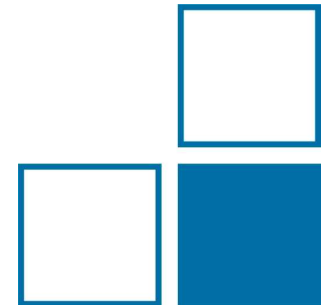


# Entwicklung der On-Site-Messtechnik

T. Schrader, M. Mihalachi



314. PTB-Seminar am 15. Mai 2019



# Inhalt

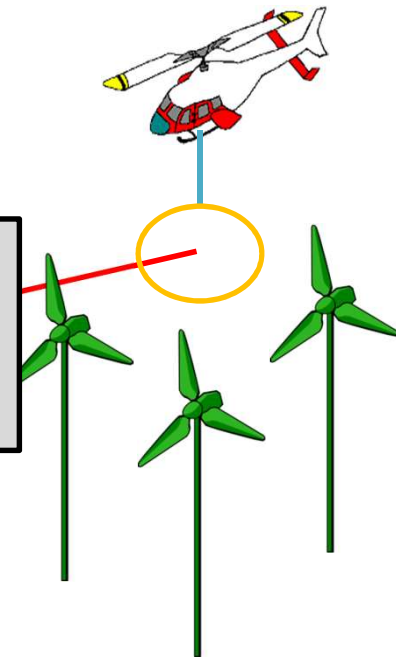


- Einführung
- Forschungsschwerpunkt arcass
- Messungen / Simulation der DVOR-Fehlerausbreitung
- Einfaches Fehlermodell Wechselwirkung WEA mit DVOR
- Weitere Schritte
- Zusammenfassung und Ausblick

# EMV Problematik und Hintergrund



**On-Site Messungen der  
Signalintegrität erforderlich**



- Verträglichkeit von WEA im Radius von 15 km (10 km) um Radar- oder Navigationsanlage zu prüfen gemäß ICAO EUR DOC 015. Luftverkehrsgesetz §18a.
- „Sicherheitsradius“ für DWD Wetterradar / Windprofiler

# Forschungsschwerpunkt *arcass*

Advanced Remote-Controlled Airborne Sensor Systems



Metrologie zur Messung elektromagnetischer Felder an fast beliebigen Raumpunkten, sowie von fest installierten Antennenanlagen, mit wählbarer Beobachtungszeit und Präzisionslokalisierung



# Unmanned Aerial Systems der PTB



PTBee 1



PTBee 2



PTBee 3A



PTBee 3B



PTBee 3C



PTBee 3D



# Unmanned Aerial Systems der PTB



PTBee 4

VTOL  
*„Vertical take-off and landing“*



PTBee 3C



PTBee 3D

# Untersuchte / zu untersuchende Frequenzen



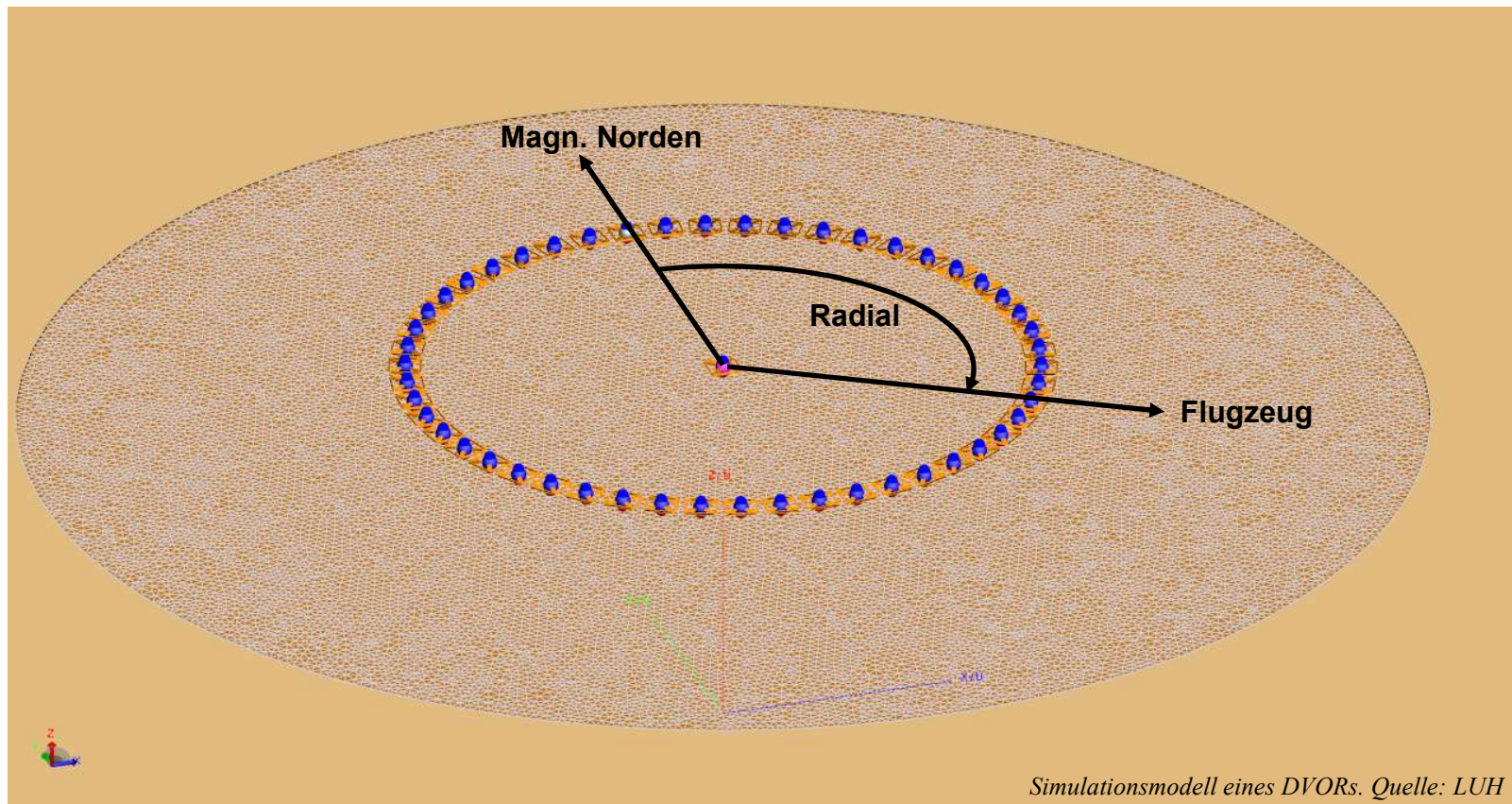
Ungerichtetes Funkfeuer (NDB) und seine Peilung (ADF)	500 kHz
Instrumentenlandesystem Localizer (ILS-LLZ)	110 MHz
Gerichtetes Funkfeuer der zivilen Flugsicherung (CVOR, DVOR)	113 MHz
UKW-Seefunkdienst	160 MHz
Instrumentenlandesystem Glide Path (ILS-GP)	330 MHz
DWD UHF-Windprofiler	482 MHz
Flughafenüberwachungsradar (ASR)	2,7 GHz
Luftverteidigungsradar (LVR)	einige GHz
DWD Wetterradar (C-Band-Niederschlagsradar)	5,6 GHz
X-Band-Marineradar	9,375 GHz

