

# Der Wald im Radarblick

Dr.-Ing. Andreas Schmitt

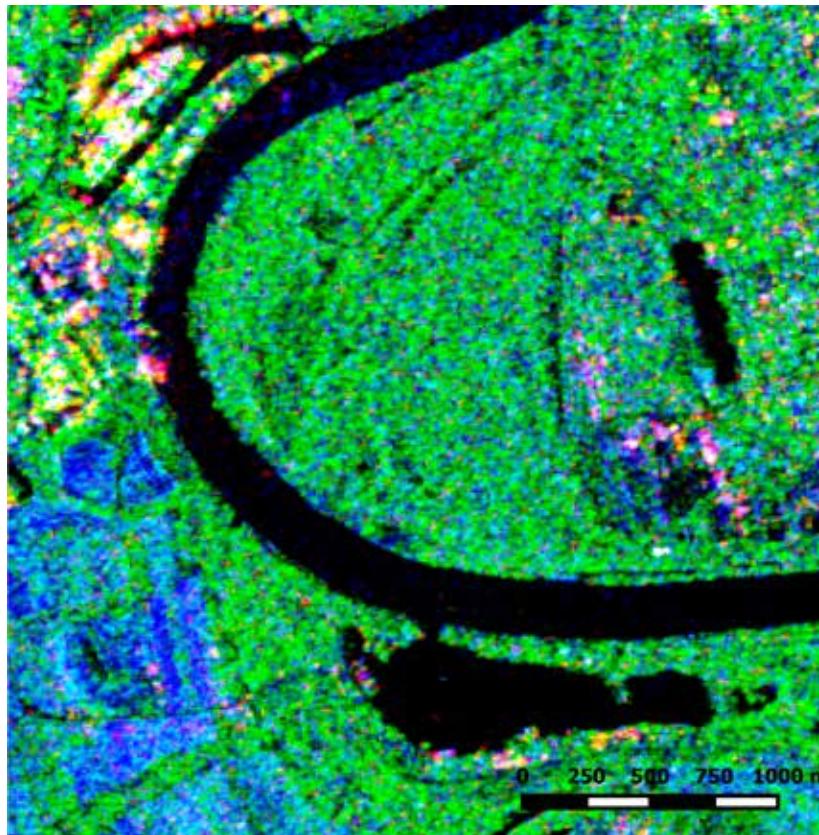
*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)  
Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)  
Abteilung Landoberfläche (LAX)*



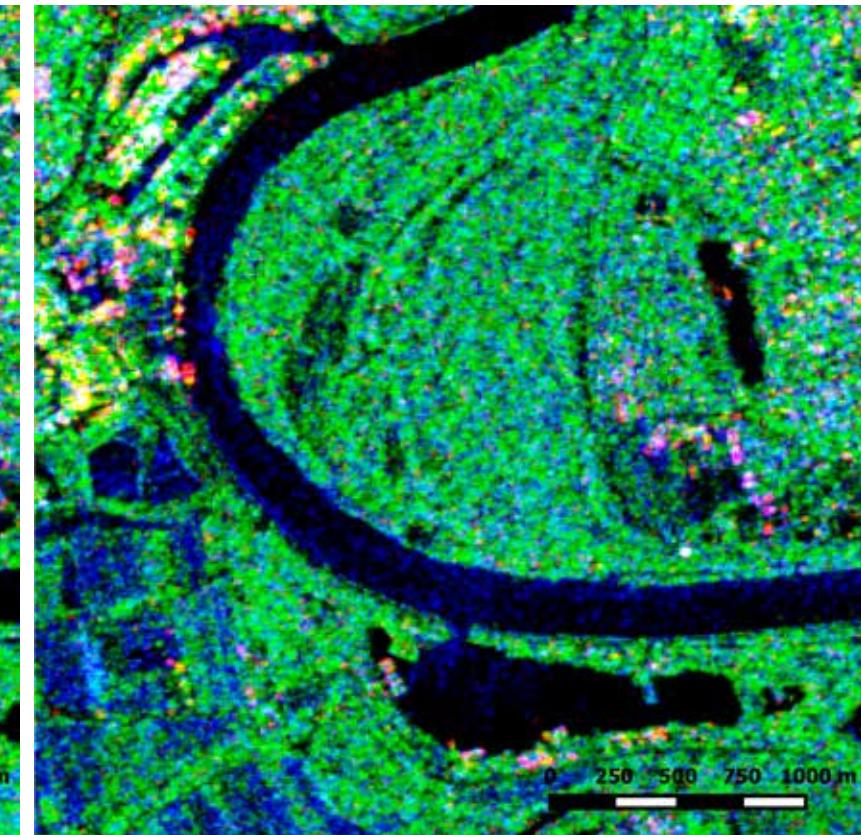
# Wieso ausgerechnet Radar im Wald?



