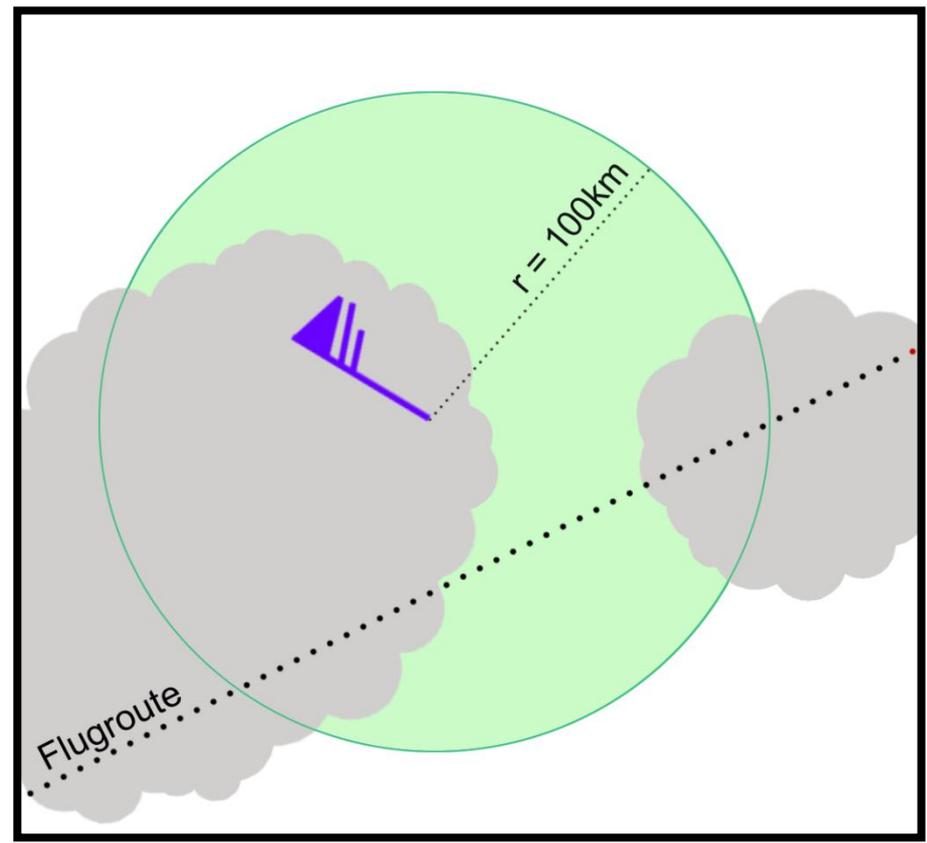
Auswahl geeigneter Vergleichspaare

AMV ↔ Lidarwolke

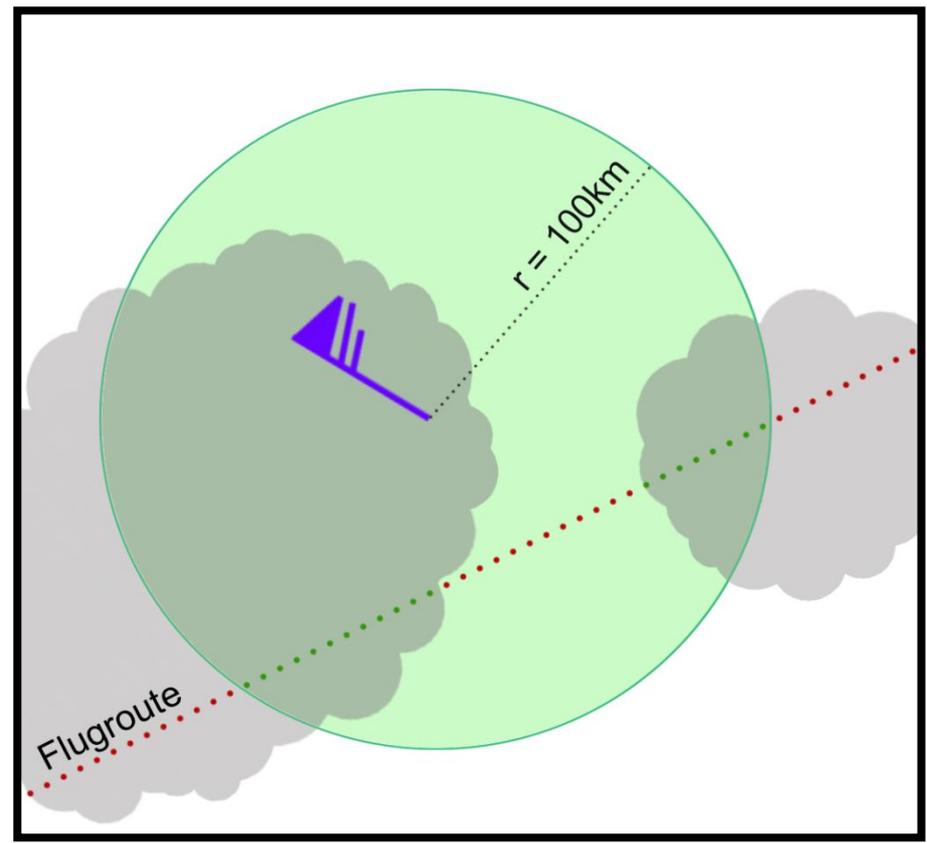
Suche nach geeigneten Vergleichspaaren AMV ↔ Lidarwolke



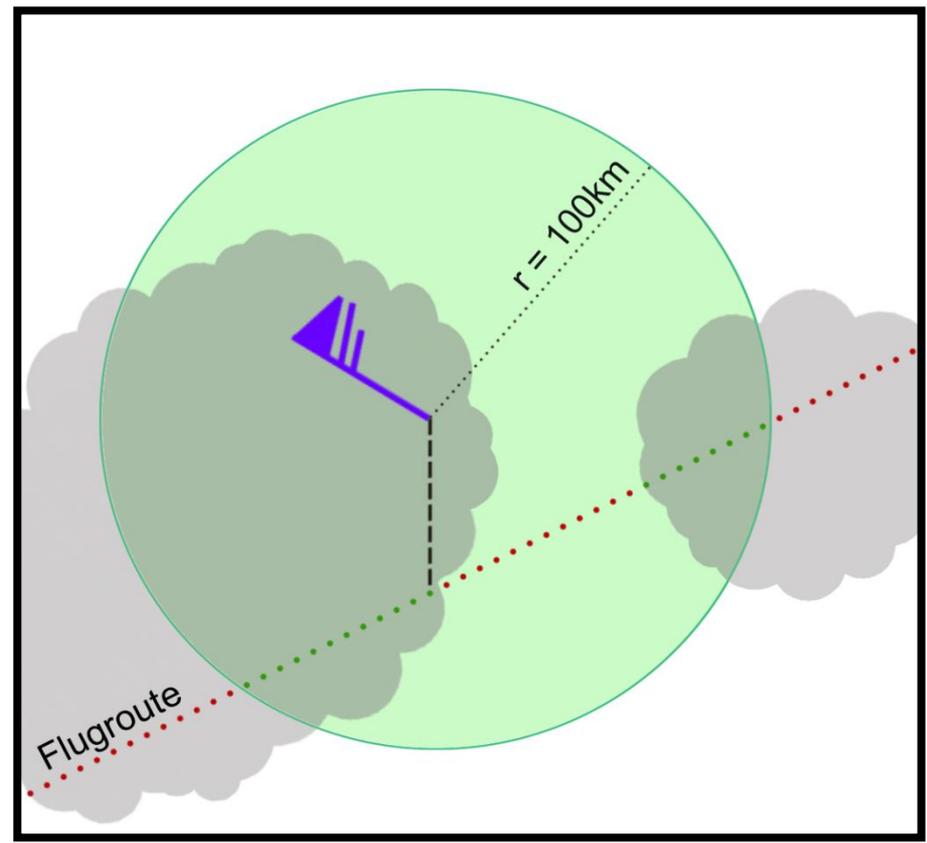
Suche nach geeigneten Vergleichspaaren AMV ↔ Lidarwolke



