

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



Nils Kuchler<sup>1</sup>, Susanne Crewell<sup>1</sup>, Stefan Kneifel<sup>1</sup>, Pavlos Kollias<sup>2</sup>, Ulrich Löhnert<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln

<sup>2</sup> 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](http://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](http://www.geomet.uni-koeln.de/joyce)*

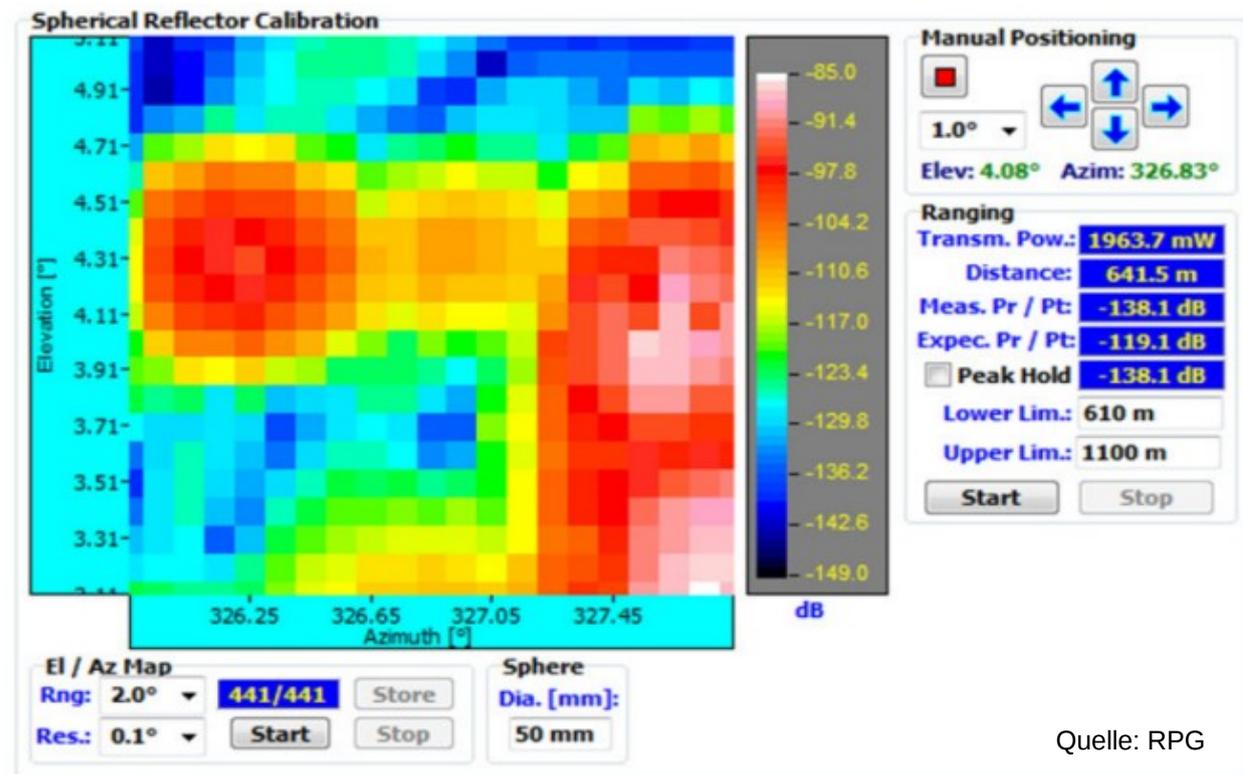
Nils Küchler, DACH 2016, 16. März  
Institut für Geophysik und Meteorologie  
Universität zu Köln



# Z<sub>e</sub> Kalibration und Unsicherheit

## Konsistenztest mit Metallkugel:

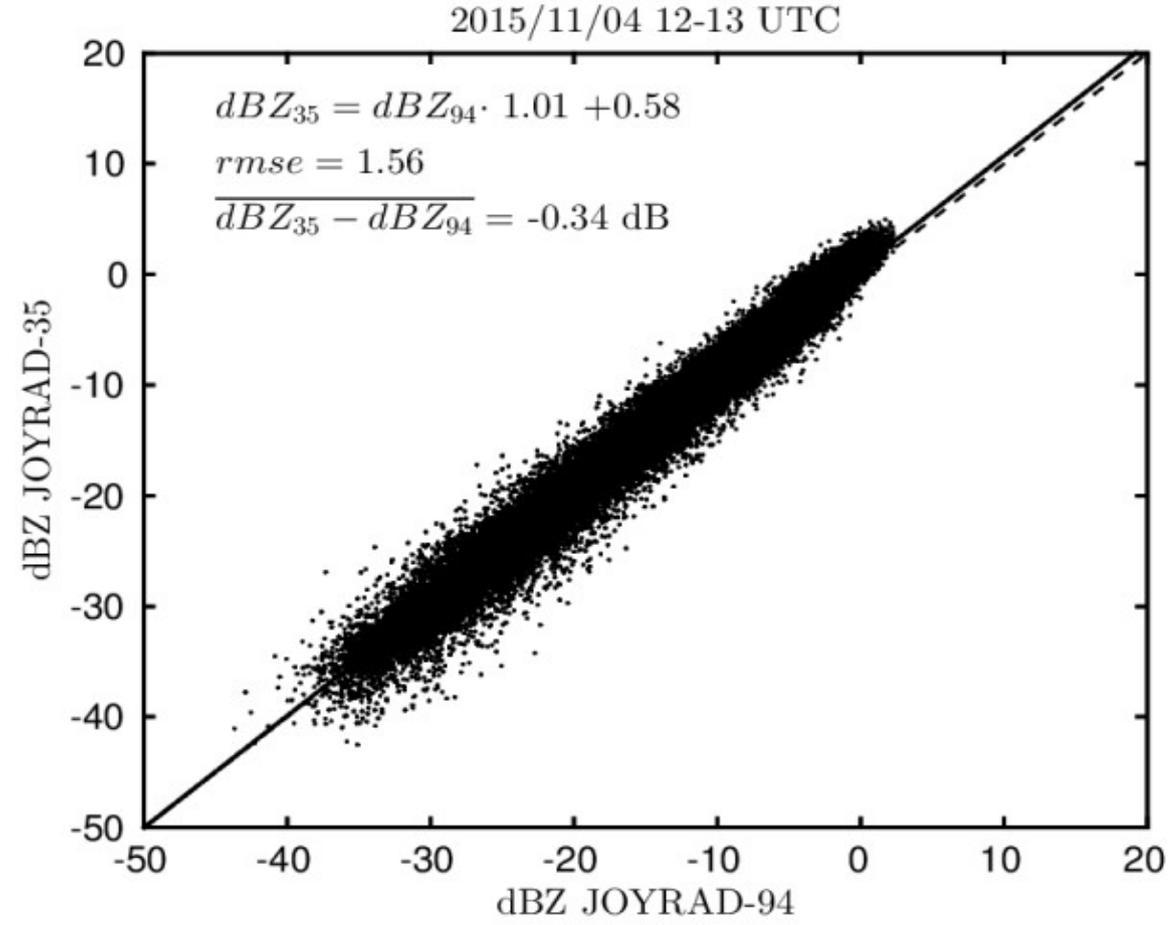
Erwarteter und gemessener Wert stimmen innerhalb von 0.5 dB überein.