**Optische Aufnahme**  
sichtbares Licht: R, G, B  
©GeoEye 2016



**Radar-Aufnahme im April**  
Radarsat-2, C-band, polarimetrisch  
©MDA 2009



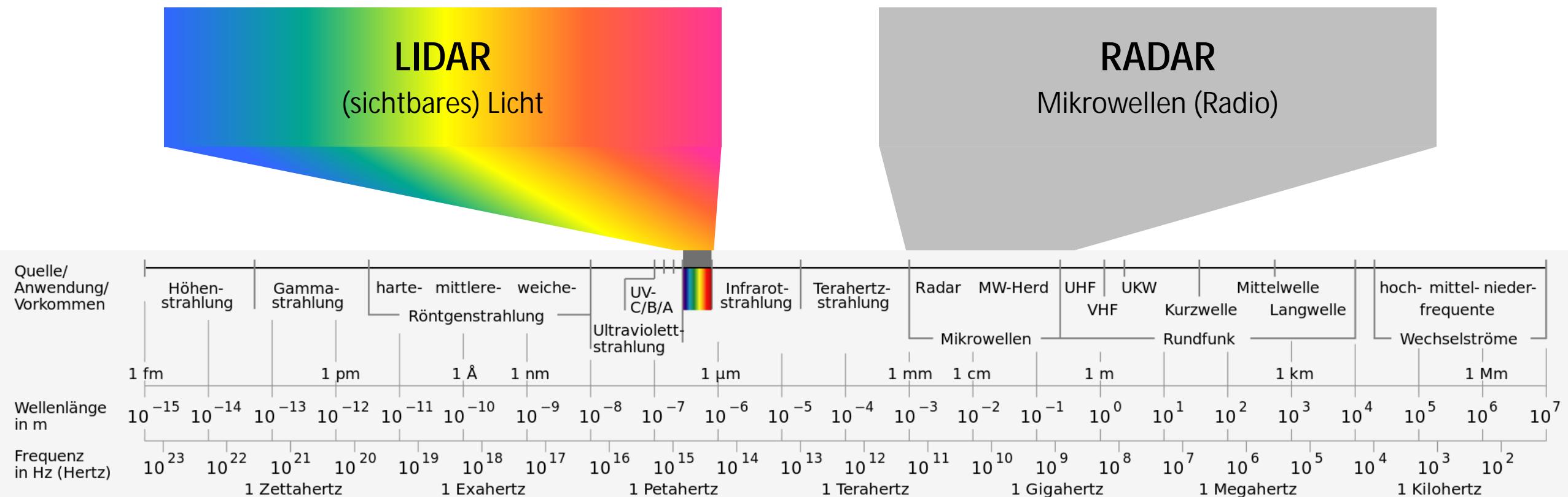
**Radar-Aufnahme im August**  
Radarsat-2, C-Band, polarimetrisch  
©MDA 2009