# Übersicht Doppler UKW-Drehfunkfeuer (DVOR)





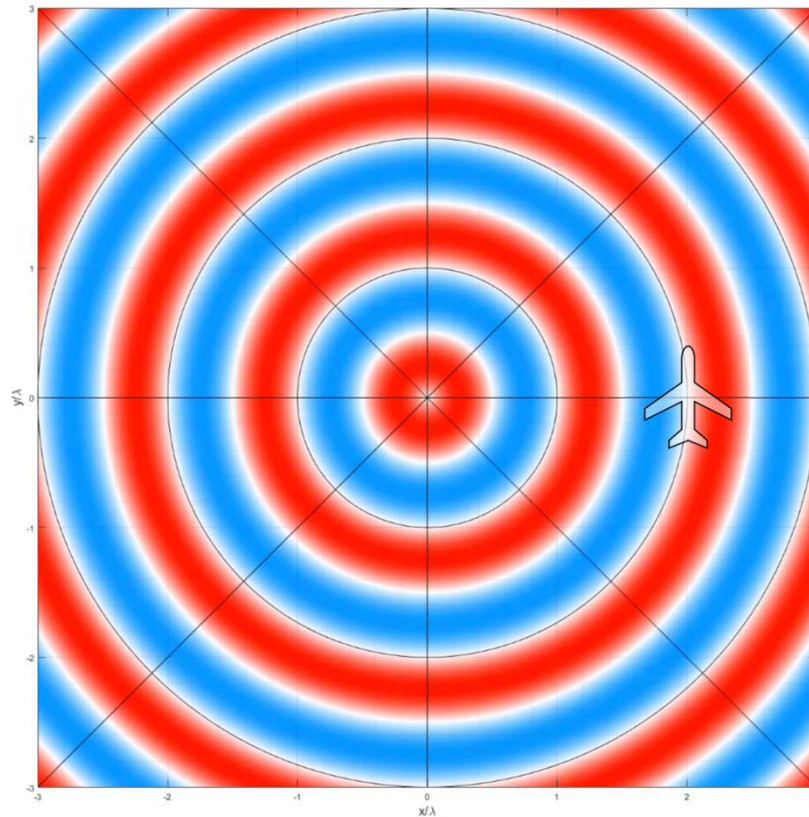
# Übersicht Doppler UKW-Drehfunkfeuer (DVOR)



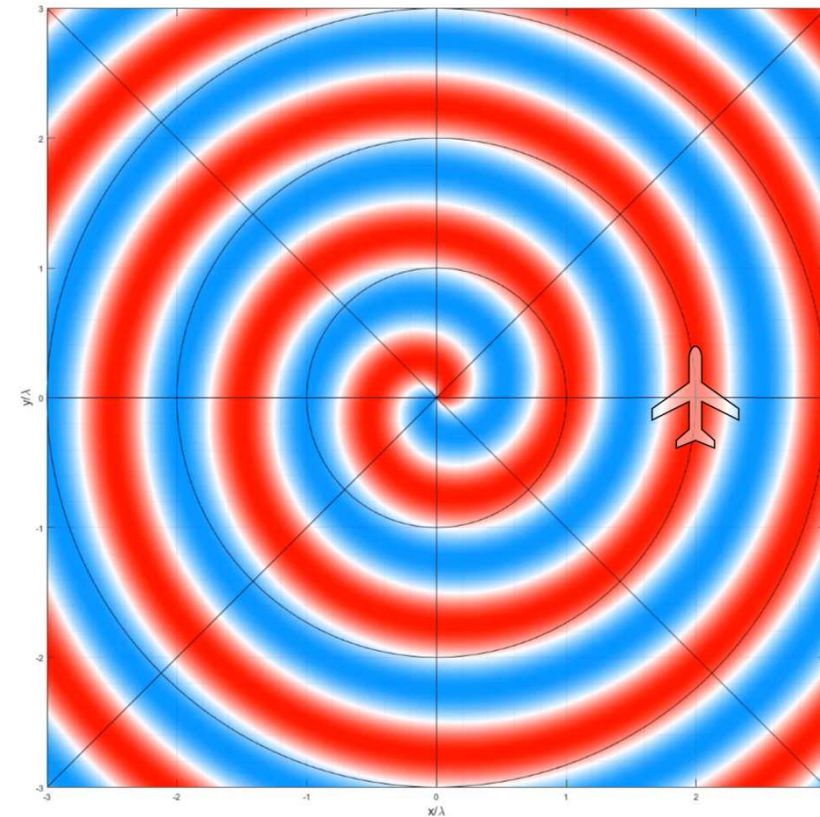
# Übersicht Doppler UKW-Drehfunkfeuer (DVOR)



