

Erstes kombiniertes 94 GHz Radar-Radiometer: Neue Möglichkeiten für die Fernerkundung von Wolken und Niederschlag



Nils Kuchler¹, Susanne Crewell¹, Stefan Kneifel¹, Pavlos Kollias², Ulrich Löhnert¹

¹ Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln

² School of Marine and Atmospheric Science, Stony Brook University New York

Übersicht

Motivation

FMCW Radar

Z_e Kalibration und Unsicherheit

Sensitivität und Auflösung

89 GHz Radiometerkanal

Zusammenfassung und Ausblick

Motivation

Warum wir Wolken beobachten?

- Hydrologischer Zyklus
- Strahlungsbilanz
 - Energiehaushalt der Erde
- Modellevaluation
 - Wetter, Klima, Solarenergie
- Prozessverständnis
- Satellitenevaluierung (EarthCARE)

FMCW Radar

Frequency Modulated Continuous Wave

JOYCE: Jülich Observatory for Cloud Evolution



Seit 2016: DFG-gefördertes Gerätezentrum

www.geomet.uni-koeln.de/joyce

Nils Kuchler, DACH 2016, 16. März
Institut für Geophysik und Meteorologie
Universität zu Köln



FMCW Radar

Frequency Modulated Continuous Wave

JOYCE: Jülich Observatory for Cloud Evolution



Seit 2016: DFG-gefördertes Gerätezentrum
www.geomet.uni-koeln.de/joyce

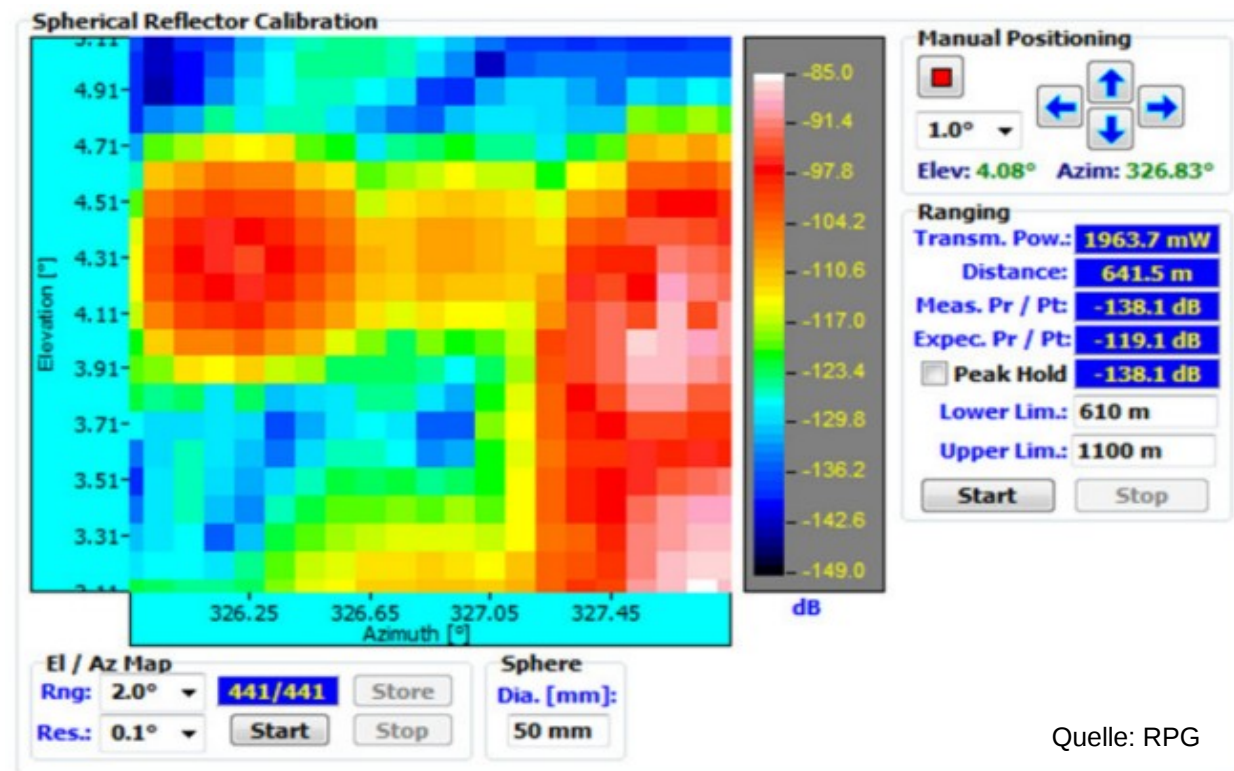
Nils Kuchler, DACH 2016, 16. März
Institut für Geophysik und Meteorologie
Universität zu Köln



Z_e Kalibration und Unsicherheit

Konsistenztest mit Metallkugel:

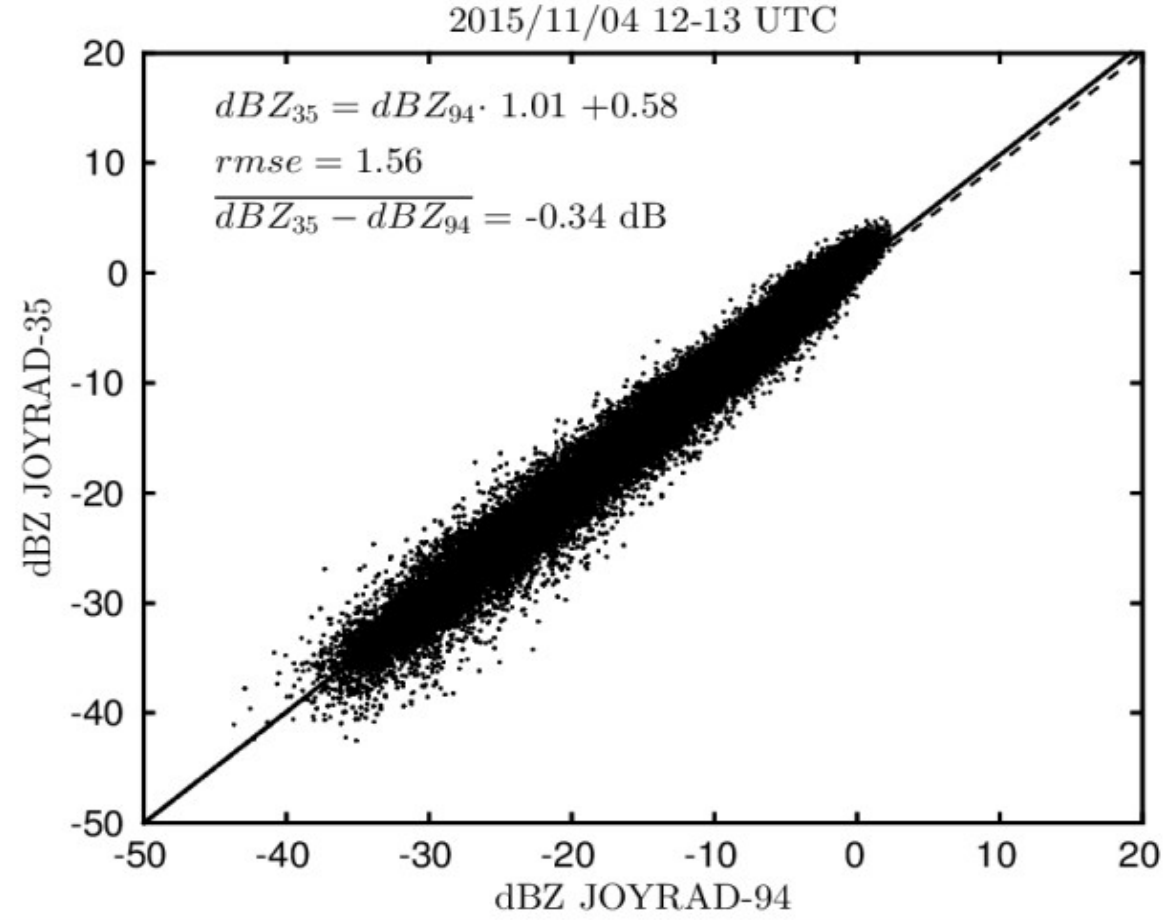
Erwarteter und gemessener Wert stimmen innerhalb von 0.5 dB überein.



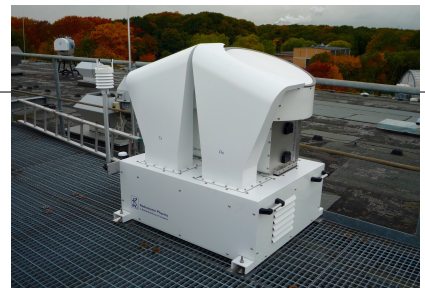
Z_e Kalibration und Unsicherheit

Konsistenztest mit 3 Meter entfernten 35 GHz

Wolkenradar:

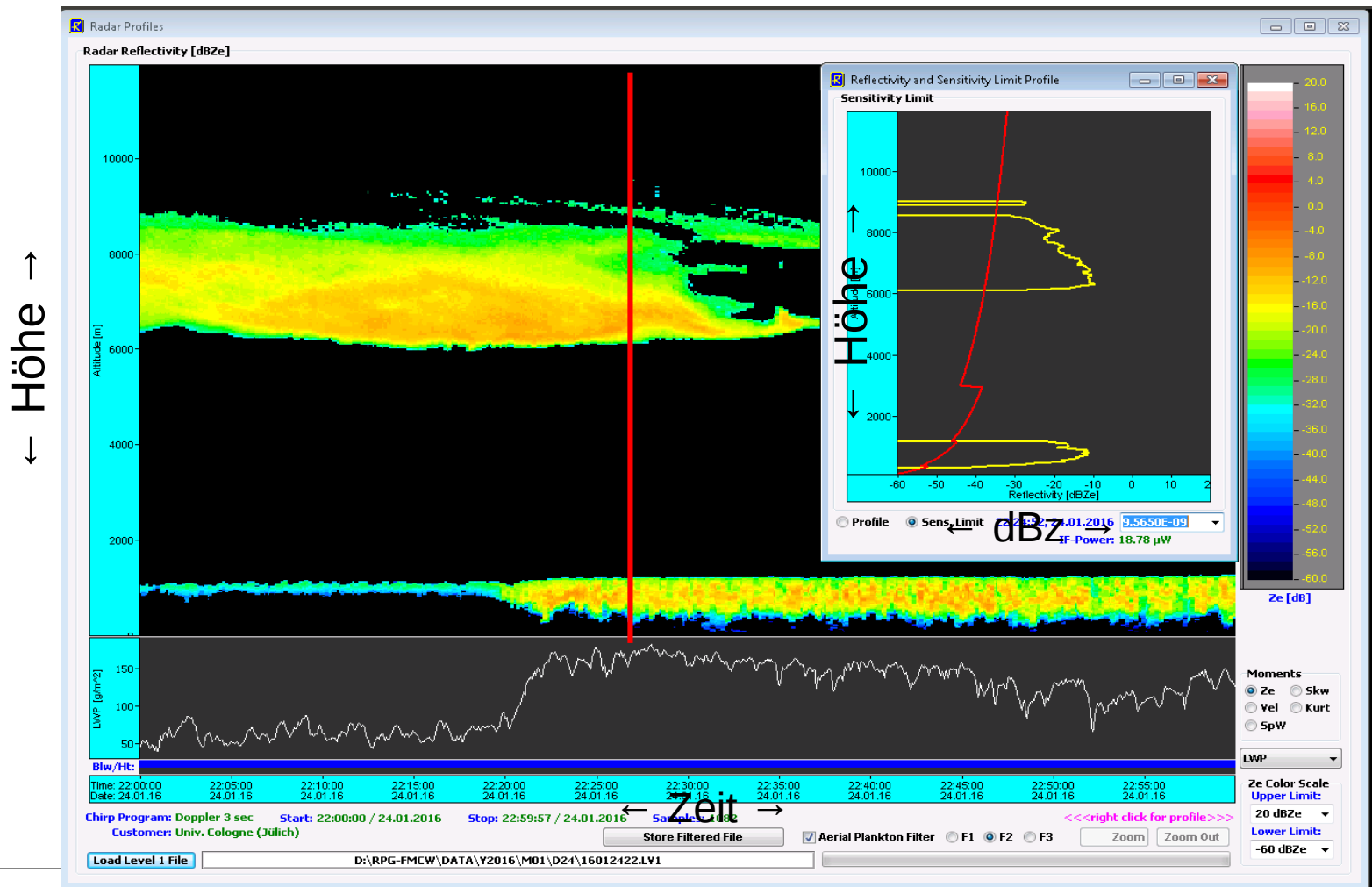


Nils Kuchler, DACH 2016, 16. März
Institut für Geophysik und Meteorologie
Universität zu Köln



Sensitivität und Auflösung

Unterschiedliche Vertikalauflösungen für unterschiedliche Höhenbereiche einstellbar. Die Sensitivität folgt als Konsequenz dieser Einstellungen.