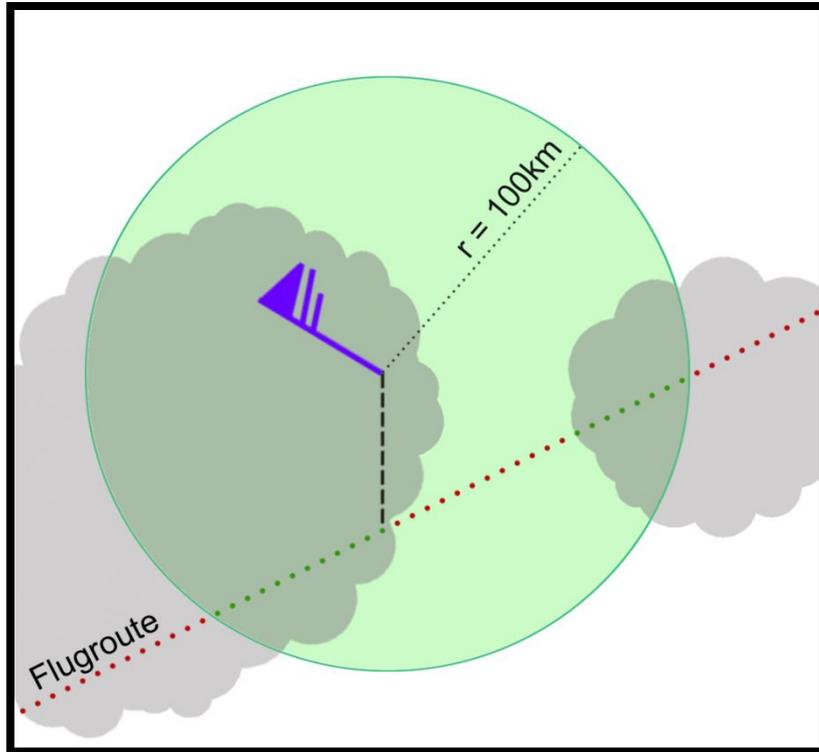
Suche nach geeigneten Vergleichspaaren AMV ↔ Lidarwolke



Suche nach geeigneten Vergleichspaaren AMV ↔ Lidarwolke



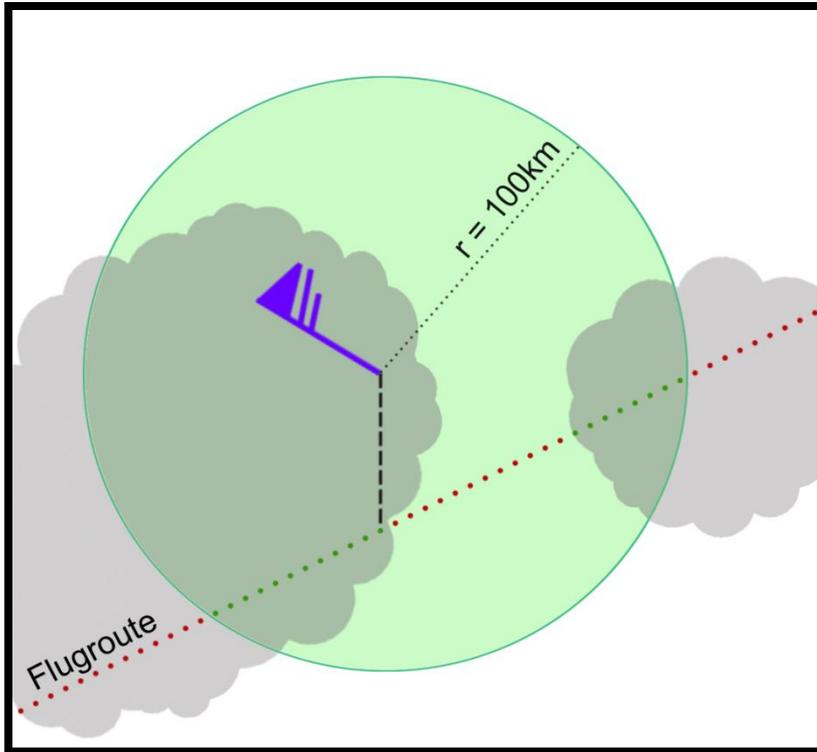
Auswahl geeigneter AMV-Wolkenpunkt-Paare



Auswahlkriterien

- Horizontale Distanz < 100 km
- Zeitliche Entfernung < 60 min.

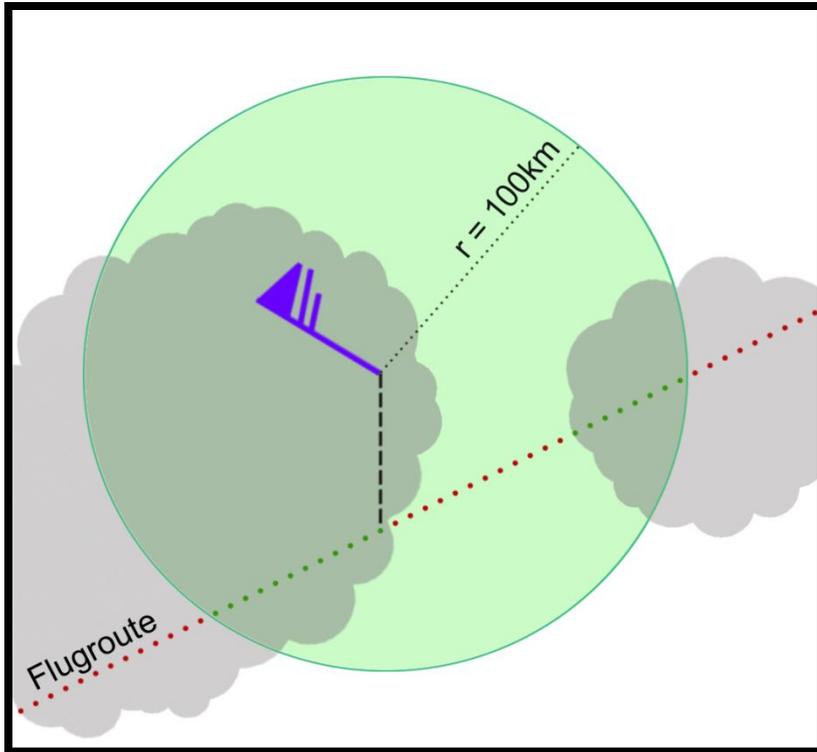
Auswahl geeigneter AMV-Wolkenpunkt-Paare



Auswahlkriterien

- Horizontale Distanz < 100 km
- Zeitliche Entfernung < 60 min.
- Keine WV (nur **VIS/IR/SWIR**)

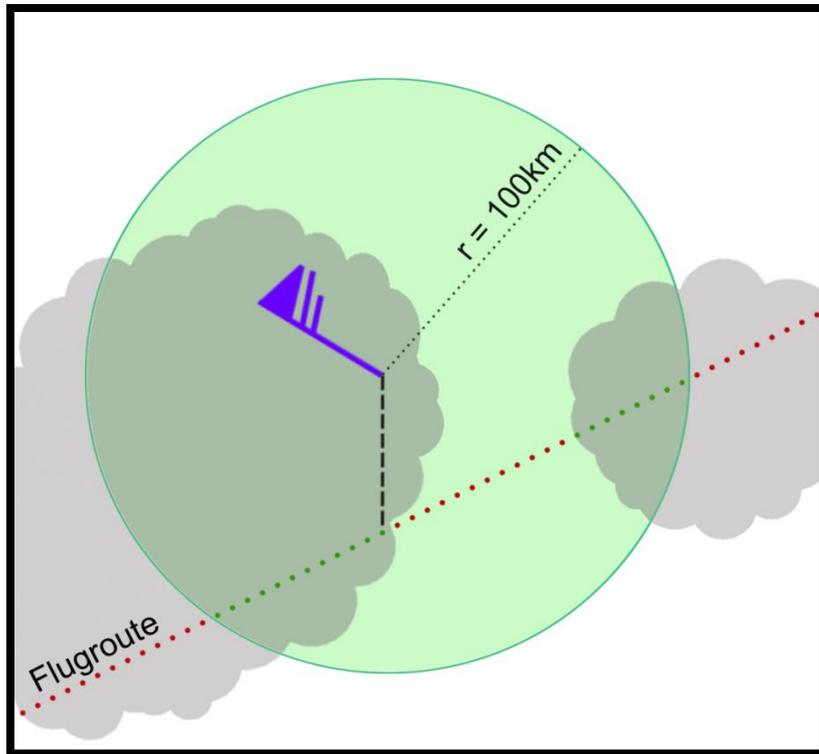
Auswahl geeigneter AMV-Wolkenpunkt-Paare