AM-Komponente: Referenzphase

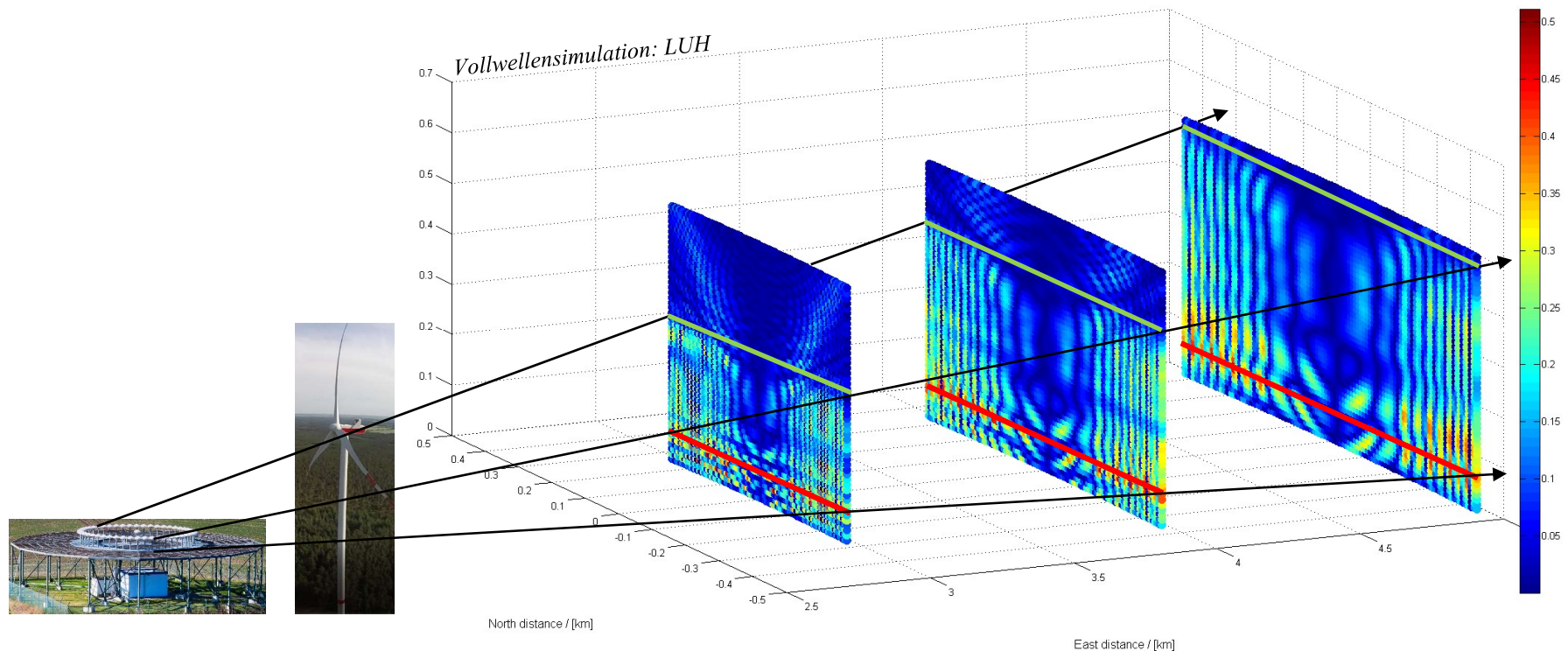


FM-Komponente: radialabhängige Phase



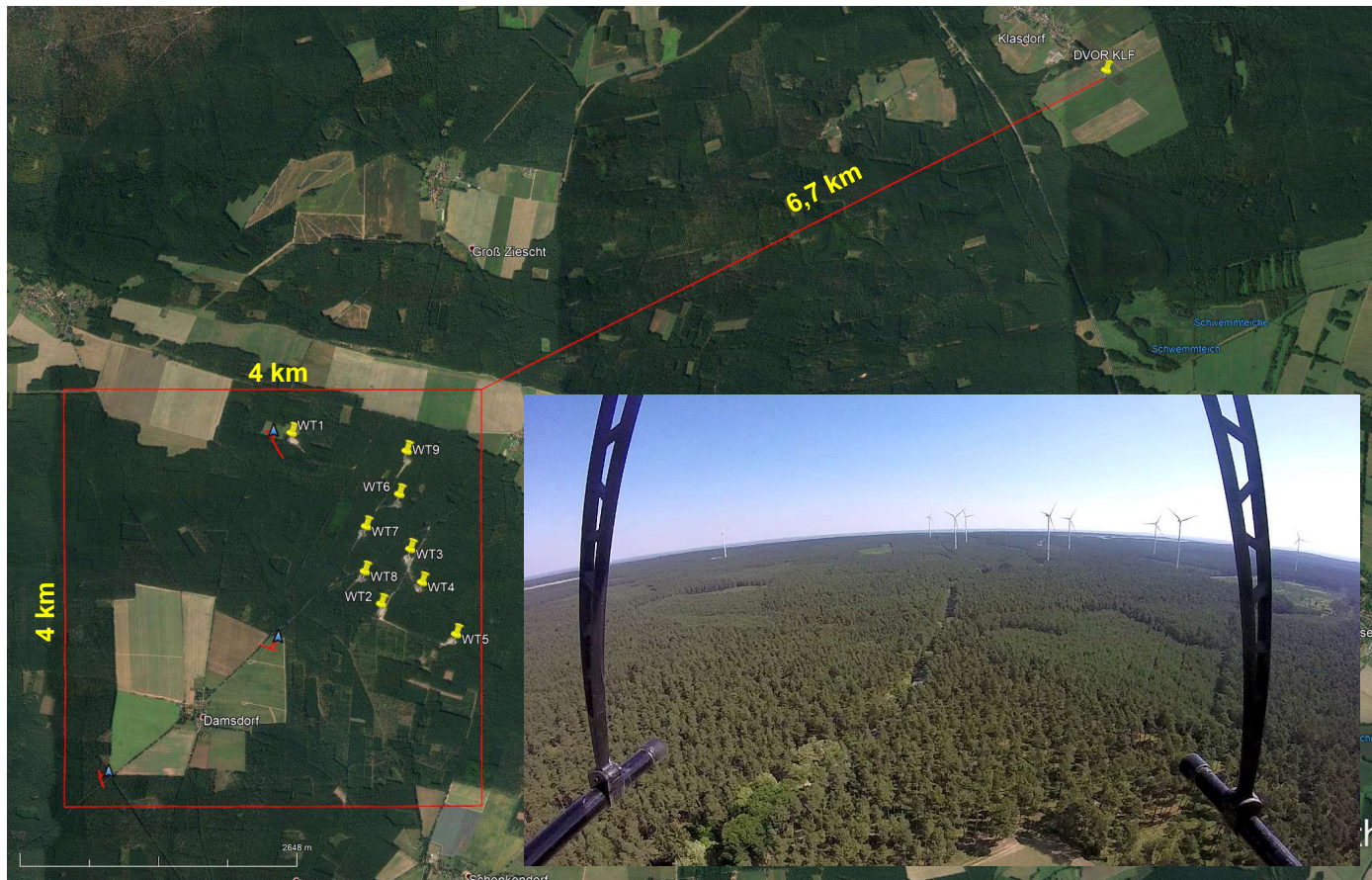


# Simulierte DVOR-Fehlerausbreitung in den