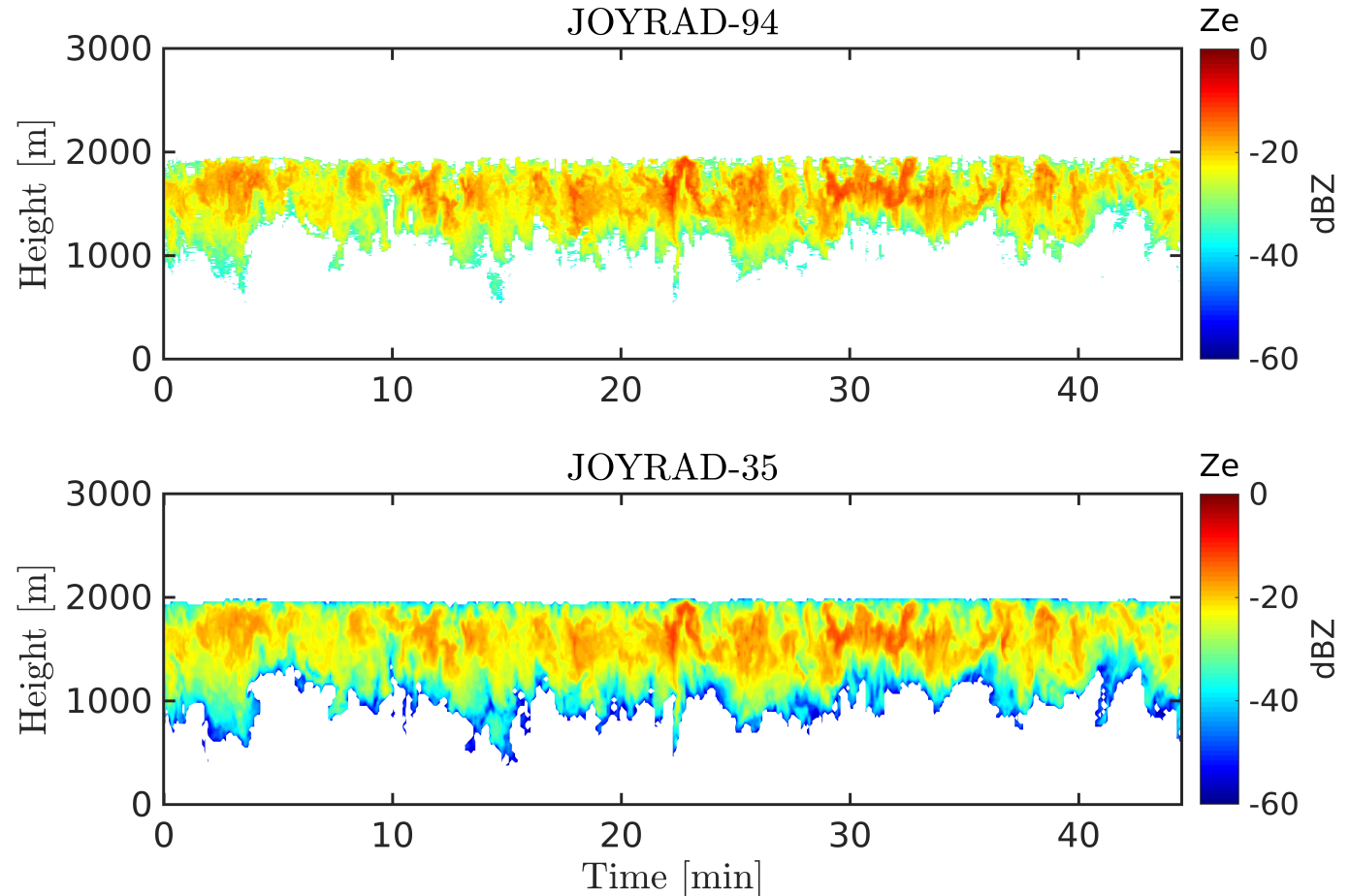


Nils Küchler, DACH 2016, 16. März
Institut für Geophysik und Meteorologie
Universität zu Köln

Sensitivität und Auflösung

Vertikale Auflösung bis zu 5 m möglich. Vergleich zu 35 GHz Wolkenradar mit Standardauflösung von 30 m einer Mischphasenwolke mit etwa 30 g/m² Flüssigwasser in oberen 200 m.

Detaillierte Auflösung von Strukturen.