Auswahlkriterien

- Horizontale Distanz < 100 km
- Zeitliche Entfernung < 60 min.
- Keine WV (nur **VIS/IR/SWIR**)
- Vertikale Begrenzung: mindestens **150 hPa** unter Flugzeughöhe

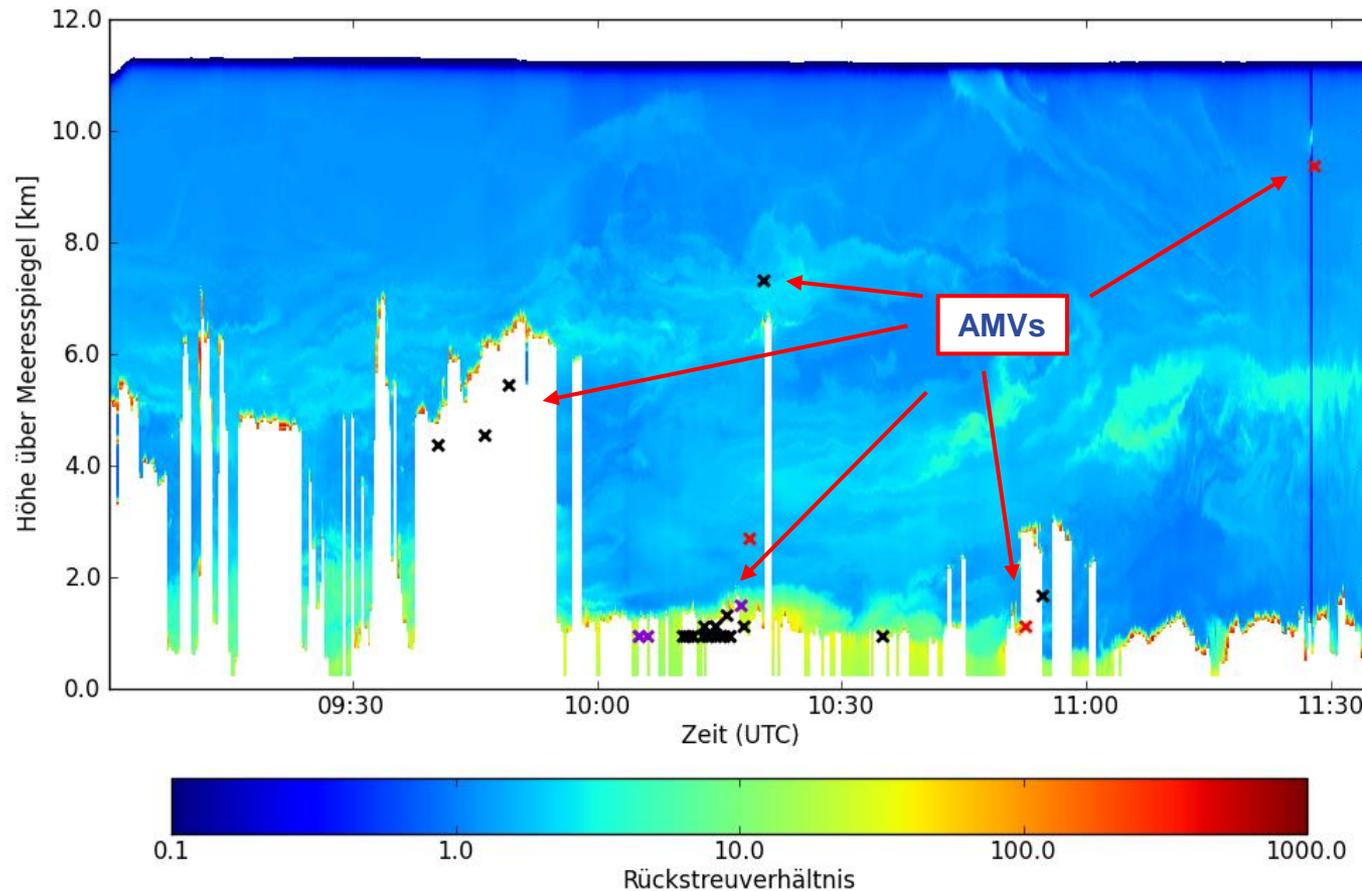
Auswahl geeigneter AMV-Wolkenpunkt-Paare