# Radar – grundlegende Aspekte



# Radio Detection and Ranging

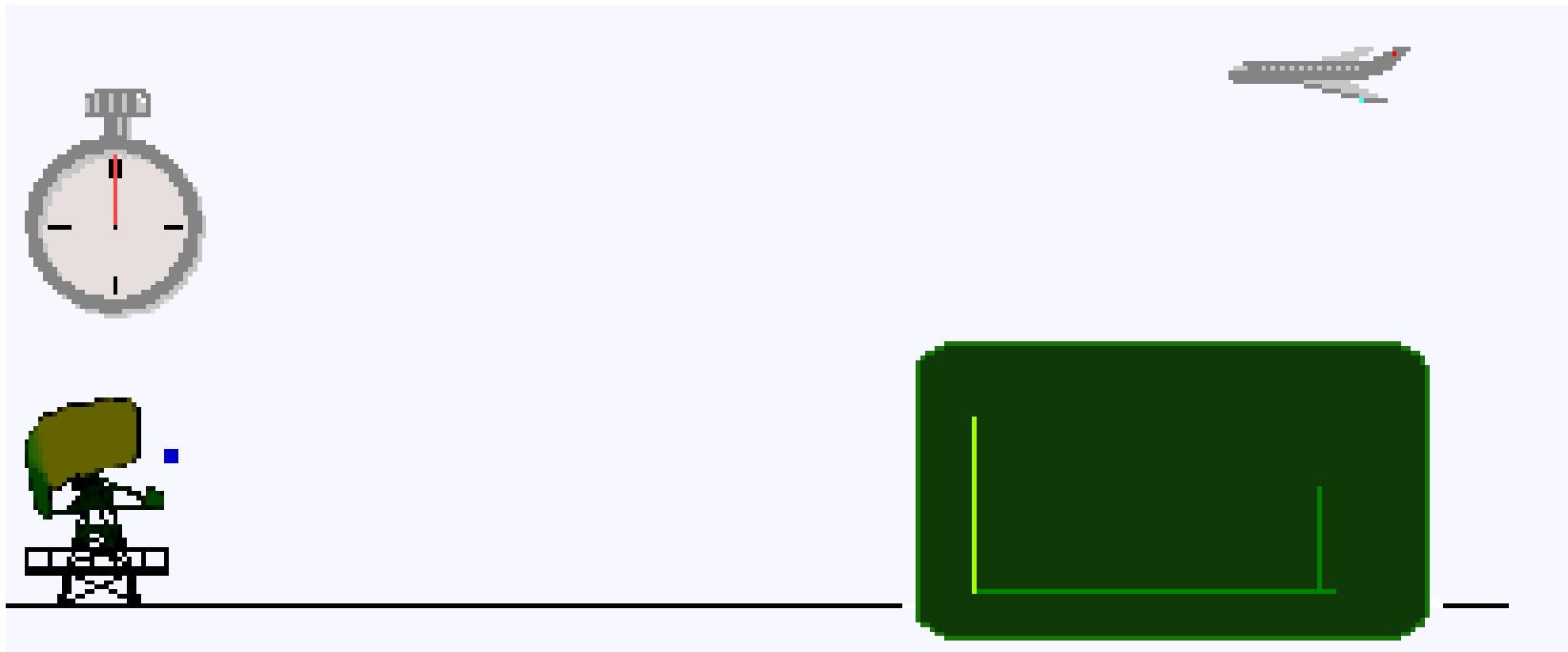
„Ortung“ und „Abstandsmessung“



Von Horst Frank / Phrood / Anony - Horst Frank, Jailbird and Phrood, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3726606>