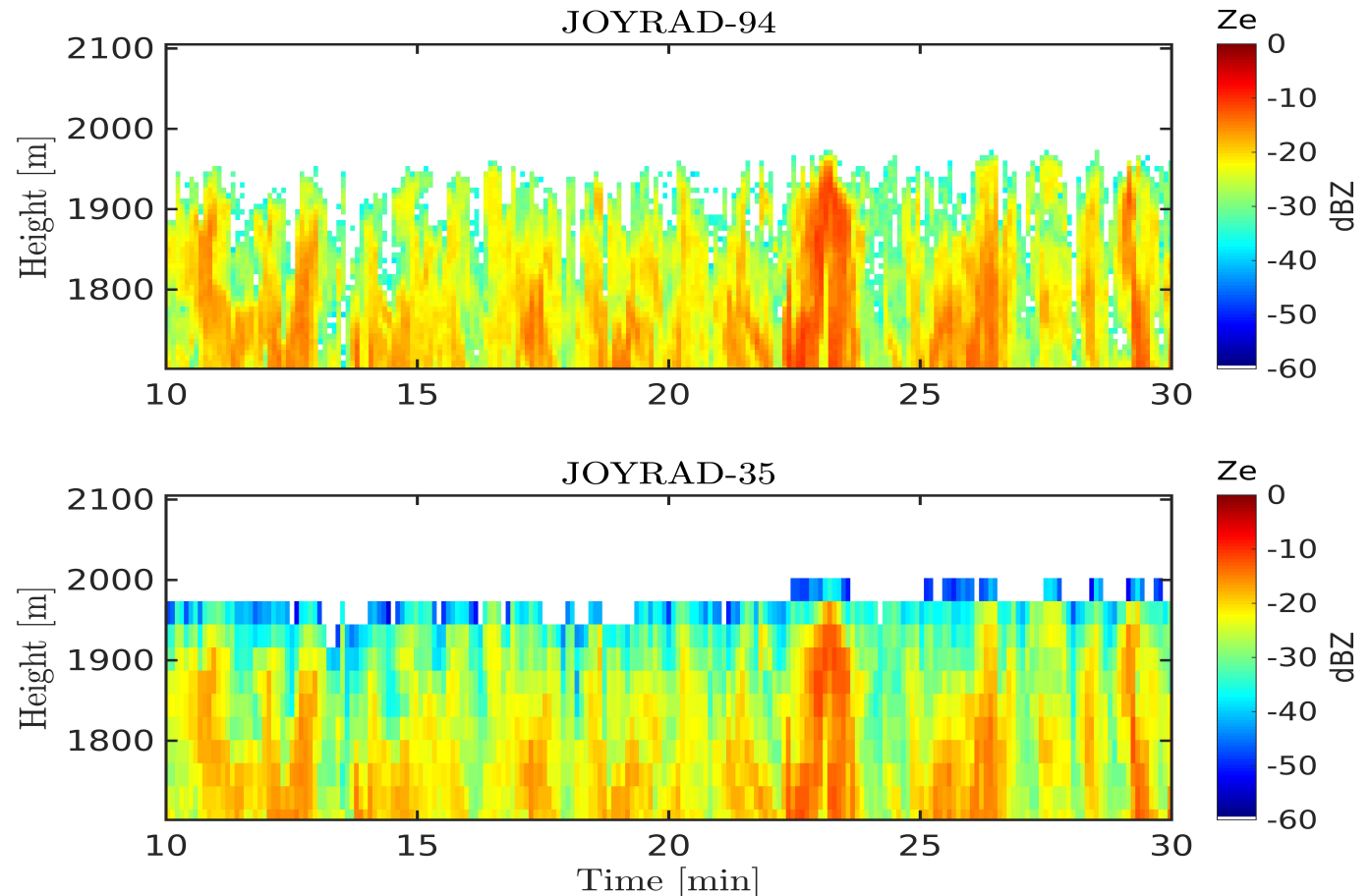


Sensitivität und Auflösung

Vertikale Auflösung bis zu 5 m möglich. Vergleich zu 35 GHz Wolkenradar mit Standardauflösung von 30 m einer Mischphasenwolke mit etwa 30 g/m² Flüssigwasser in oberen 200 m.

Detaillierte Auflösung von Strukturen.

Kein „partial beam filling“.