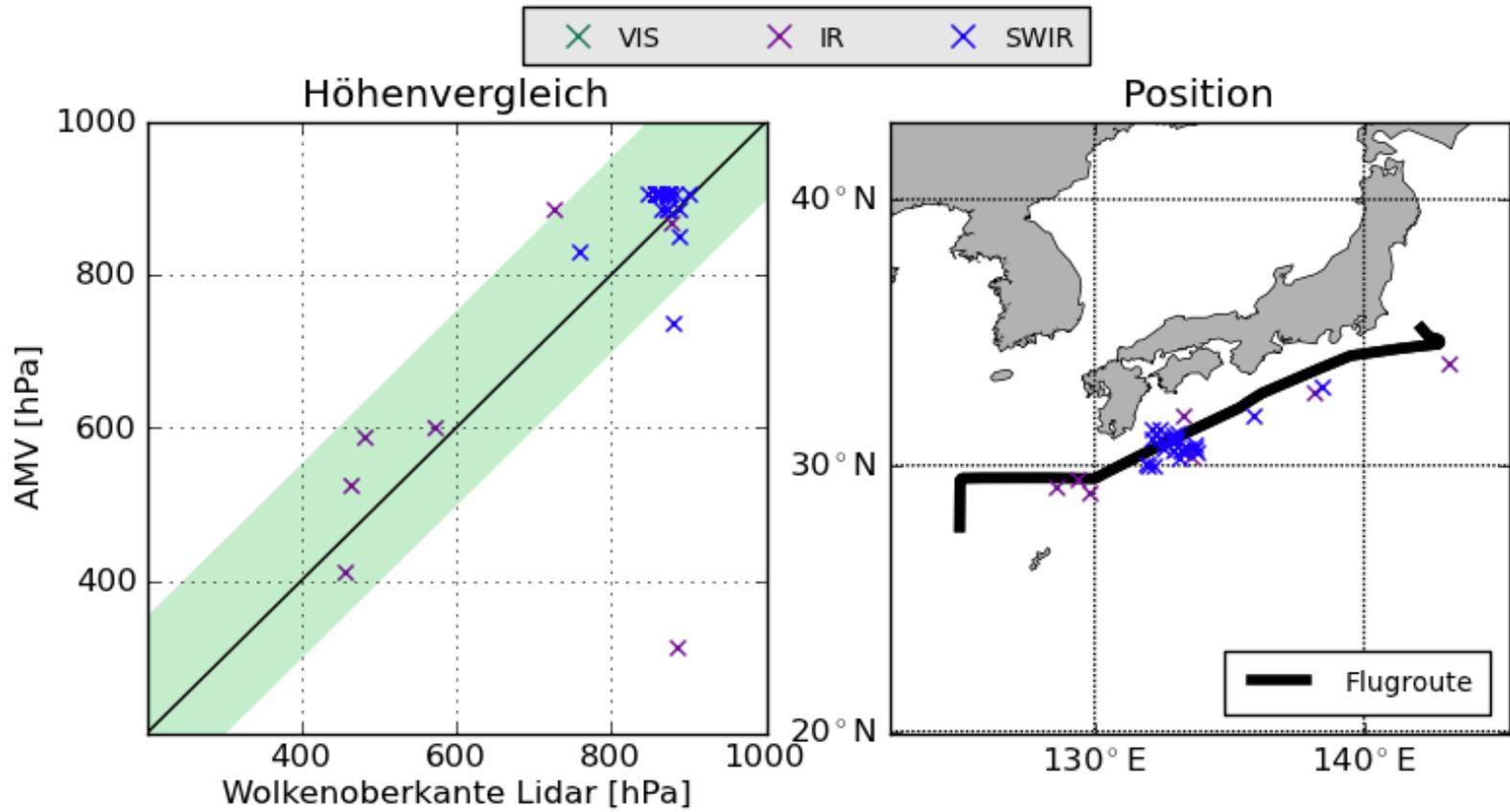
Auswahlkriterien

- Horizontale Distanz < 100 km
- Zeitliche Entfernung < 60 min.
- Keine WV (nur **VIS/IR/SWIR**)
- Vertikale Begrenzung: mindestens **150 hPa unter Flugzeughöhe**
- Vertikaler Druckunterschied: AMV **max. 100 hPa über bzw. 150 hPa unter der Wolkenoberkante**

Lidar Rückstreuverhältnis am 11. September 2008 mit Wolkenmaske und geeigneten AMVs



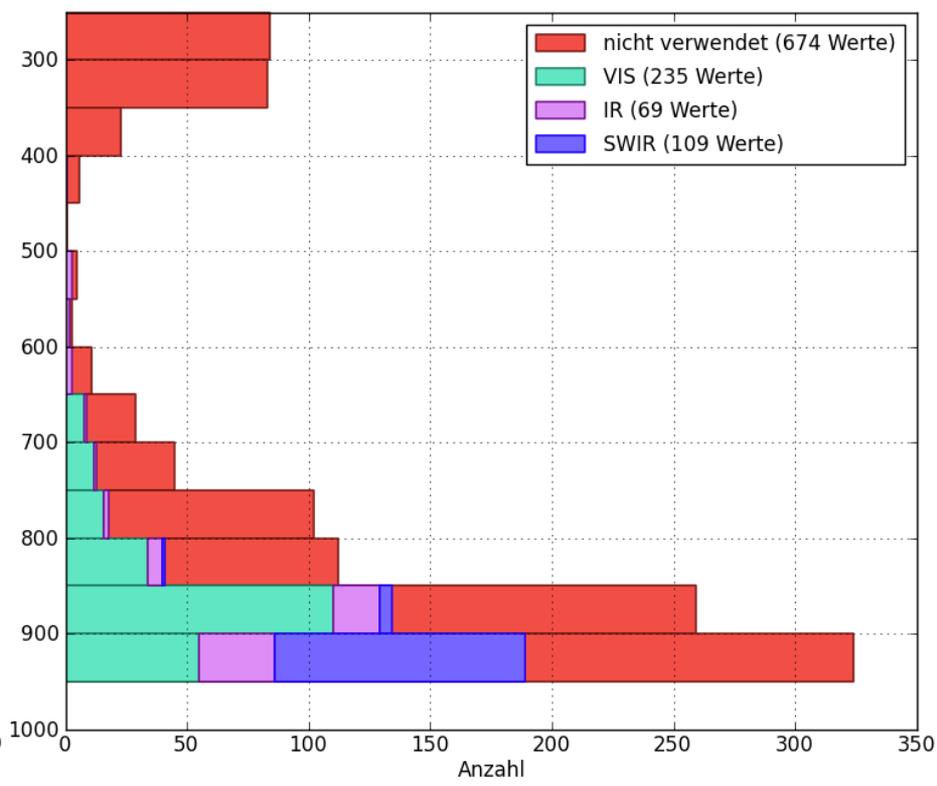
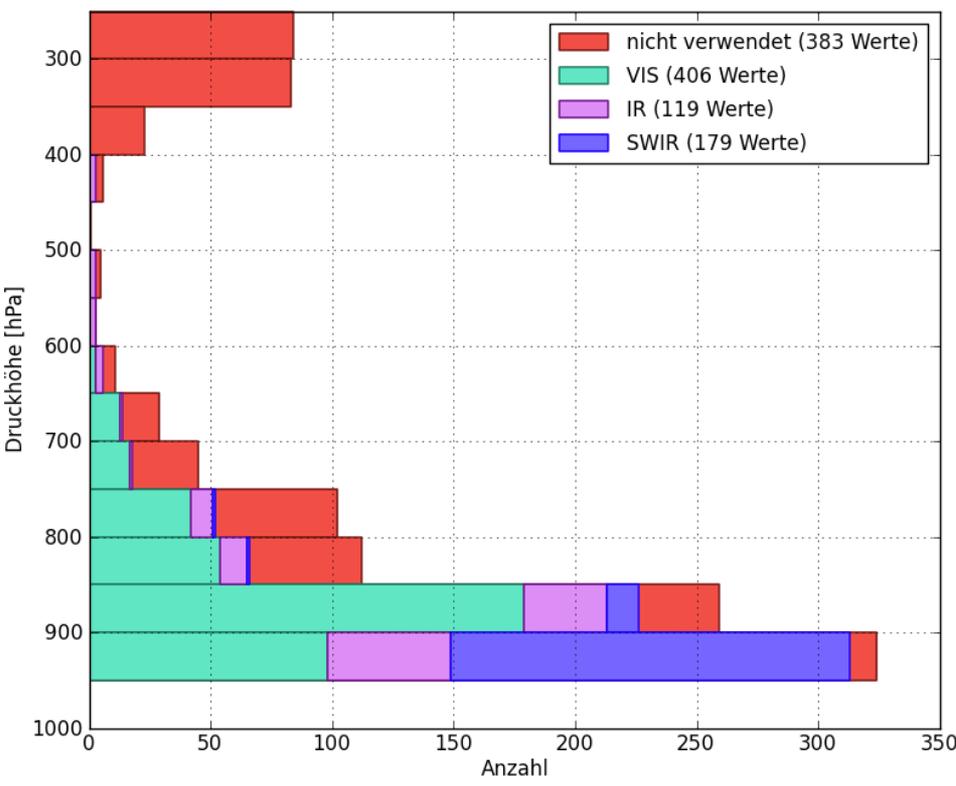
Beispielflug Vergleichspaare



Übersicht verwendbarer Datenpaare aus 24 Flügen

Höhenvergleich (ca. 700 Werte)

Windvalidierung (ca. 400 Werte durch zusätzliches Kriterium der Dropsondennähe)