# Z<sub>e</sub> Kalibration und Unsicherheit

Konsistenztest mit 3 Meter entfernten 35 GHz

Wolkenradar:

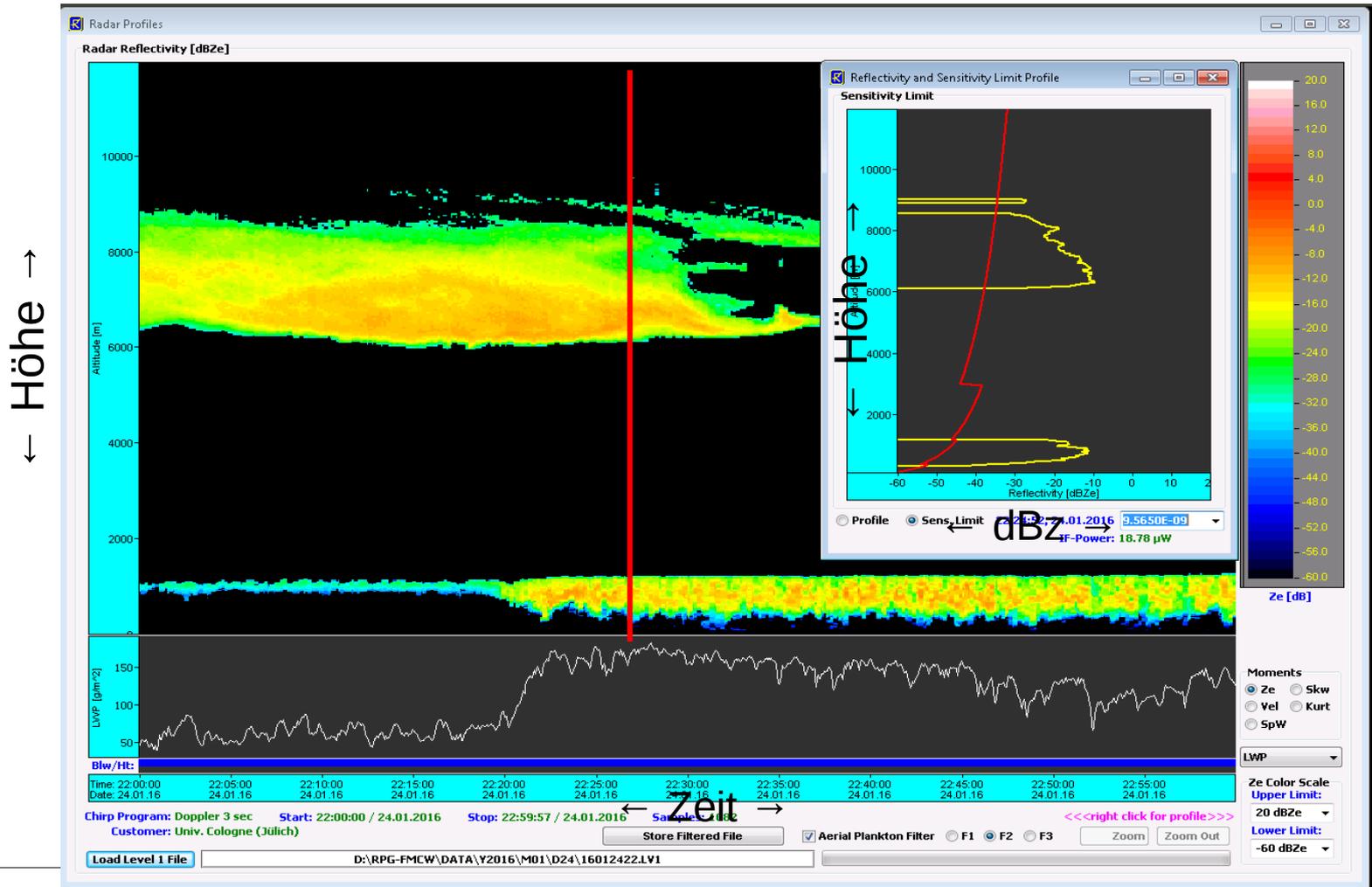


Nils Kuchler, DACH 2016, 16. März  
Institut für Geophysik und Meteorologie  
Universität zu Köln