Raum



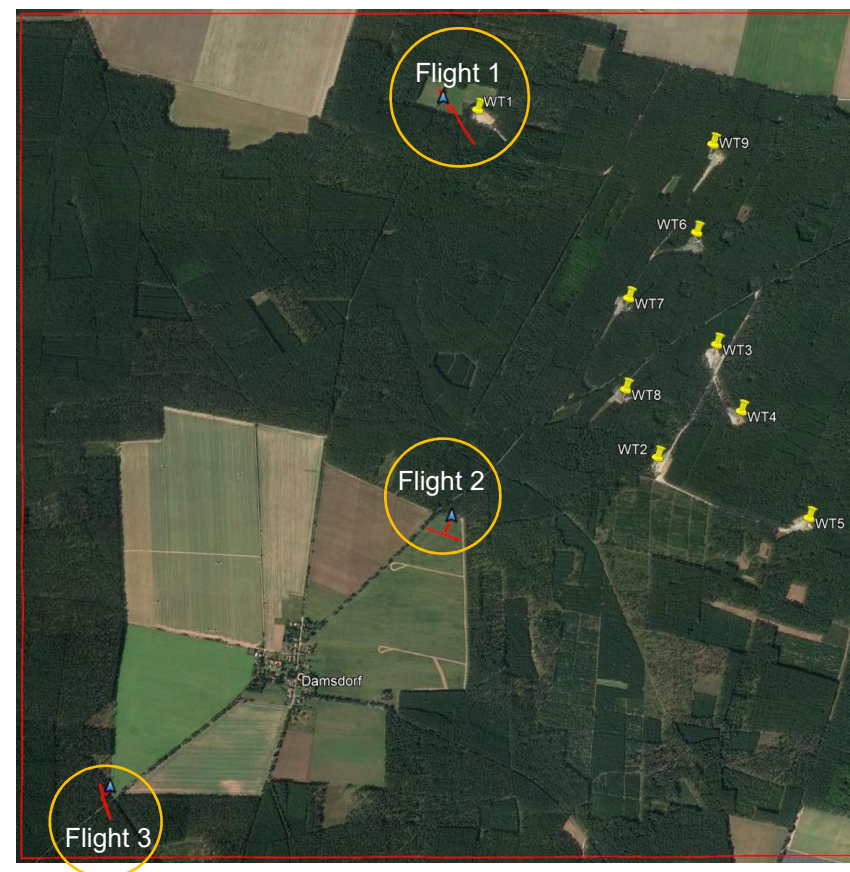
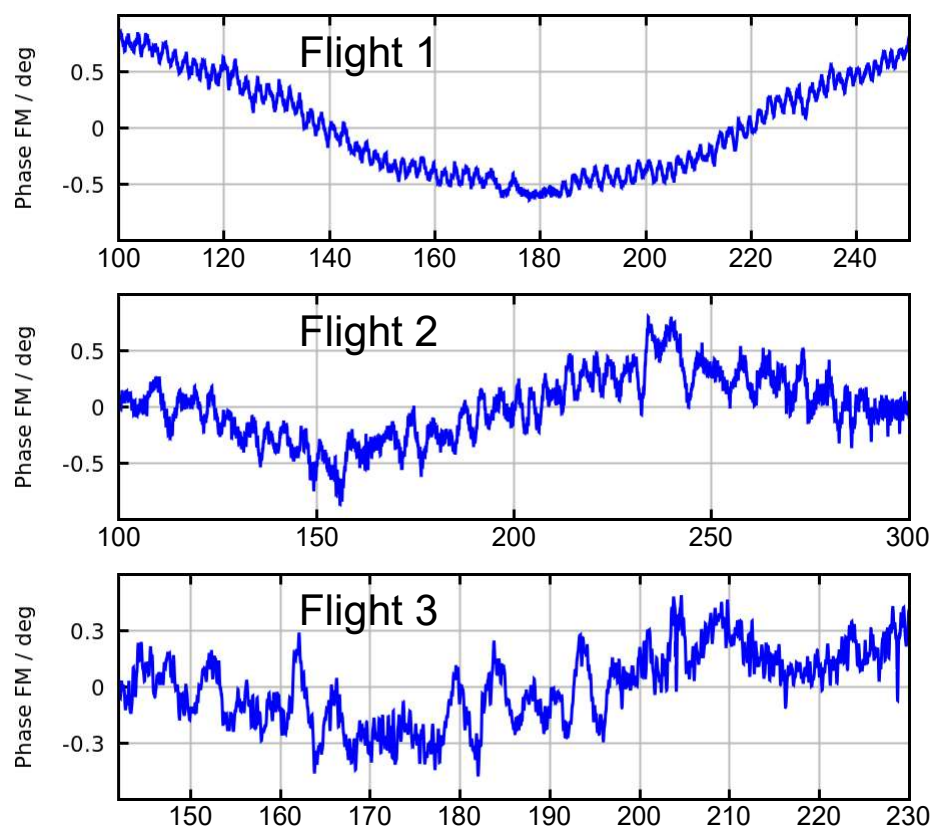
DVOR in Koordinatenursprung, 1 WEA in 2 km Entfernung (E-101, 150 m Gesamthöhe,  $\lambda$ -Konfiguration)