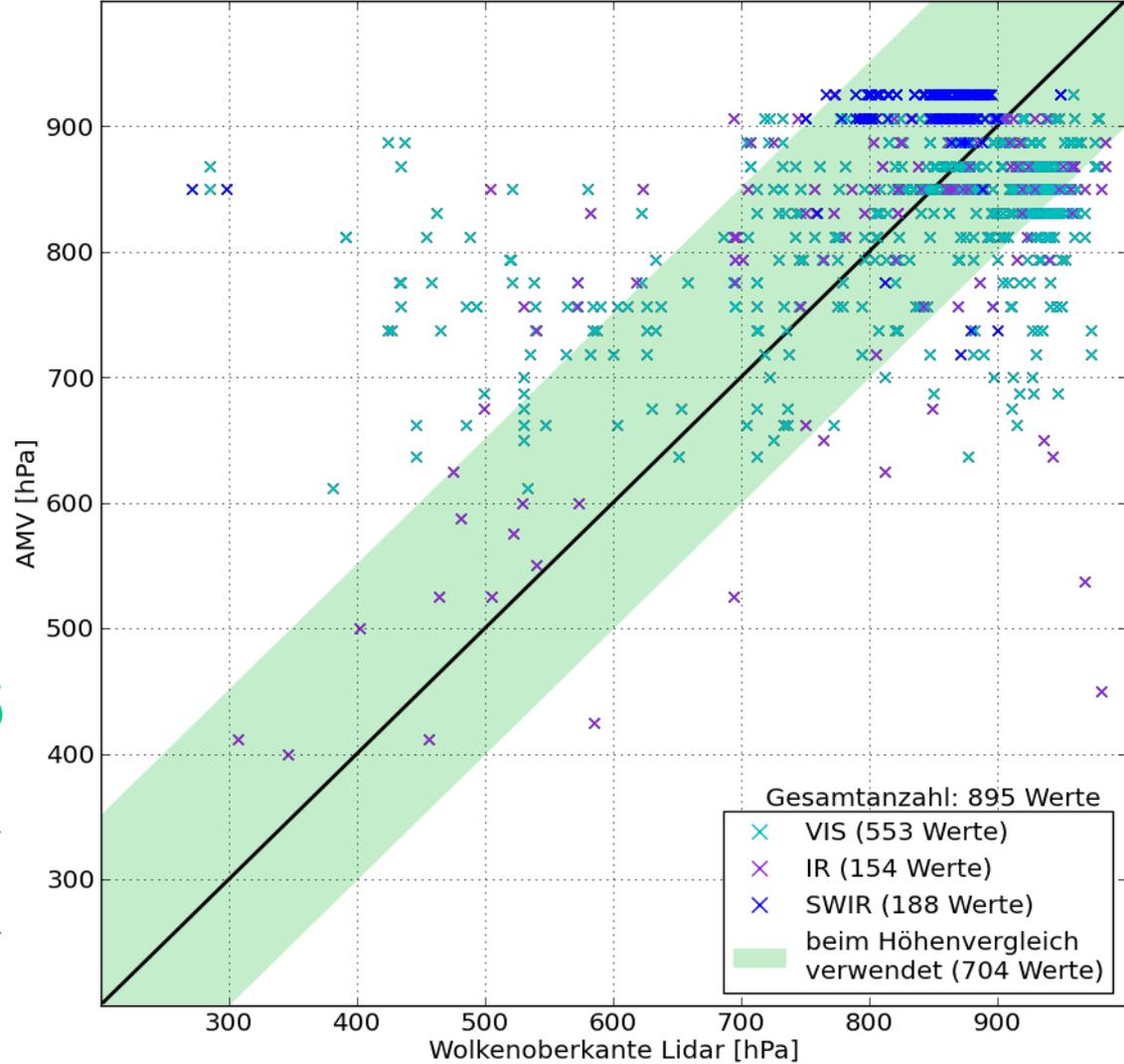
Höhenvergleich

AMV ↔ Lidar-Wolkenoberkante

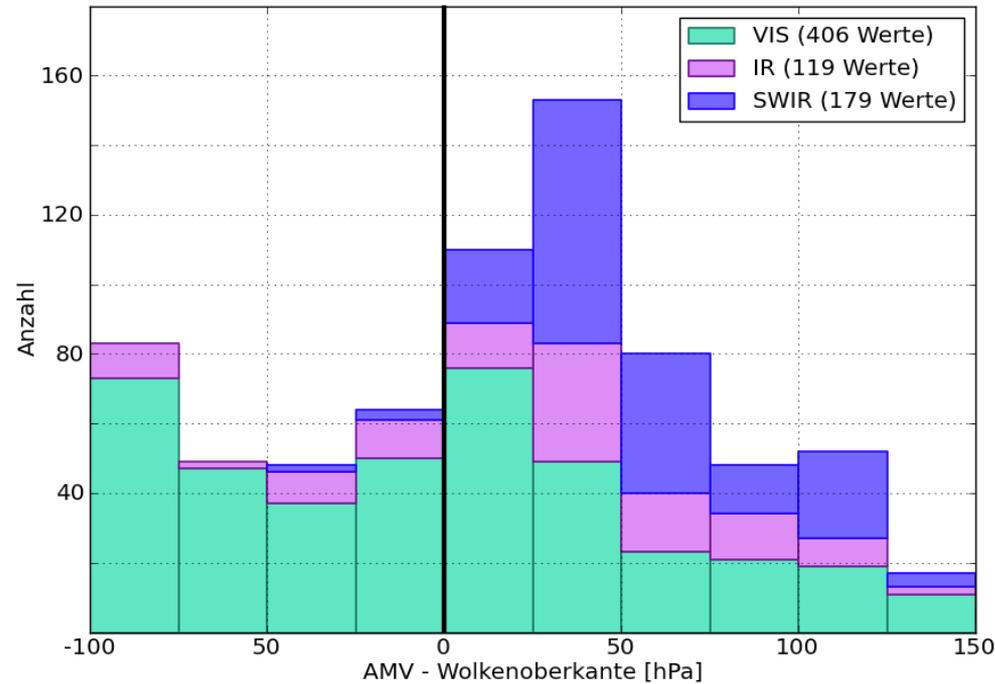


Höhen- vergleich

VIS
IR
SWIR



Höhen- vergleich



VIS
IR
SWIR

AMV-Kanal	mittlere Höhendifferenz	mittlere absolute Höhendifferenz
alle (704 Werte)	16,5 hPa	53.5 hPa
VIS (406 Werte)	-4.0 hPa	52.3 hPa
SWIR (179 Werte)	55.5 hPa	56.9 hPa
IR (119 Werte)	28.0 hPa	52.6 hPa

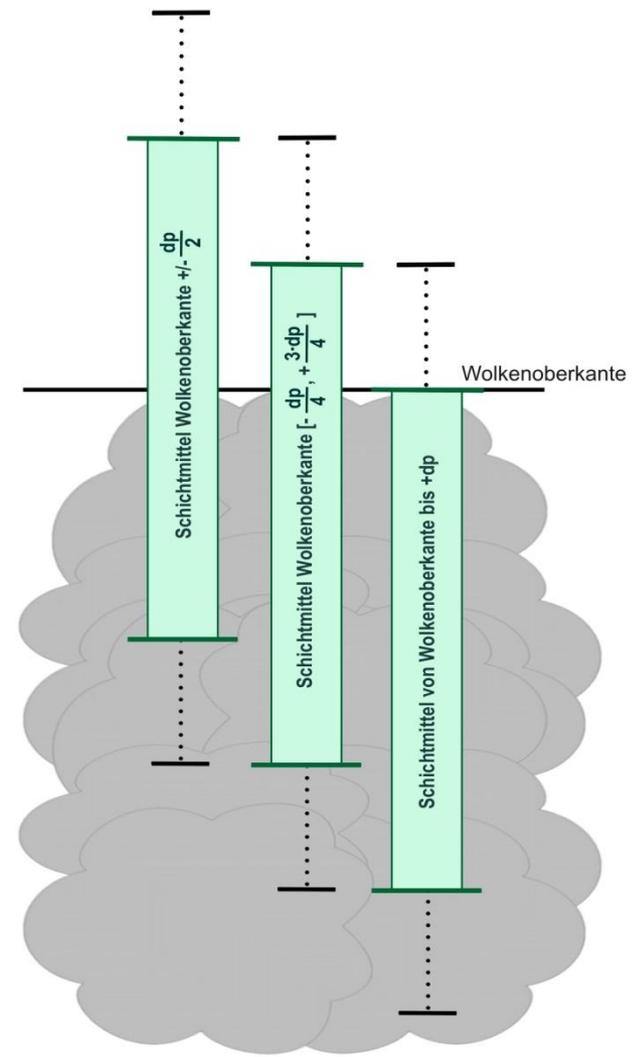
Windvalidierung durch Dropsondenmessungen