# Sensitivität und Auflösung

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

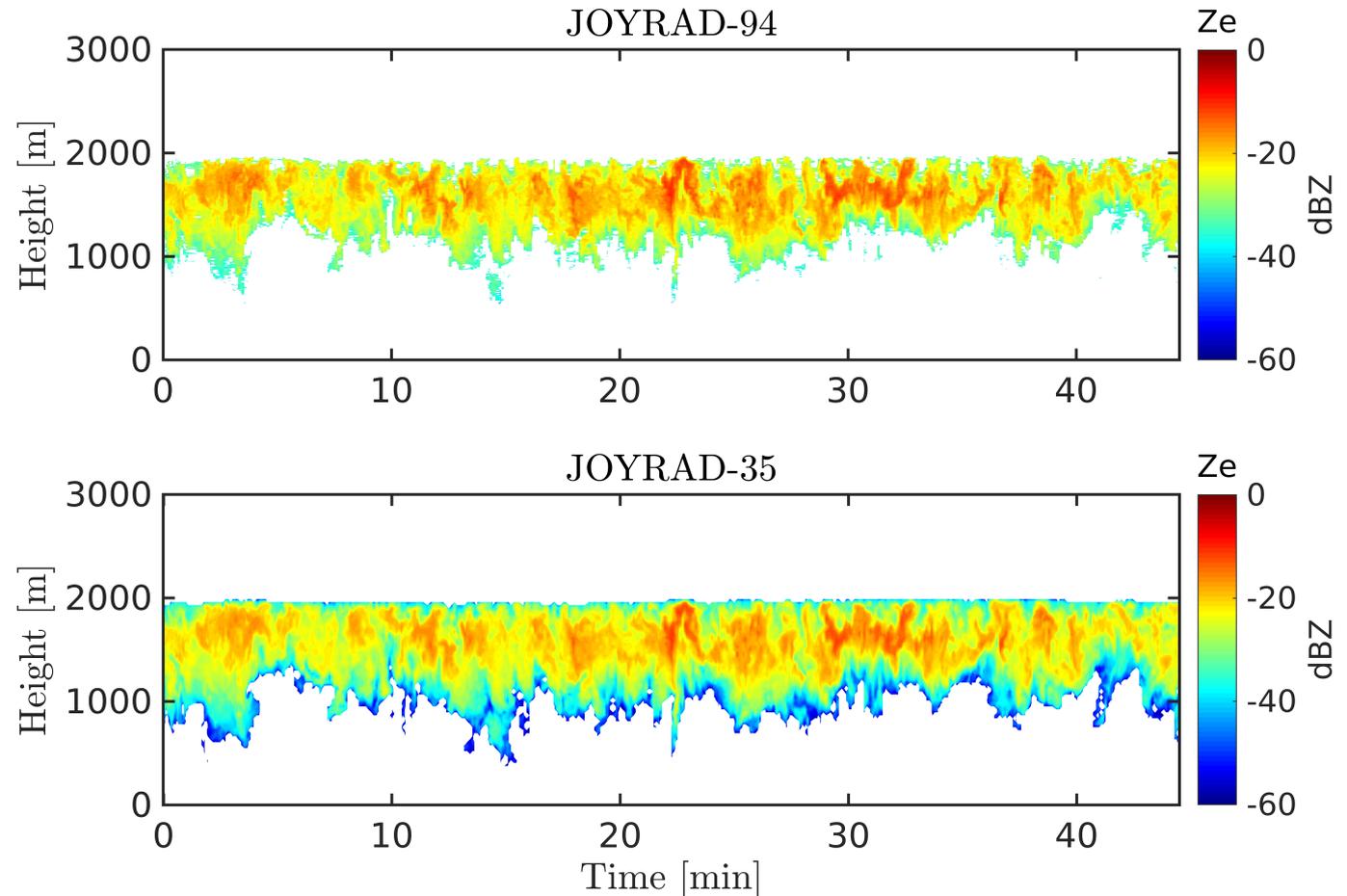


Nils Küchler, DACH 2016, 16. März  
Institut für Geophysik und Meteorologie  
Universität zu Köln

# 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/m<sup>2</sup> Flüssigwasser in oberen 200 m.

Detaillierte Auflösung von Strukturen.