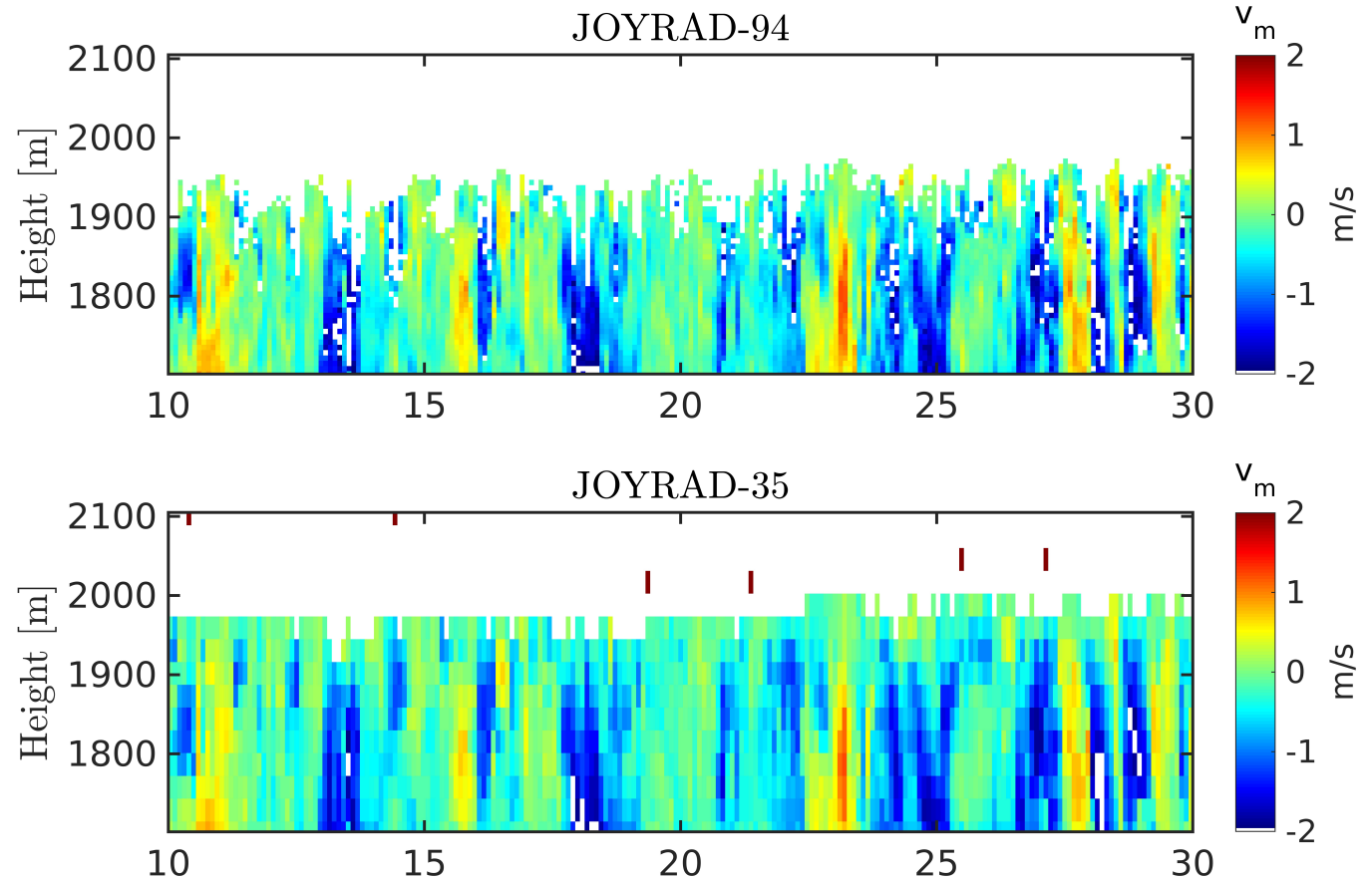


Sensitivität und Auflösung

Vertikale Auflösung bis zu 5 m möglich. Vergleich zu 35 GHz Wolkenradar mit Standardauflösung von 30 m einer Mischphasenwolke mit etwa 30 g/m² Flüssigwasser in oberen 200 m.

Detaillierte Auflösung von Strukturen.

Kein „partial beam filling“.



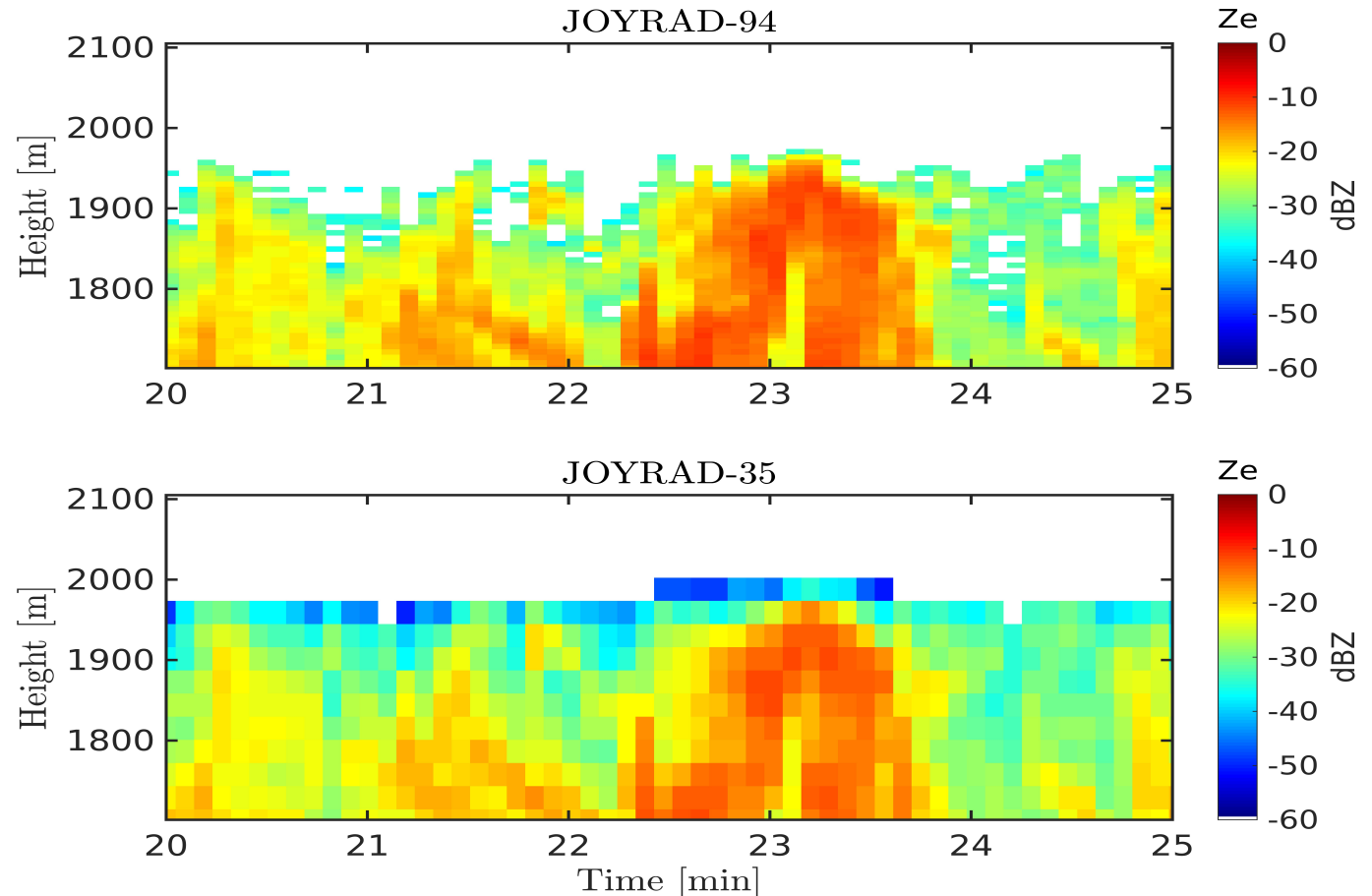
Sensitivität und Auflösung

Vertikale Auflösung bis zu 5 m möglich. Vergleich zu 35 GHz Wolkenradar mit Standardauflösung von 30 m einer Mischphasenwolke mit etwa 30 g/m² Flüssigwasser in oberen 200 m.

Detaillierte Auflösung von Strukturen.

Kein „partial beam filling“.