# Messungen der DVOR-Fehlerausbreitung (KLF)

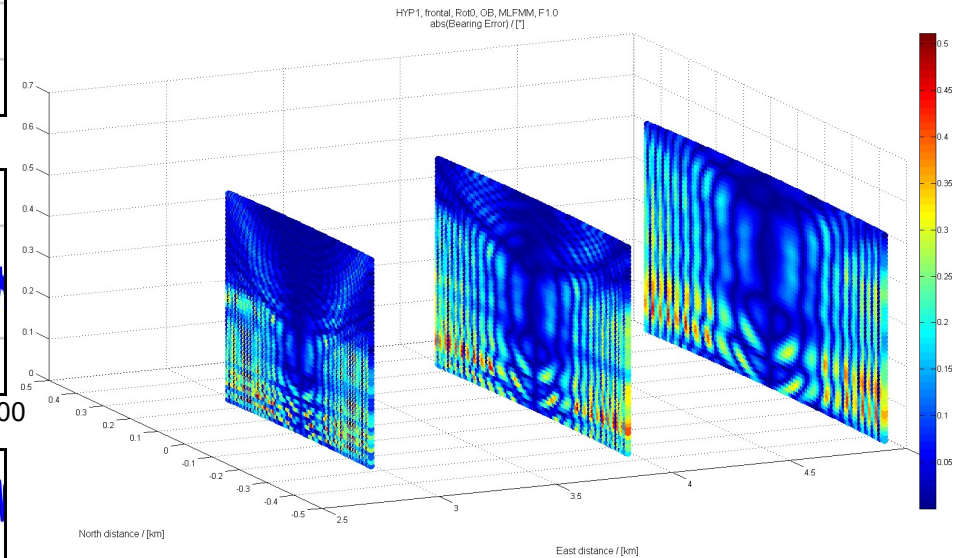
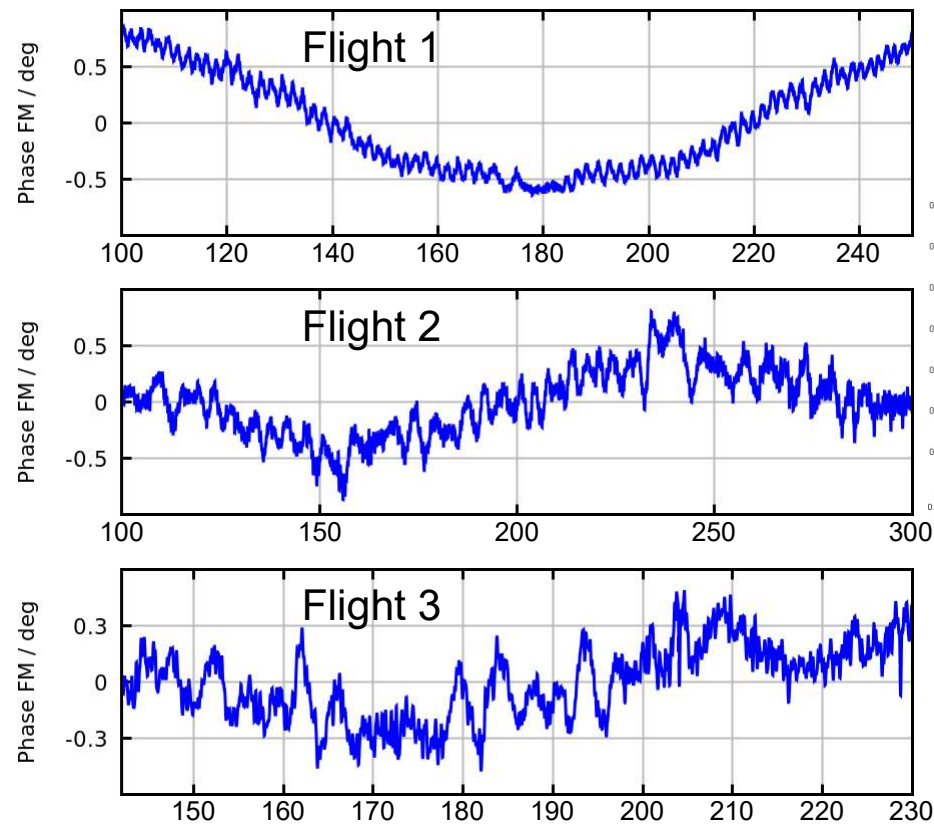




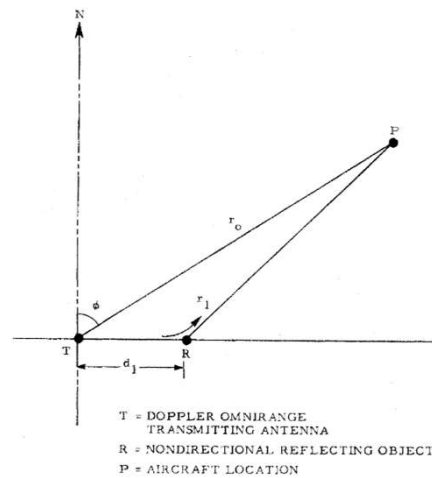
# Messungen der DVOR-Fehlerausbreitung (KLF)



# Messungen der DVOR-Fehlerausbreitung (KLF)



# Interimslösung: 2D-Fehlermodell

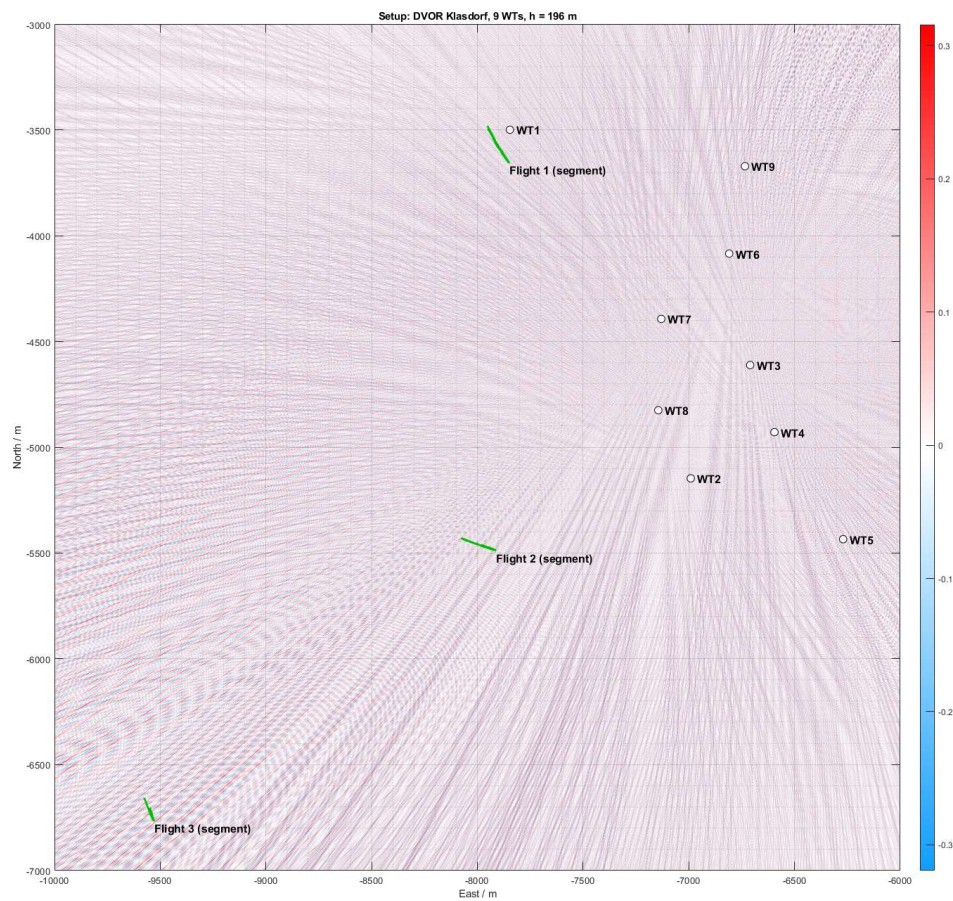


$$x \approx \frac{2AJ_1 \left( 2\beta_2 r \sin \left( \frac{90^\circ - \phi}{2} \right) \right) \cos \left( \frac{\phi - 90^\circ}{2} \right) \cos [\beta_2(r_0 - r_1) - \delta]}{\beta_2 r}$$