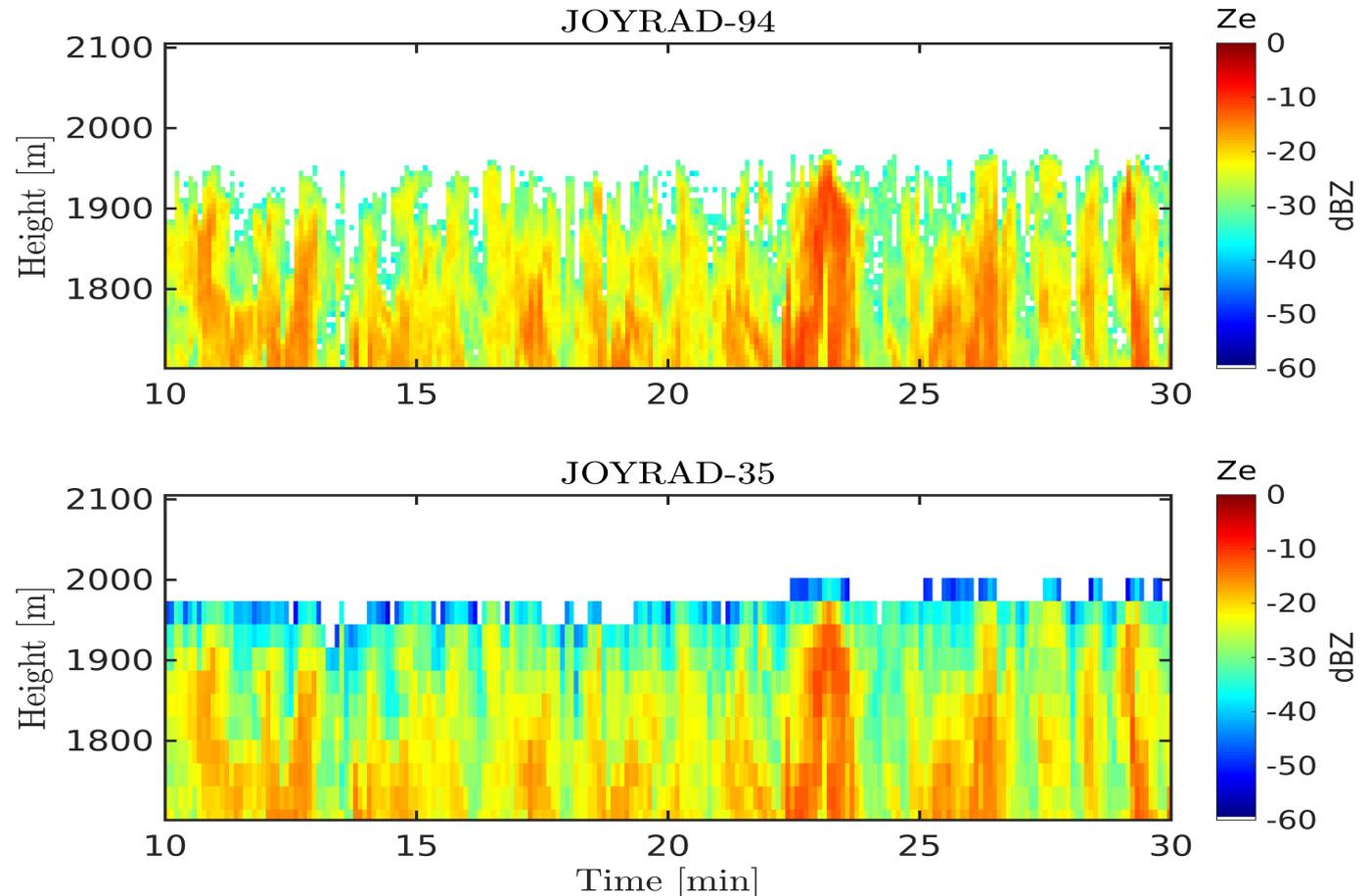


# Sensitivität und Auflösung

Vertikale Auflösung bis zu 5 m möglich. Vergleich zu 35 GHz Wolkenradar mit Standardauflösung von 30 m einer Mischphasenwolke mit etwa 30 g/m<sup>2</sup> Flüssigwasser in oberen 200 m.

Detaillierte Auflösung von Strukturen.

Kein „partial beam filling“.