Schichtmittel des Windes über Dropsondendaten

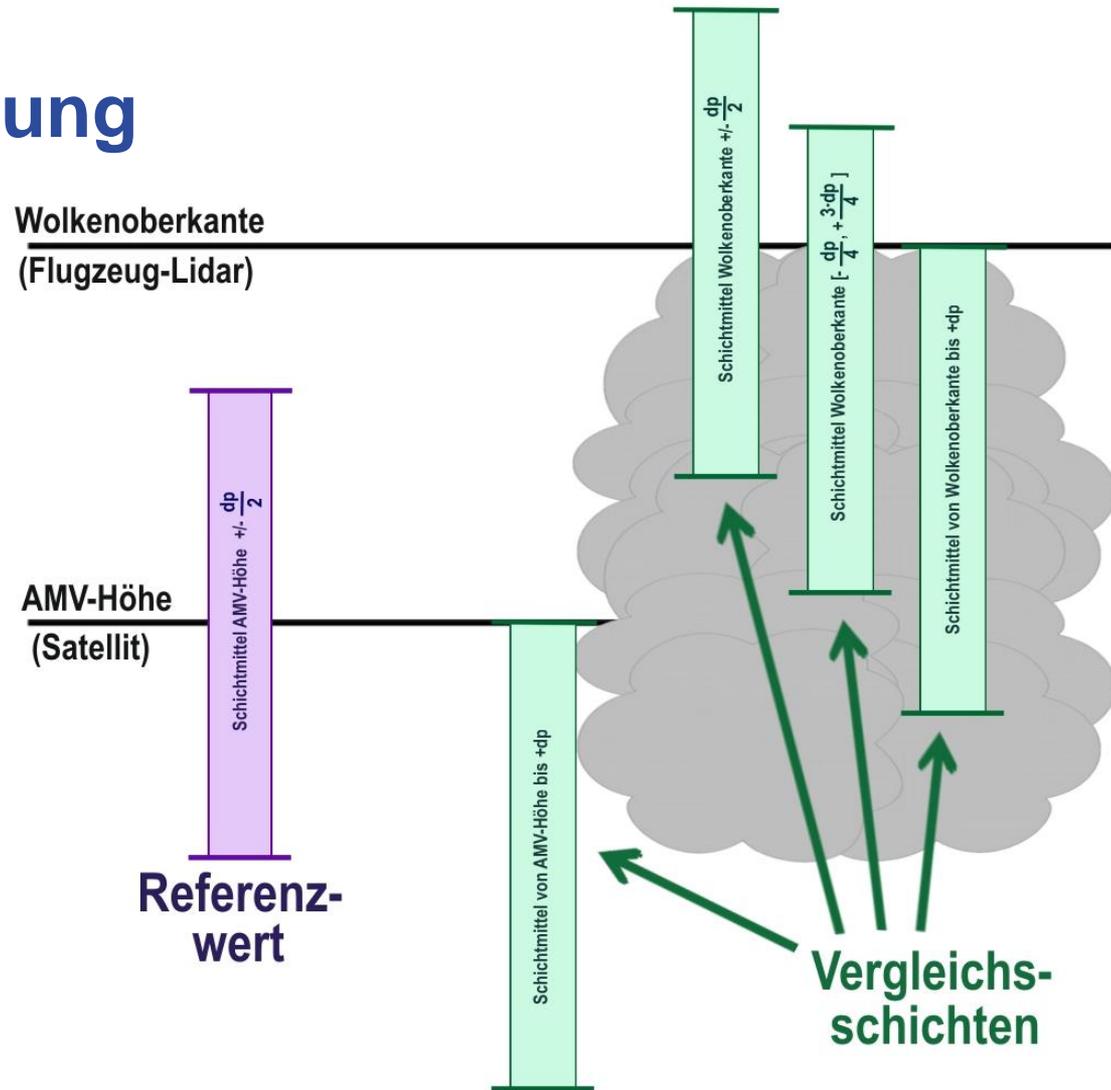
- verschiedene Schichtdicken dp
 - 150 hPa • 100hPa
 - 75 hPa • 50hPa

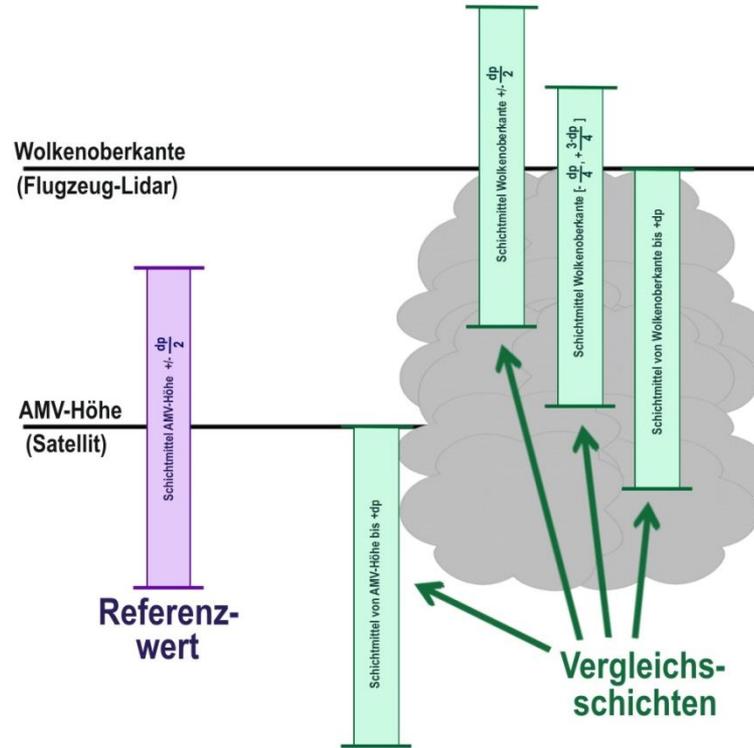
- verschiedene Schichthöhen:

- $\left[-\frac{dp}{2}, +\frac{dp}{2}\right]$
 - $\left[-\frac{dp}{4}, +\frac{3 \cdot dp}{4}\right]$
 - $[0, +dp]$
 - $[0, +dp]$
- } um die Lidar-Wolkenoberkante
 → bei der AMV-Höhe