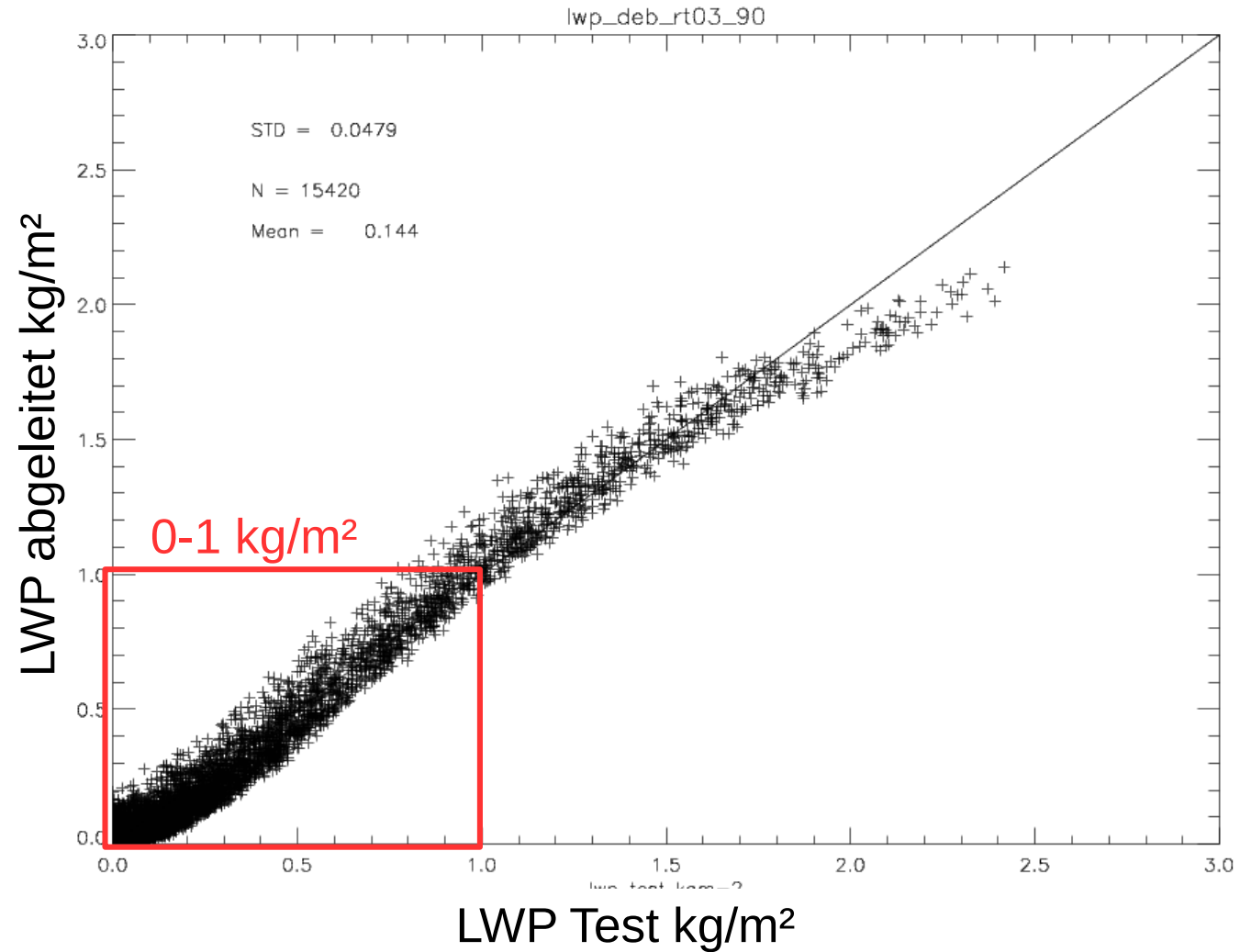
Verbesserte Detektion von Reflektivitätsmaxima und -minima.



89 GHz Radiometerkanal

Integrierter Flüssigwassergehalt mittels statistischer Regression:

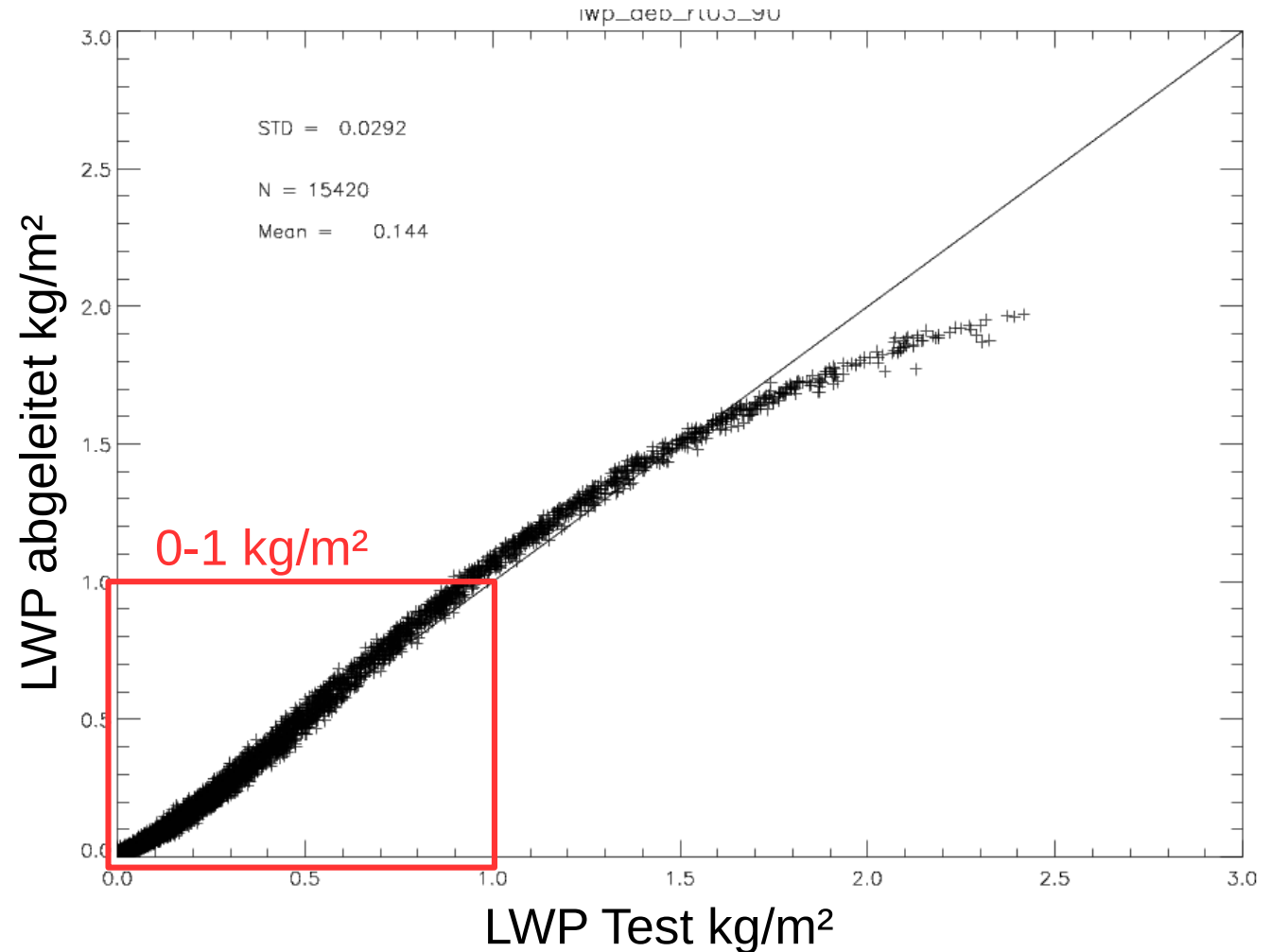
Nur 89 GHz:



89 GHz Radiometerkanal

Integrierter Flüssigwassergehalt mittels statistischer Regression:

89 GHz plus
integriertem
Wasserdampf
von externer
Quelle mit
Genauigkeit
von 2 kg/m²



Zusammenfassung

- Hochaufgelöste Vertikalprofile von Radarreflektivität und Vertikalbewegung
- Genaue LWP Messung mit passivem Kanal
- Identische Beobachtungsvolumina

Ausblick

- Profilierung dünner und gebrochener Flüssigwasserwolken
- Evaluierung turbulenter Wolkenprozess (z.B. „Cloud Top Entrainment“)
- Einbettung in „Optimal Estimation Retrieval“ zur Ableitung des vollen Atmosphärenzustands

FMCW Radar

Radargleichung:
$$P_r = \frac{C |K|^2}{r^2} \cdot z \quad z = \int_0^{\infty} N(D) D^6 dD$$

C - radar constant with instrument specific constants

r² - dependence on distance

z- radar reflectivity factor of a drops with diameter **D**

K - depends on dielectric properties of scattering material

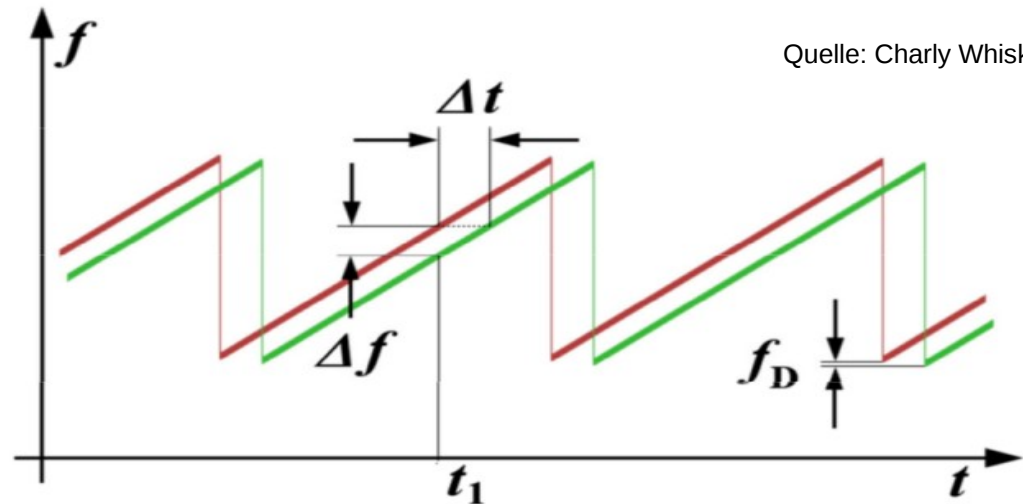
Frequenz Modulierte Continuierliche Welle (FMCW):