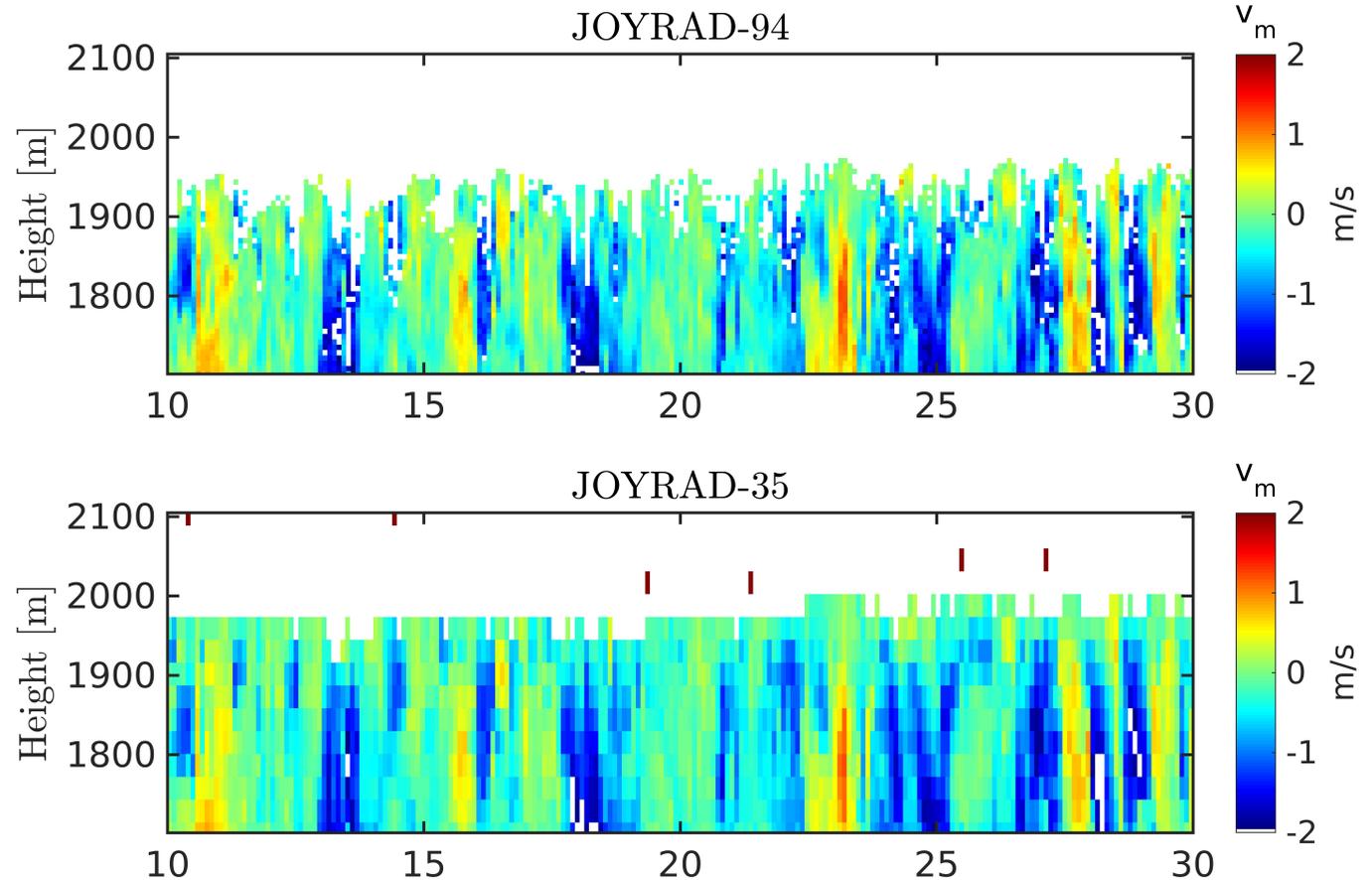


# Sensitivität und Auflösung

Vertikale Auflösung bis zu 5 m möglich. Vergleich zu 35 GHz Wolkenradar mit Standardauflösung von 30 m einer Mischphasenwolke mit etwa 30 g/m<sup>2</sup> Flüssigwasser in oberen 200 m.

Detaillierte Auflösung von Strukturen.

Kein „partial beam filling“.



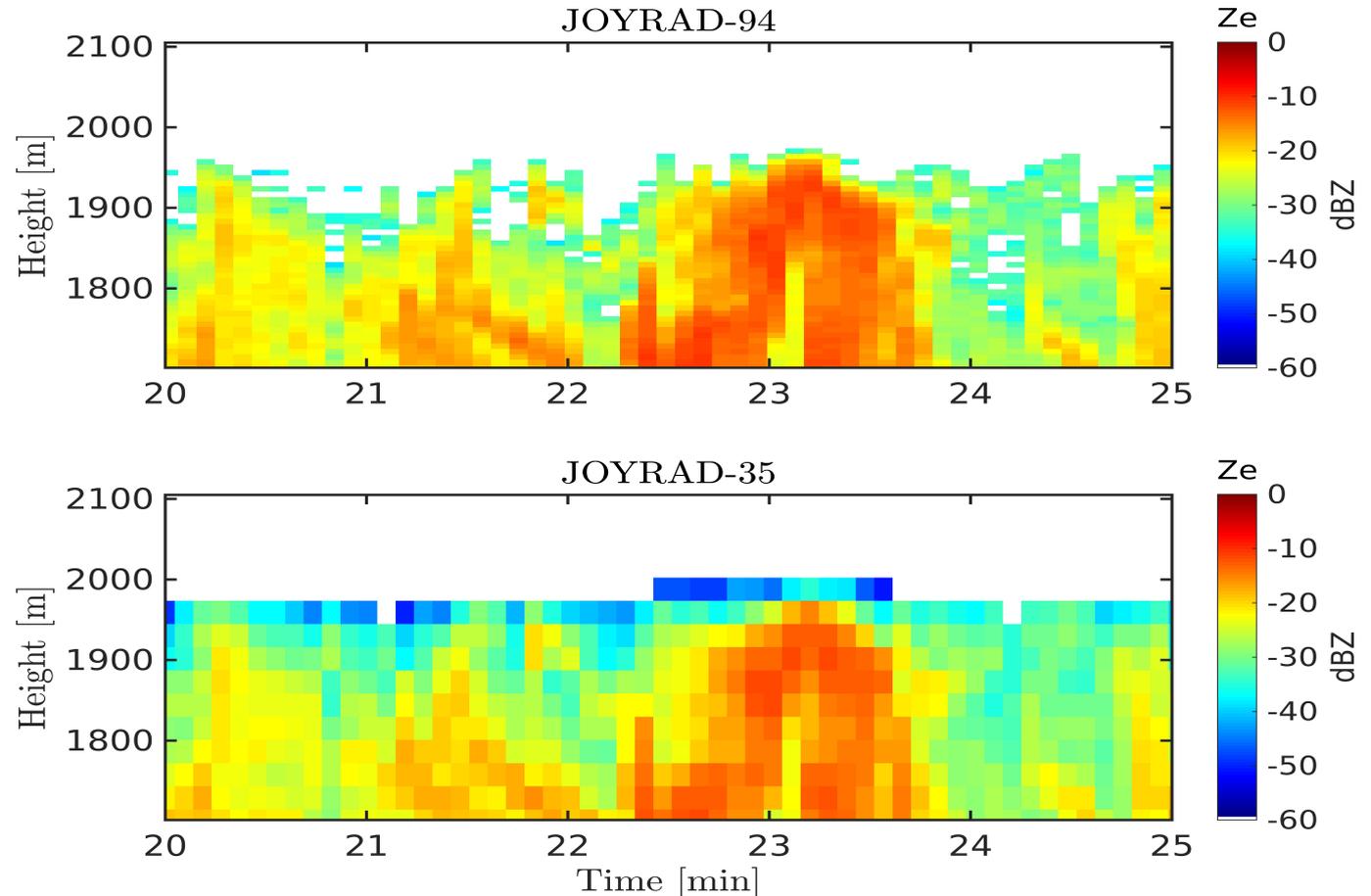
# Sensitivität und Auflösung

Vertikale Auflösung bis zu 5 m möglich. Vergleich zu 35 GHz Wolkenradar mit Standardauflösung von 30 m einer Mischphasenwolke mit etwa 30 g/m<sup>2</sup> Flüssigwasser in oberen 200 m.

Detaillierte Auflösung von Strukturen.

Kein „partial beam filling“.