*S. R. Anderson and R. B. Flint,  
„The CAA Doppler Omnirange“  
in the Proceedings of the IRE,  
May 1959, pages 808 – 821*

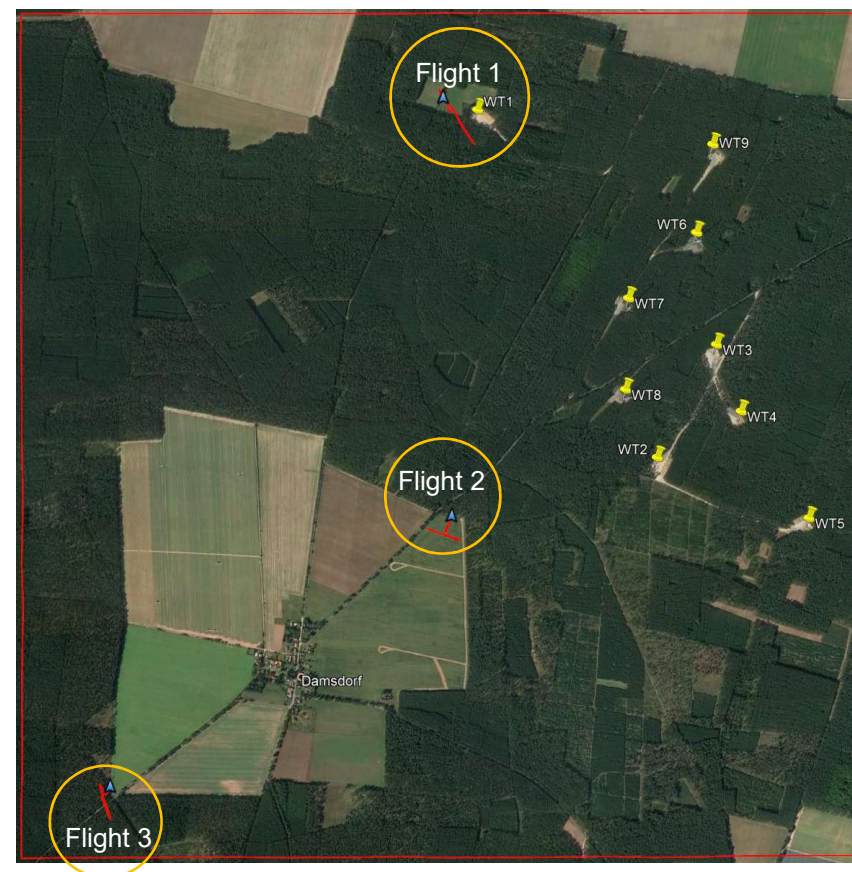


# Interimslösung: 2D-Fehlermodell



15.05.2019

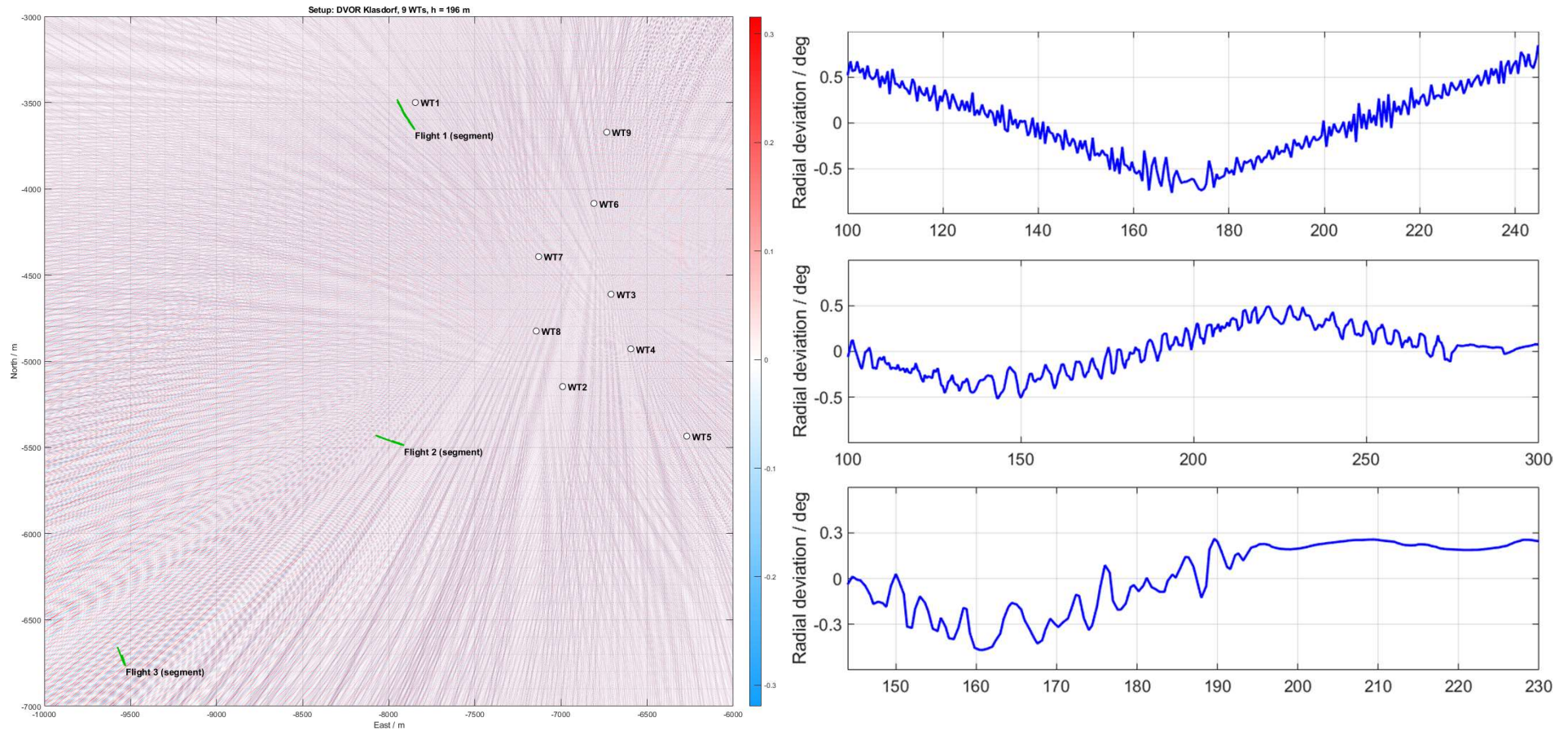
16



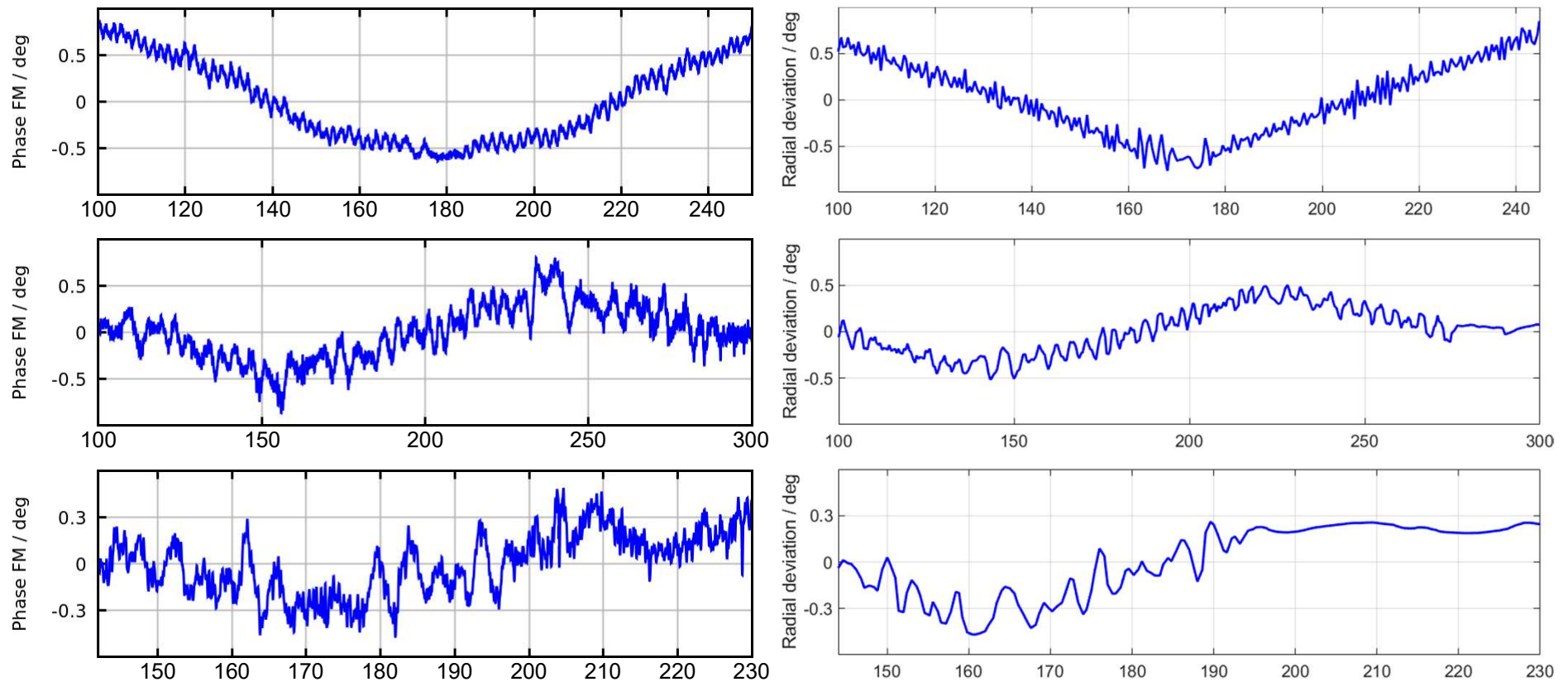
314. PTB-Seminar



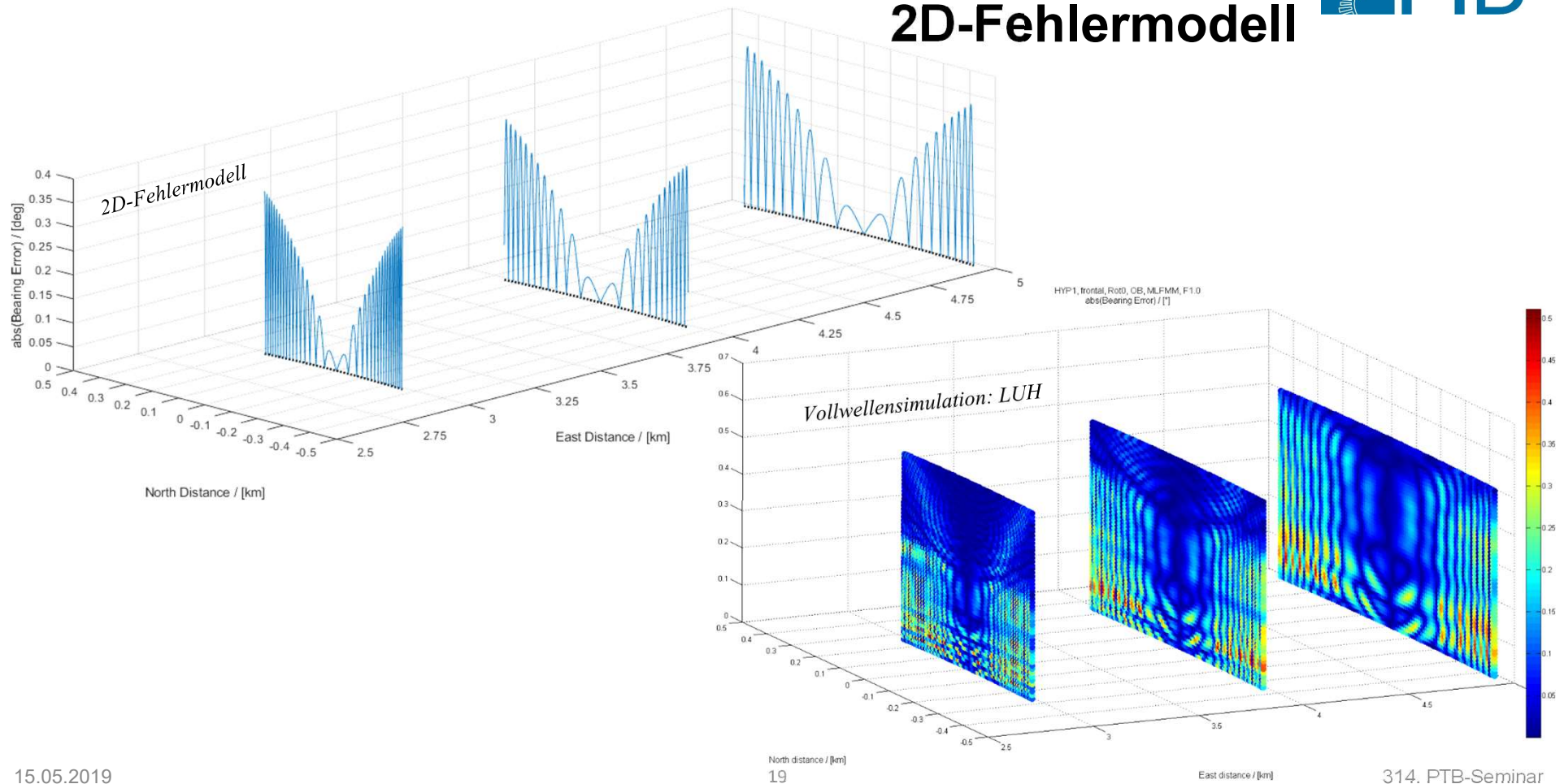
# Interimslösung: 2D-Fehlermodell



# Gegenüberstellung Messungen – 2D-Fehlermodell



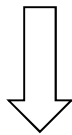