Windvalidierung



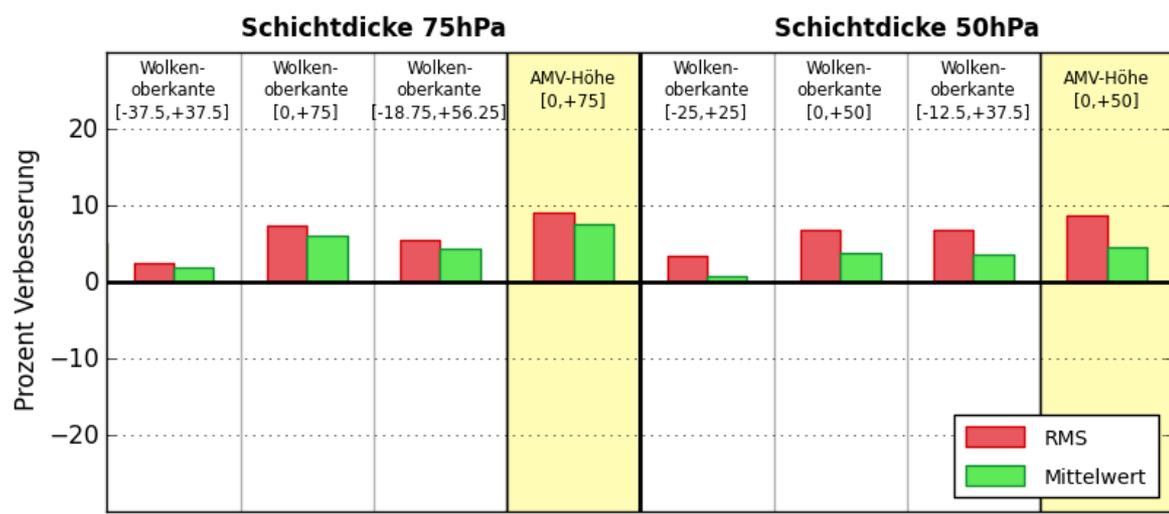
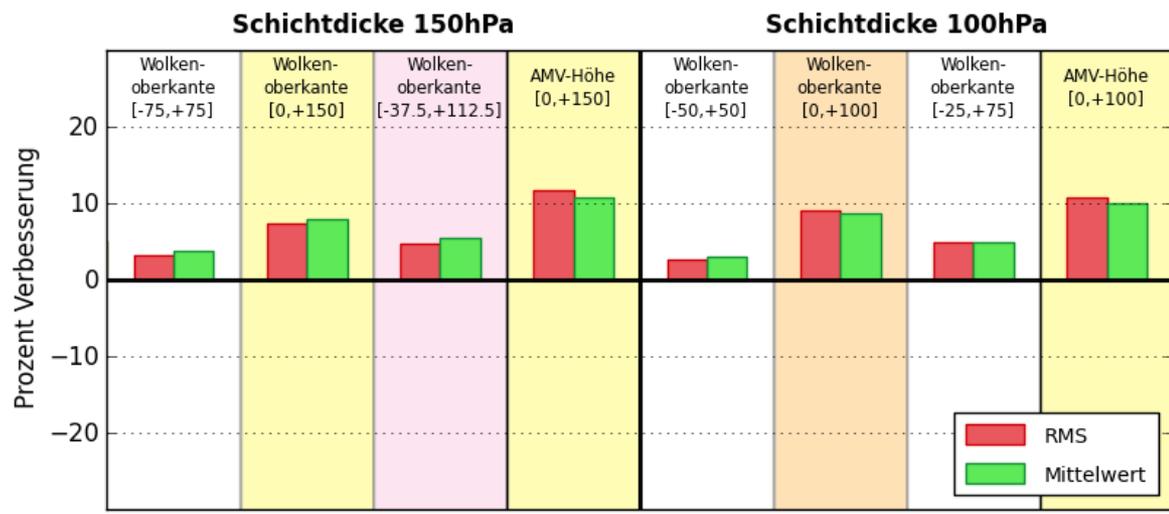


relative Verbesserung =

$$\frac{\text{Windfehler}(\text{AMV}_{\text{ref}}) - \text{Windfehler}(\text{Vergleichsschicht})}{\text{Windfehler}(\text{AMV}_{\text{ref}})}$$

Windvalidierung

(zwischen 307 und 413 Werte)



Windvalidierung

(zwischen 307 und 413 Werte)

Verbesserung mit
Lidar-Schichtwind :
 ca. 8% für 100hPa- und
 150hPa-Schicht unter
Lidar-Wolkenoberkante



Windvalidierung

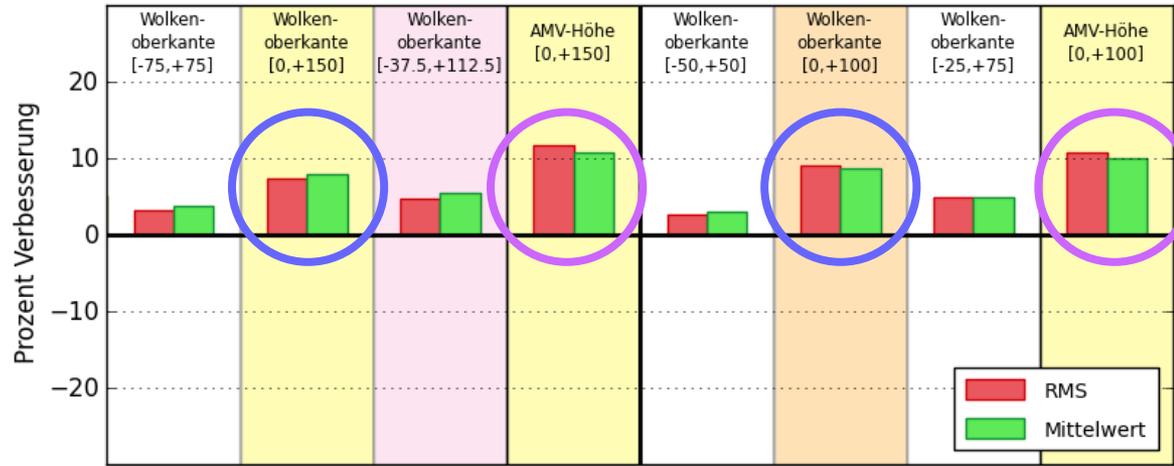
(zwischen 307 und 413 Werte)

Verbesserung mit
Lidar-Schichtwind :
 ca. 8% für 100hPa- und
 150hPa-Schicht unter
Lidar-Wolkenoberkante

Systematischer Höhenfehler:
 Verbesserung des
 Schichtwindes **unter der AMV-Höhe** des Satelliten
 (ca. 11% bei 100hPa- und
 150hPa-Schicht)

Schichtdicke 150hPa

Schichtdicke 100hPa



Schichtdicke 75hPa

Schichtdicke 50hPa



VIS

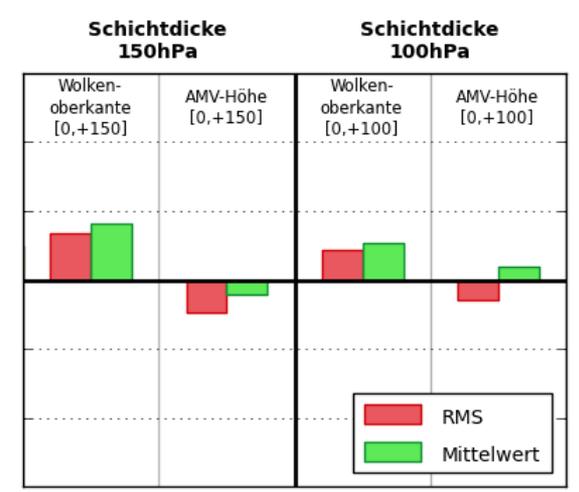
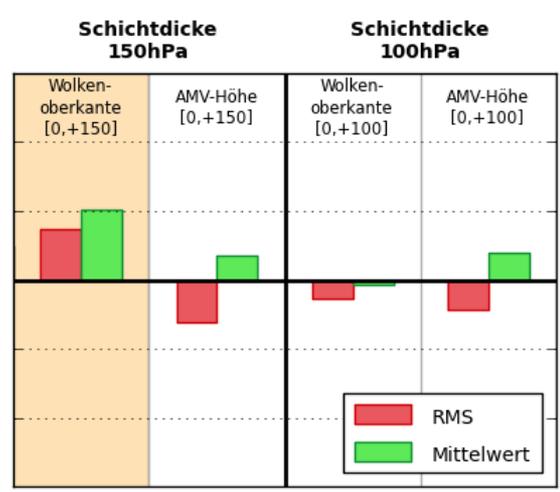
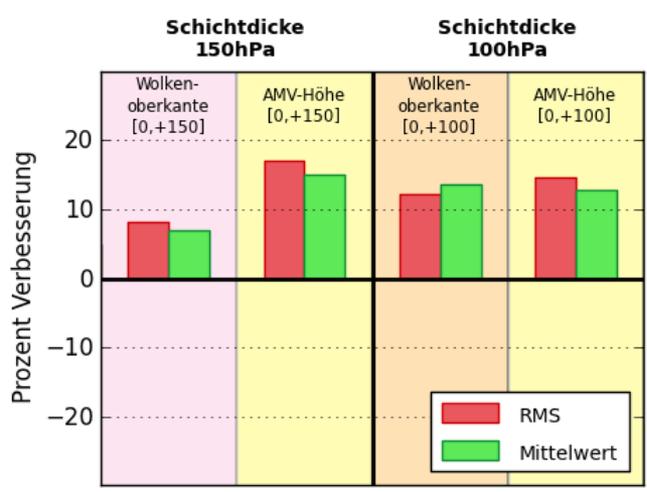
(ca. 1/2 aller Werte)