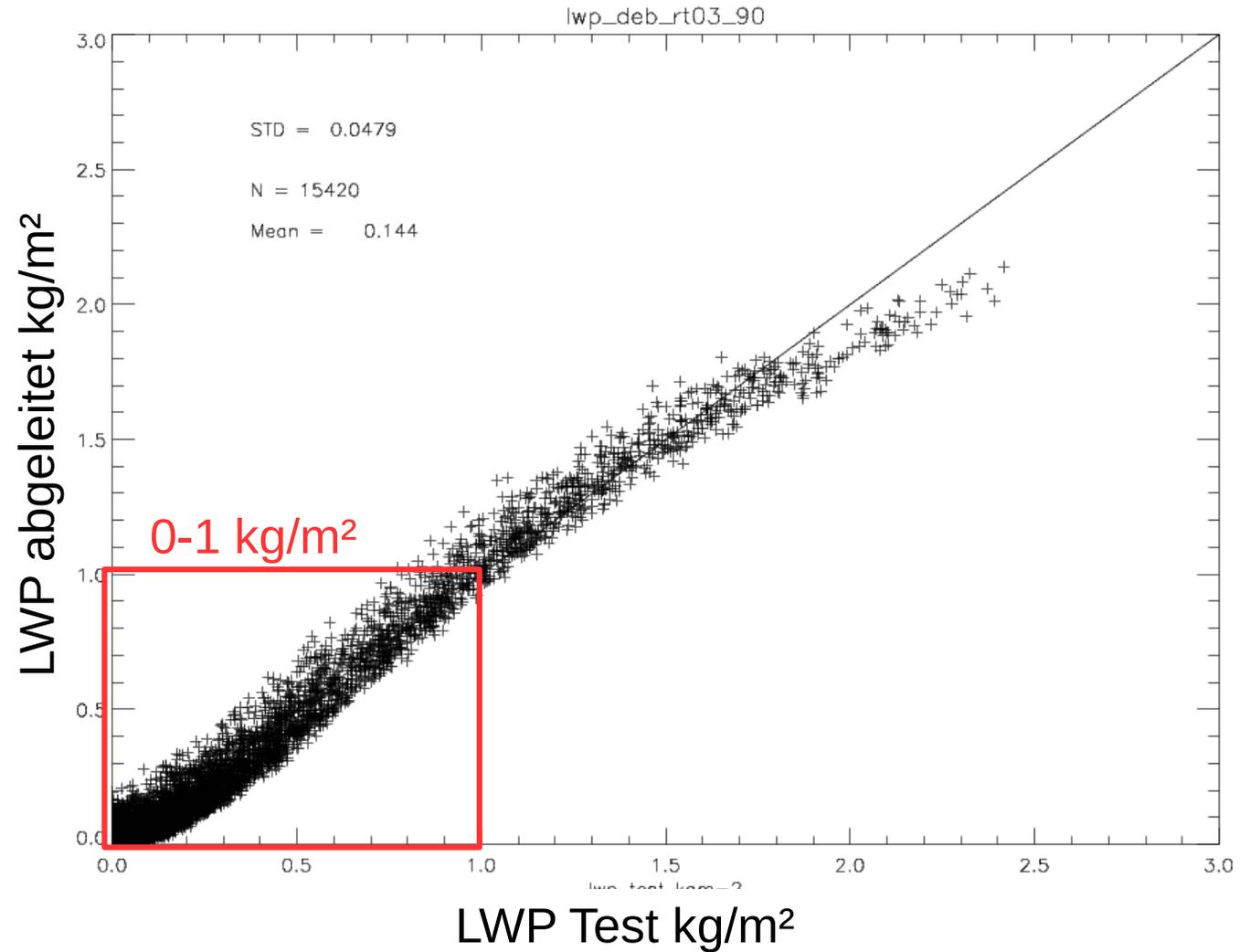
Verbesserte Detektion von Reflektivitätsmaxima und -minima.



# 89 GHz Radiometerkanal

Integrierter Flüssigwassergehalt mittels statistischer Regression:

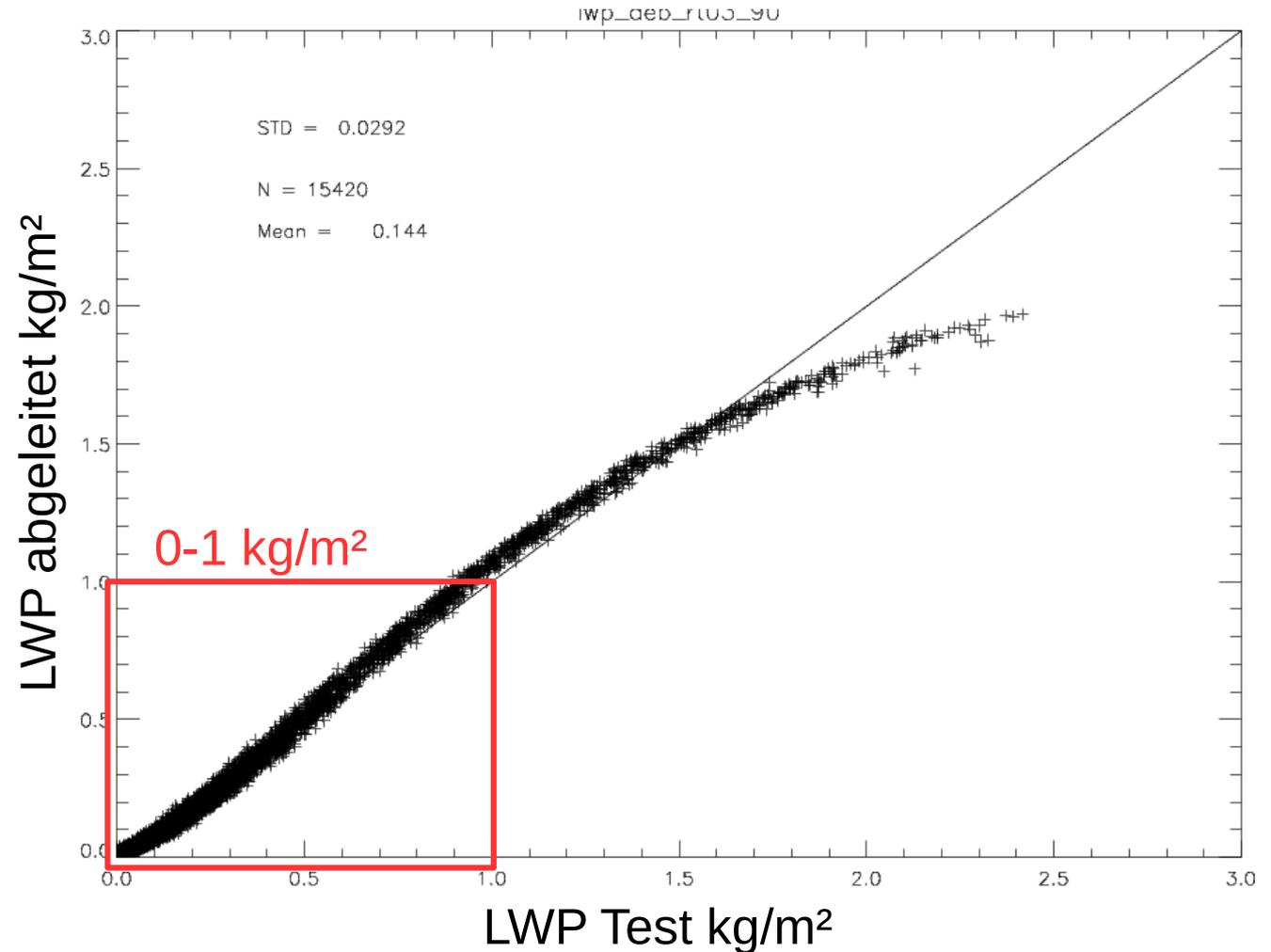
Nur 89 GHz:



# 89 GHz Radiometerkanal

Integrierter Flüssigwassergehalt mittels statistischer Regression:

89 GHz plus  
integriertem  
Wasserdampf  
von externer  
Quelle mit  
Genauigkeit  
von 2 kg/m<sup>2</sup>



# 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

**r<sup>2</sup>** - dependence on distance

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

**K** - depends on dielectric properties of scattering material

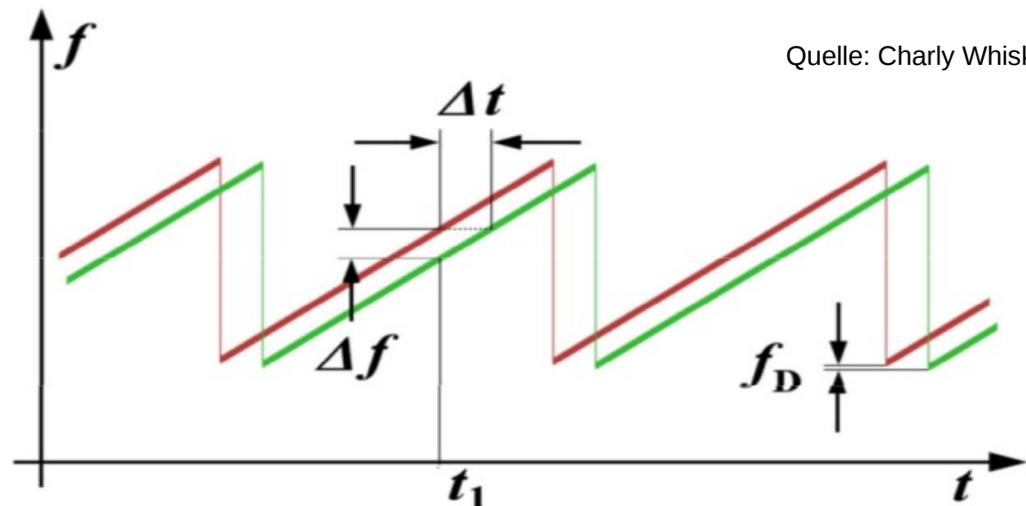
## Frequenz Modulierte Continuierliche Welle (FMCW):