# Gegenüberstellung Vollwellensimulation – 2D-Fehlermodell





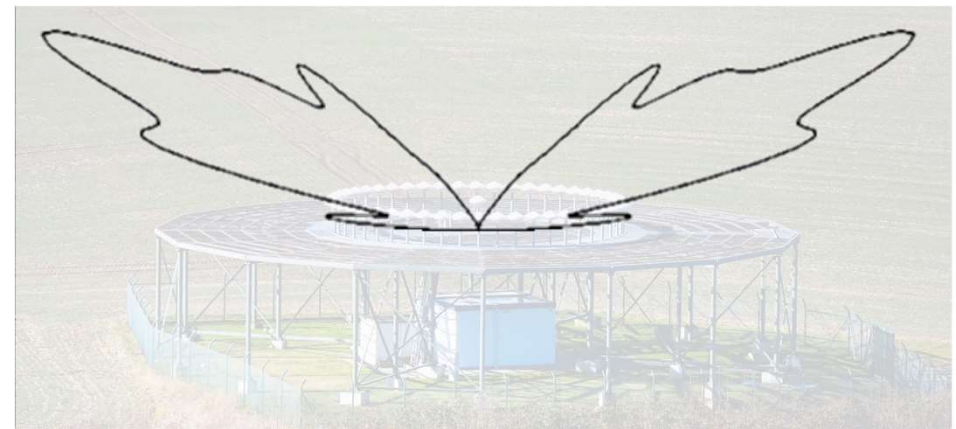
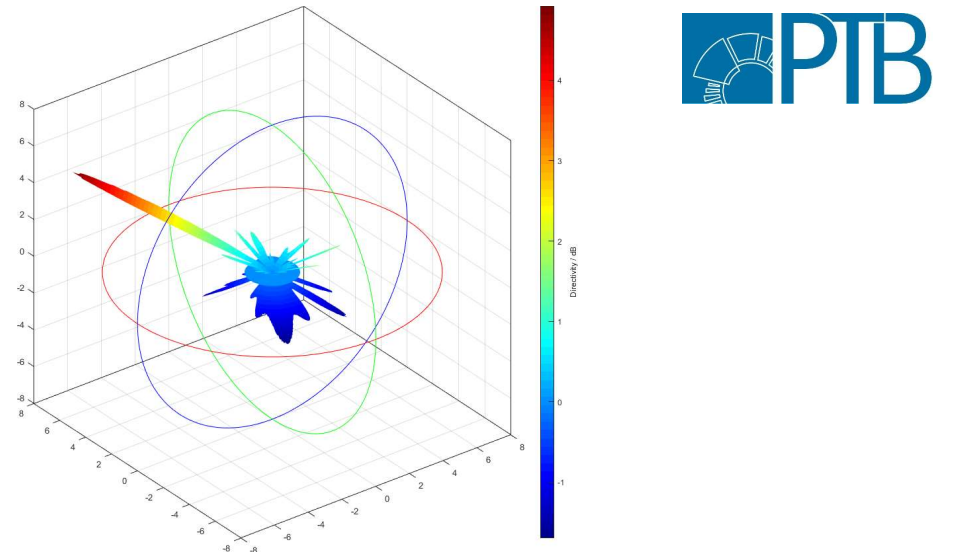
## Weitere Schritte

- Abstrahldiagramm der WEA
- Antennendiagramm des DVORs
- Ausbreitung der AM-Komponente
- ...



## Validiertes 3D-Fehlermodell

Promotion Jannis Körner





# Zusammenfassung und Ausblick



- Erstmals Einfluss von WEA auf DVOR messtechnisch gezeigt
- Simultane Messung des DVOR AM- und FM-Kanals
- Simulationen nach einem vereinfachten 2D-Fehlermodell

WERAN plus:

- Verstehen der Fehlerverteilung nah / fern von Hindernissen
- Verstehen der Fehlerausbreitung im Raum
- Entwicklung eines validierten 3D-Fehlermodells
- Modellbasierte Prognose des Einflusses zukünftiger Installationen von WEAs auf die DVOR-Signalintegrität





**Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Braunschweig und Berlin**

Bundesallee 100

38116 Braunschweig

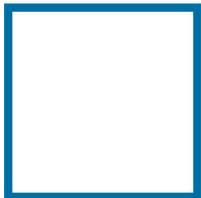


Marius Mihalachi

Telefon: 0531 592-2216

E-Mail: [Marius.Mihalachi@ptb.de](mailto:Marius.Mihalachi@ptb.de)

[www.ptb.de](http://www.ptb.de)



Stand: 15.05.2019