Δt - Signallaufzeit

Δf - Frequenzdifferenz am Mischer

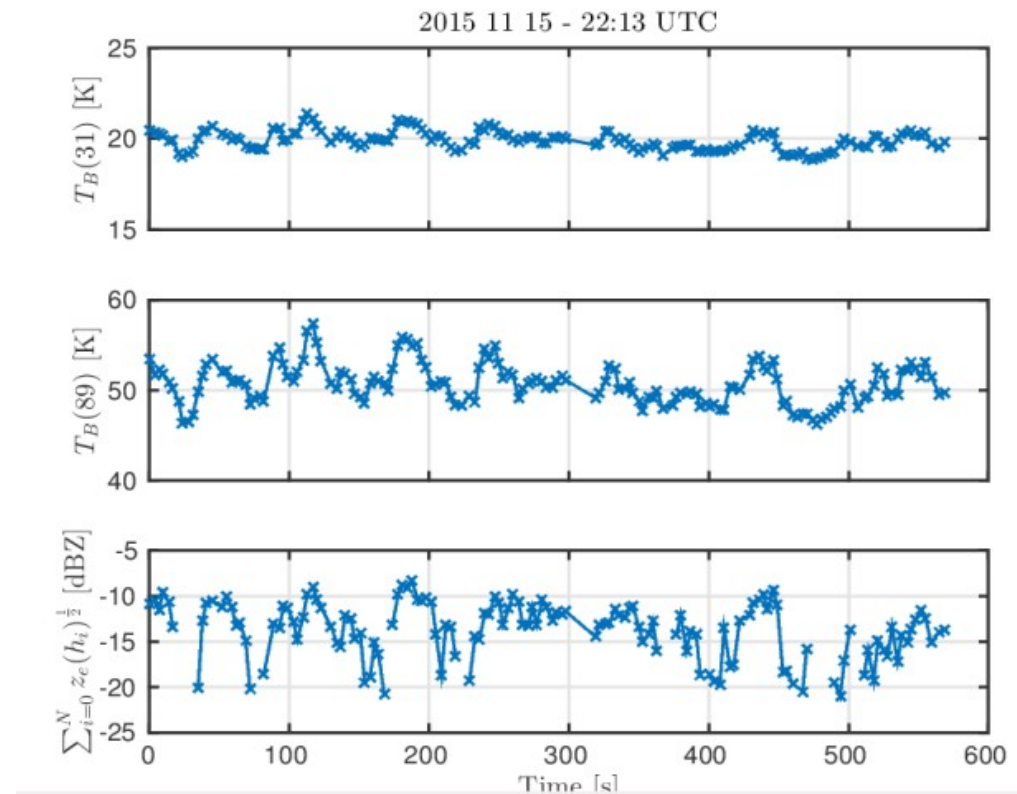
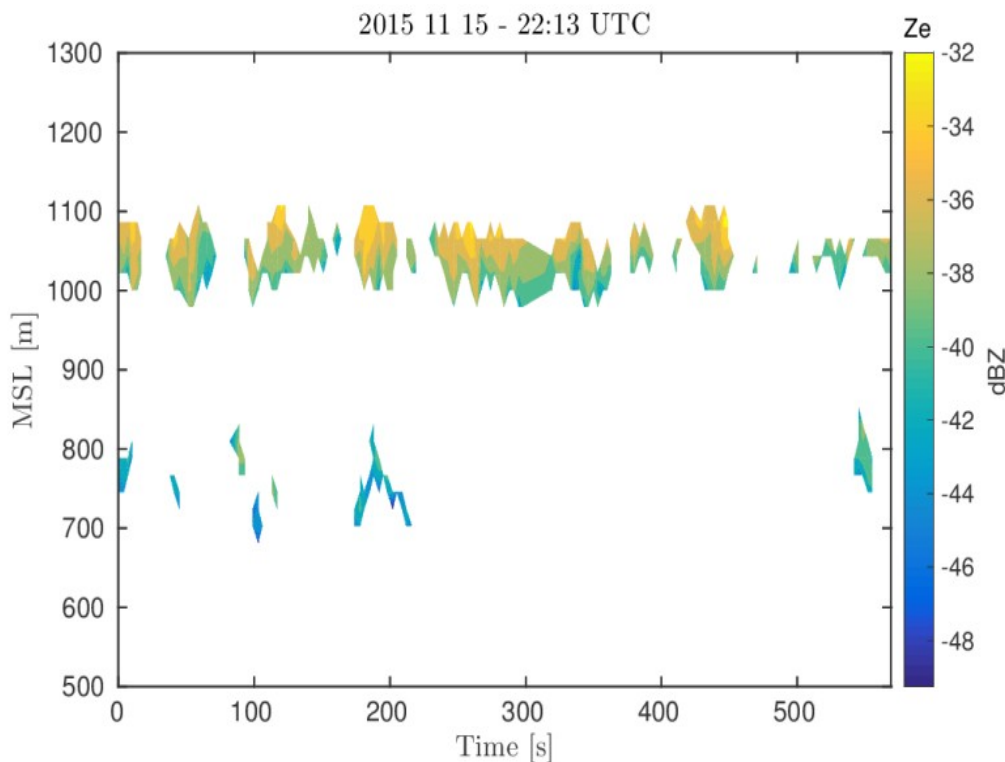
f_D - Doppler Frequenzverschiebung

f - Frequenz



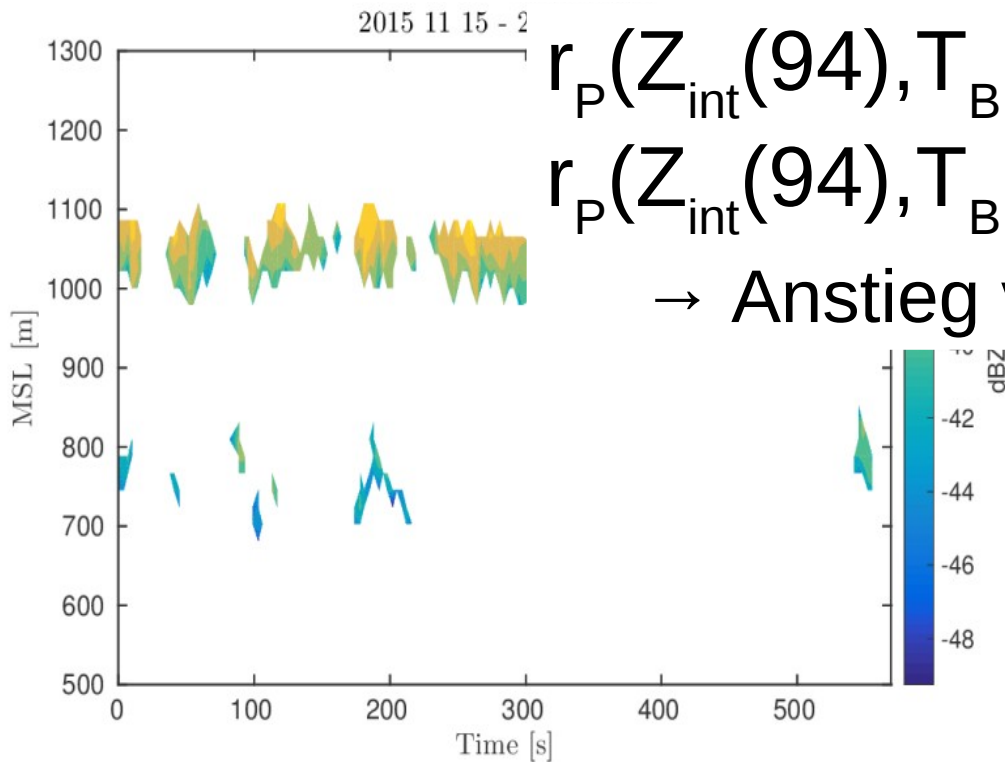
89 GHz Radiometerkanal

Korrelationsvergleich zwischen integriertem Z [dBZ] und der Signatur des radiometrischen Kanals bei 89 GHz (gleiche Antenne) mit der des radiometrischen Kanal bei 31 GHz Kanals des benachbarten Radiometers (4 m Abstand):



89 GHz Radiometerkanal

Korrelationsvergleich zwischen integriertem Z [dBZ] und der Signatur des radiometrischen Kanals bei 89 GHz (gleiche Antenne) mit der des radiometrischen Kanal bei 31 GHz Kanals des benachbarten Radiometers (4 m Abstand):



$$r_P(Z_{\text{int}}(94), T_B(31)) = 0.71$$

$$r_P(Z_{\text{int}}(94), T_B(89)) = 0.78$$

→ Anstieg von ca. 10 %