$\Delta t$  - Signallaufzeit

$\Delta f$  - Frequenzdifferenz am Mischer

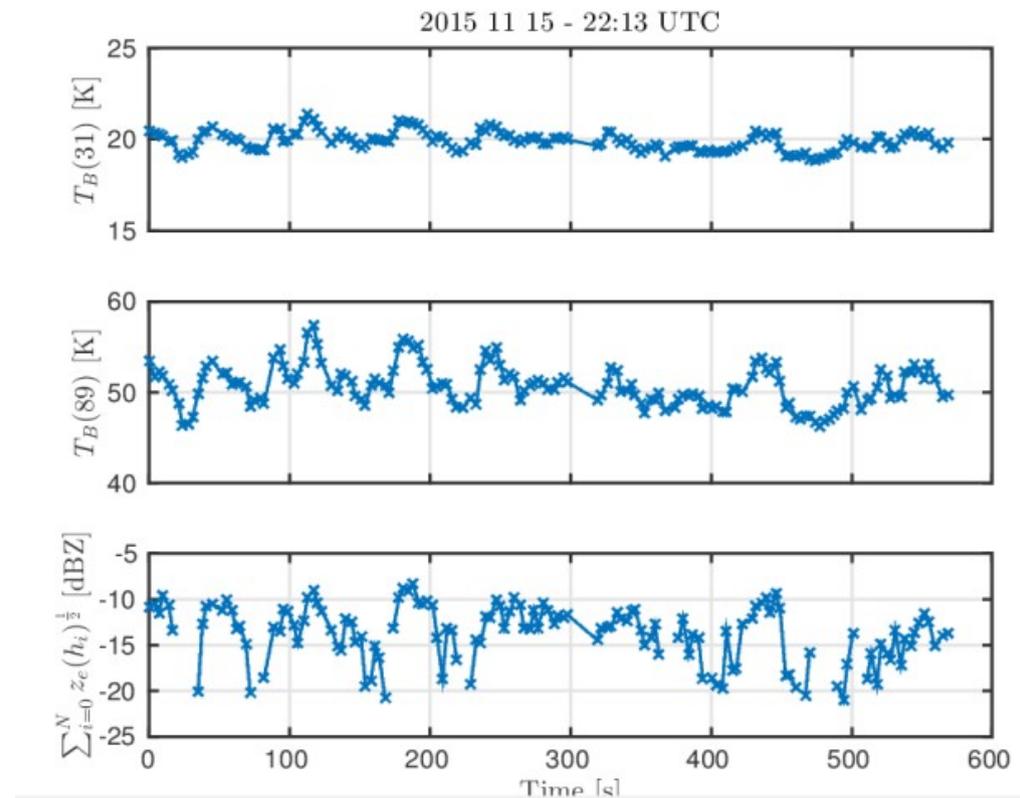
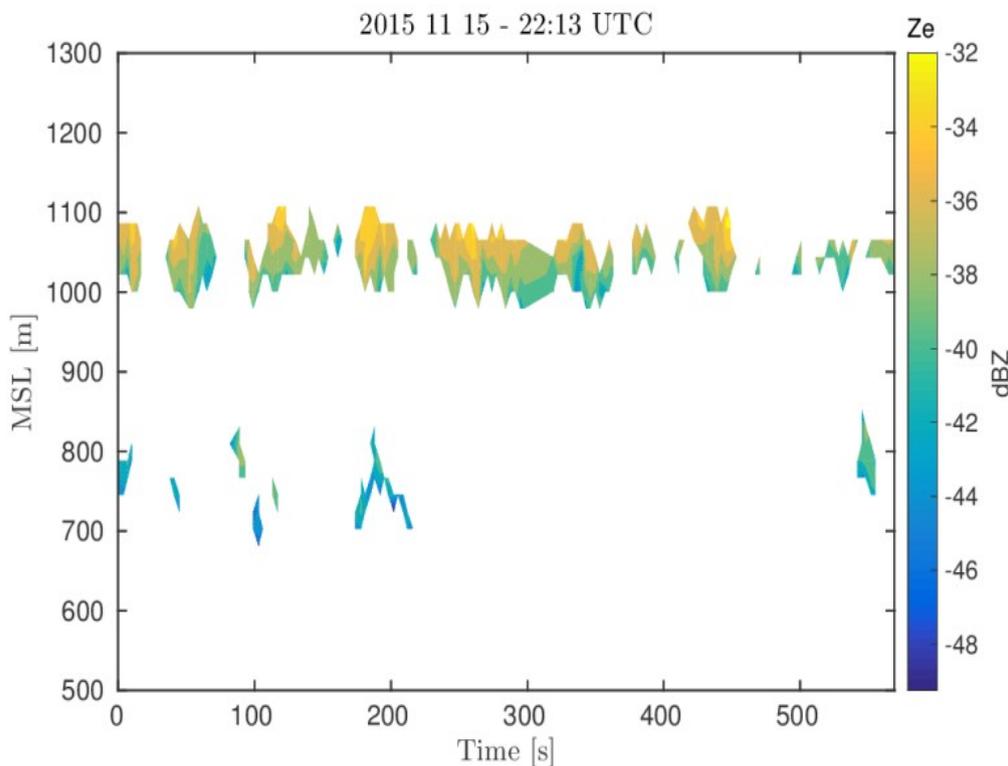
$f_D$  - Doppler Frequenzverschiebung

**f** - Frequenz



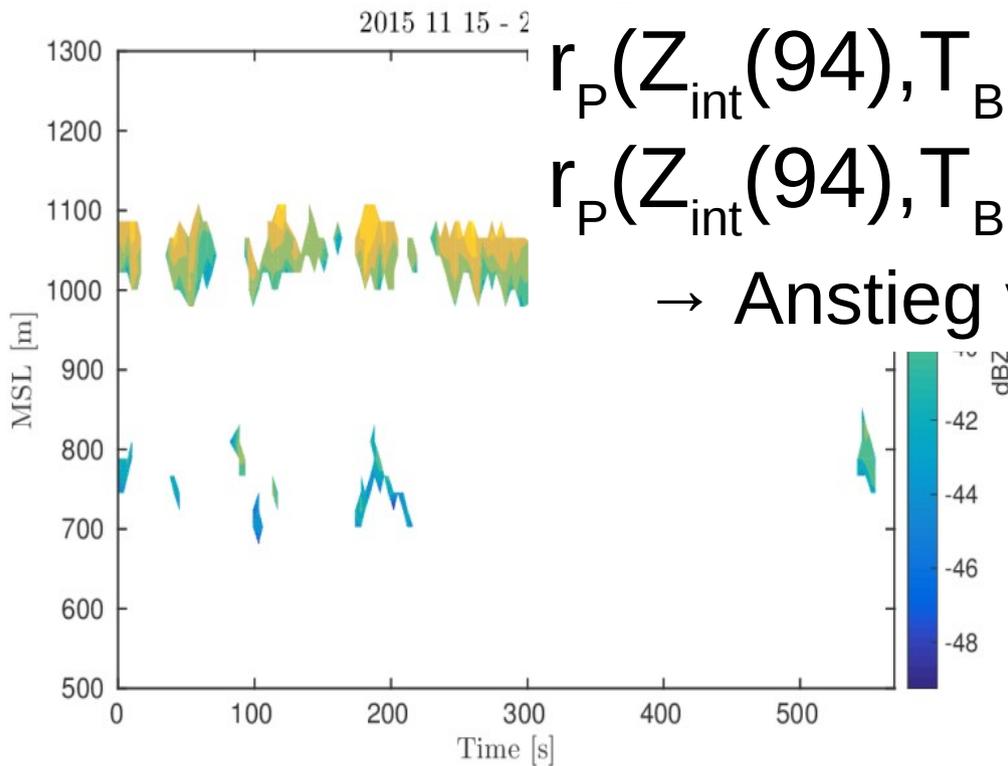
# 89 GHz Radiometerkanal

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 %