SWIR

(ca. 1/3 aller Werte)

IR

(ca. 1/6 aller Werte)



VIS

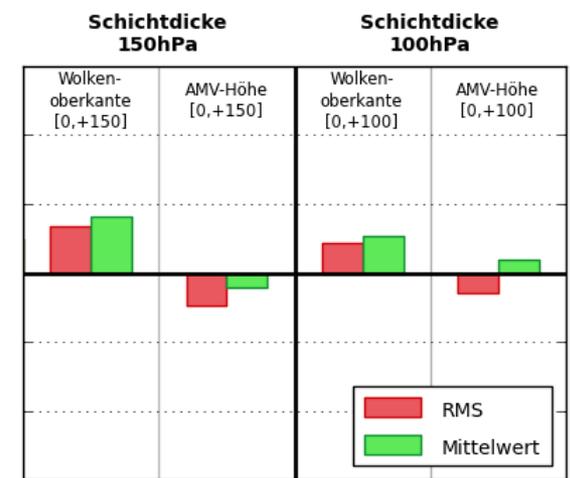
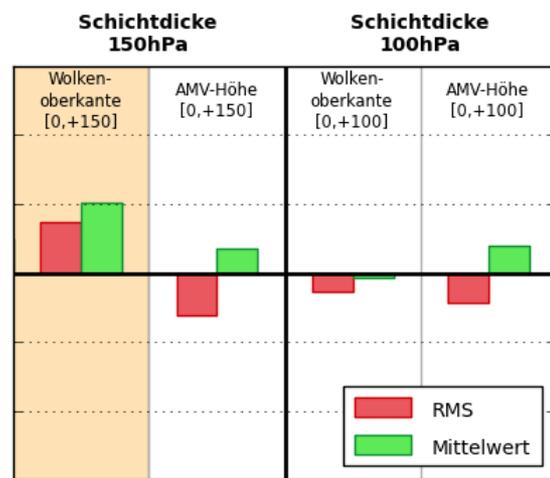
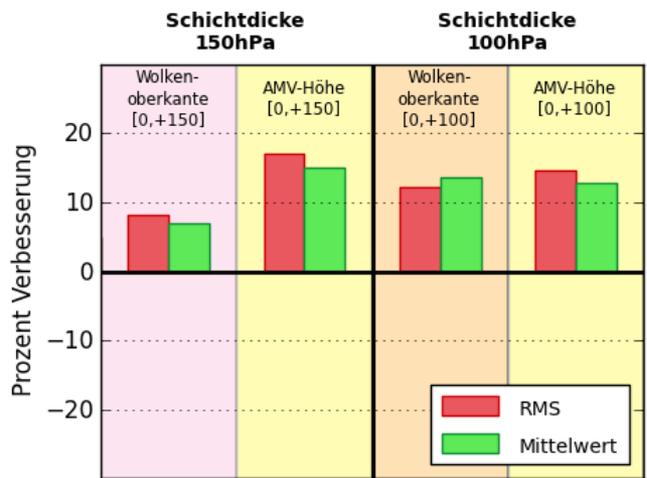
(ca. 1/2 aller Werte)

SWIR

(ca. 1/3 aller Werte)

IR

(ca. 1/6 aller Werte)



- Verbesserung mit **Schichtwind** 150hPa unter der Lidar-Wolkenoberkante in allen Kanälen (bei 100hPa nur VIS und IR; SWIR neutral)



VIS

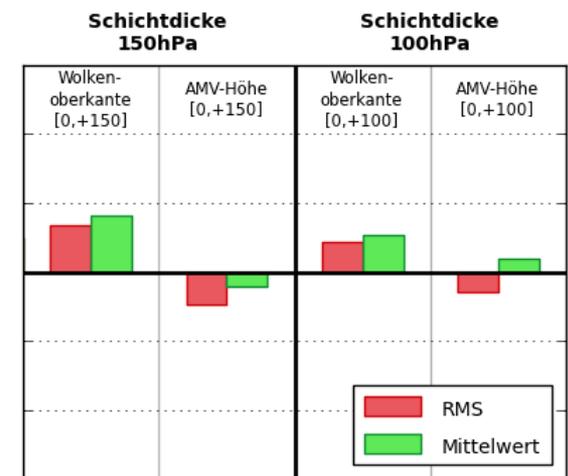
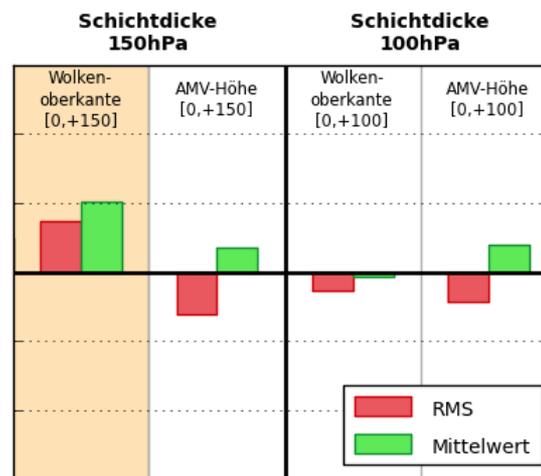
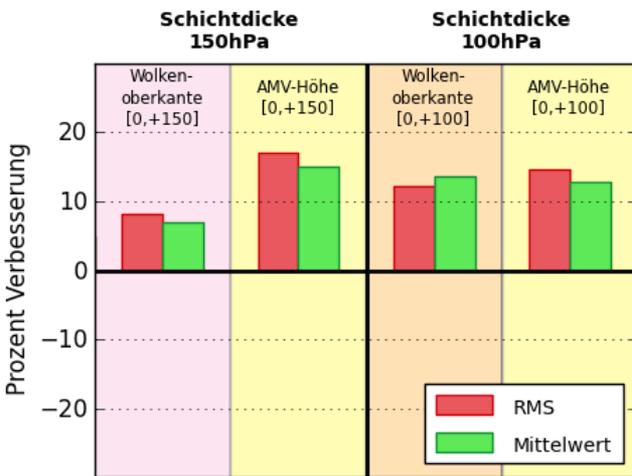
(ca. 1/2 aller Werte)

SWIR

(ca. 1/3 aller Werte)

IR

(ca. 1/6 aller Werte)



- Verbesserung mit **Schichtwind** 150hPa unter der Lidar-Wolkenoberkante in allen Kanälen (bei 100hPa nur VIS und IR; SWIR neutral)
- **Systematischer Höhenfehler** nur in VIS-AMVs deutlich erkennbar

Zusammenfassung

Vergleich von AMVs mit hochpräzisen Lidar-Wolkenoberkanten und Dropsondmessungen während der T-PARC-Kampagne 2008

Höhenvergleich (ca. 700 Vergleichspaare):

- Satellitenwinde aus SWIR und IR im Mittel wie erwartet knapp unter Wolkenoberkante (30-50hPa)
- VIS-AMVs oft zu hoch positioniert

Windvalidierung (Dropsondenvalidierung, ca. 400 Vergleichspaare):

- signifikante Verbesserung des Windfehlers (8%) bei 100hPa- bzw. 150hPa-Schichtmittel unterhalb der Lidar-Wolkenoberkante
- systematischer Höhenfehler der VIS-AMVs

Ausblick

- Windvergleich für T-PARC für andere (operationelle) AMV-Datensätze (DWD)
- Auswertung für andere Kampagnen (IPY Norwegen 2008)
- Lidarmessungen vom Weltall: Satellit CALIPSO mit Lidar (CALIOP) an Bord für weitere Vergleiche
- Laufende Auswertungen von Drop- und Radiosonden während T-PARC mit gleitenden Schichtmitteln des Windes um die AMV-Höhe (Heiner)
- Datenassimilationsstudien