# Die Anfänge des Radar

## Impulsradar

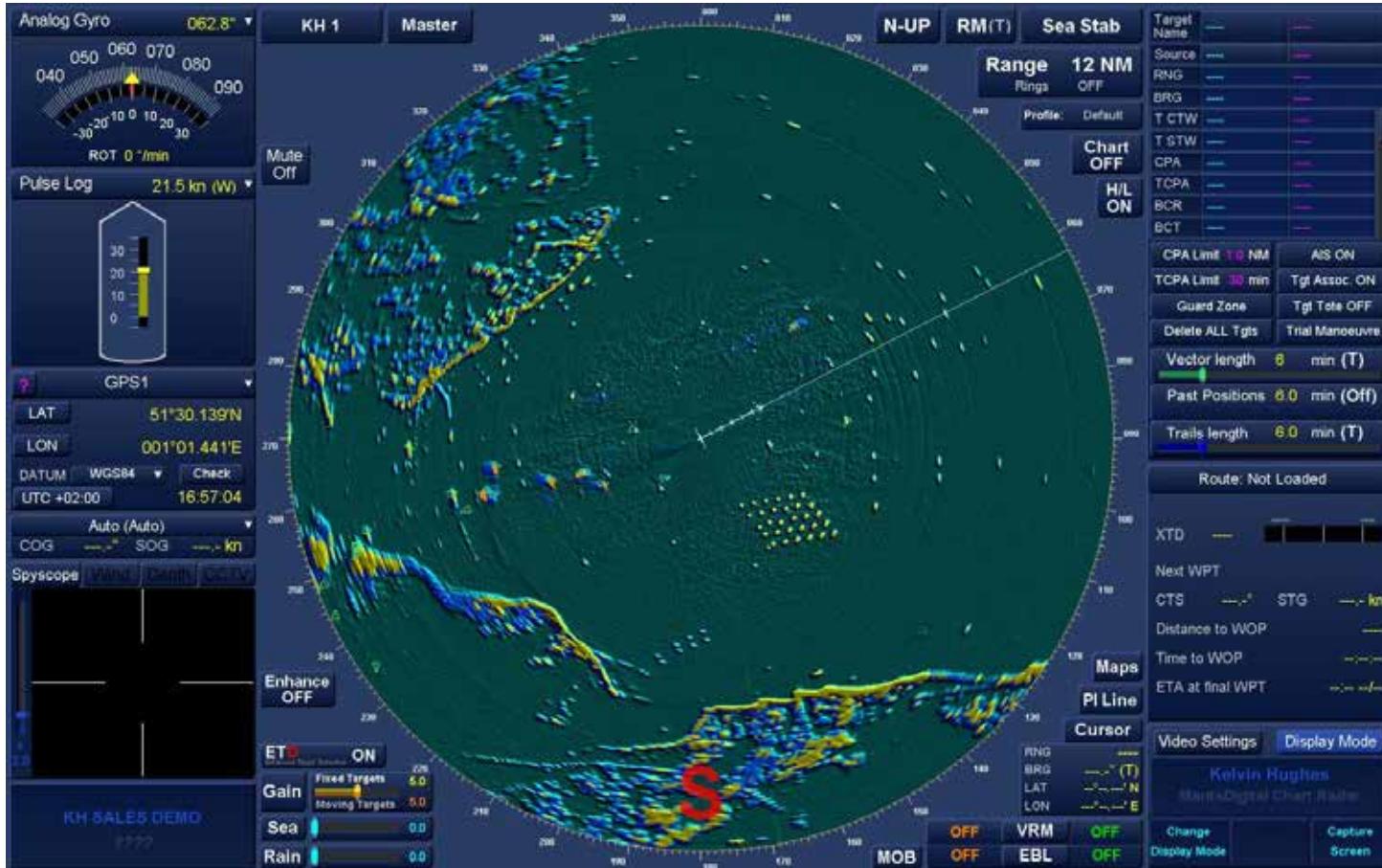


Von Der ursprünglich hochladende Benutzer war Averse in der Wikipedia auf Deutsch - Übertragen aus de.wikipedia nach Commons., CC BY-SA 2.0 de, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2673231>

- **Antenne**
  - ortsfest installiert
  - rotierend
- **Ziel**
  - beweglich
  - im Luftraum
- **Messung von**
  - Abstand und
  - Richtungswinkel

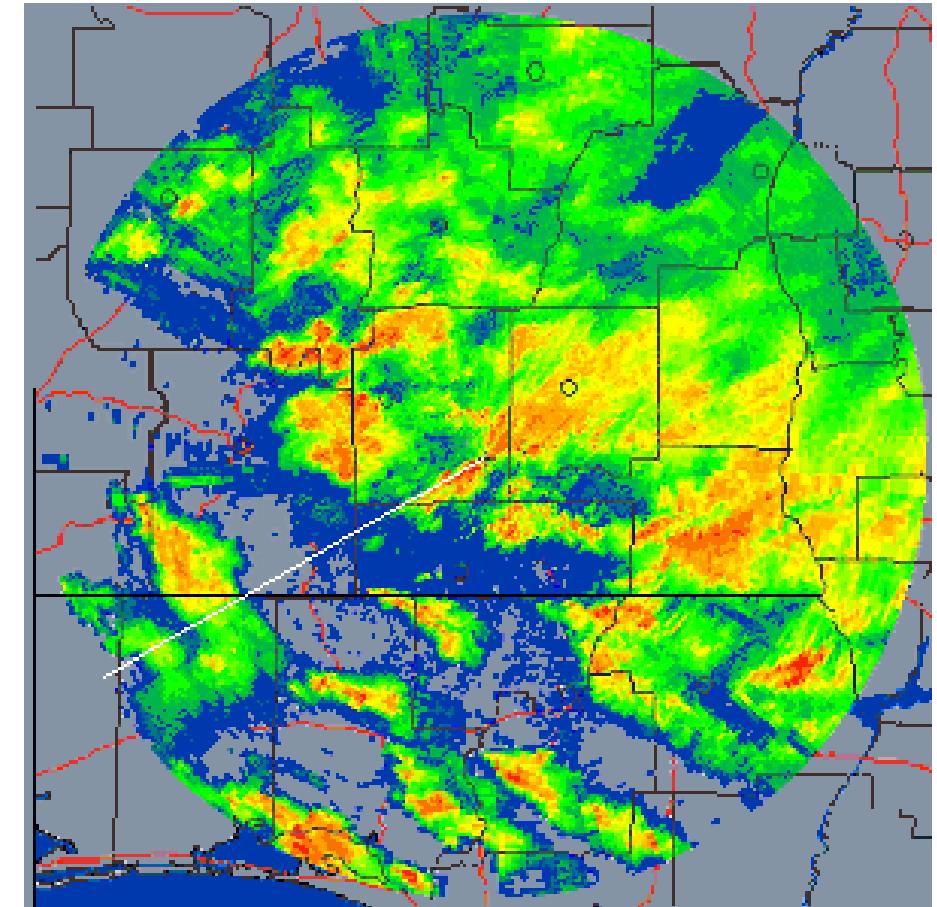
# Rundsicht-Radar

## Schiffsradar



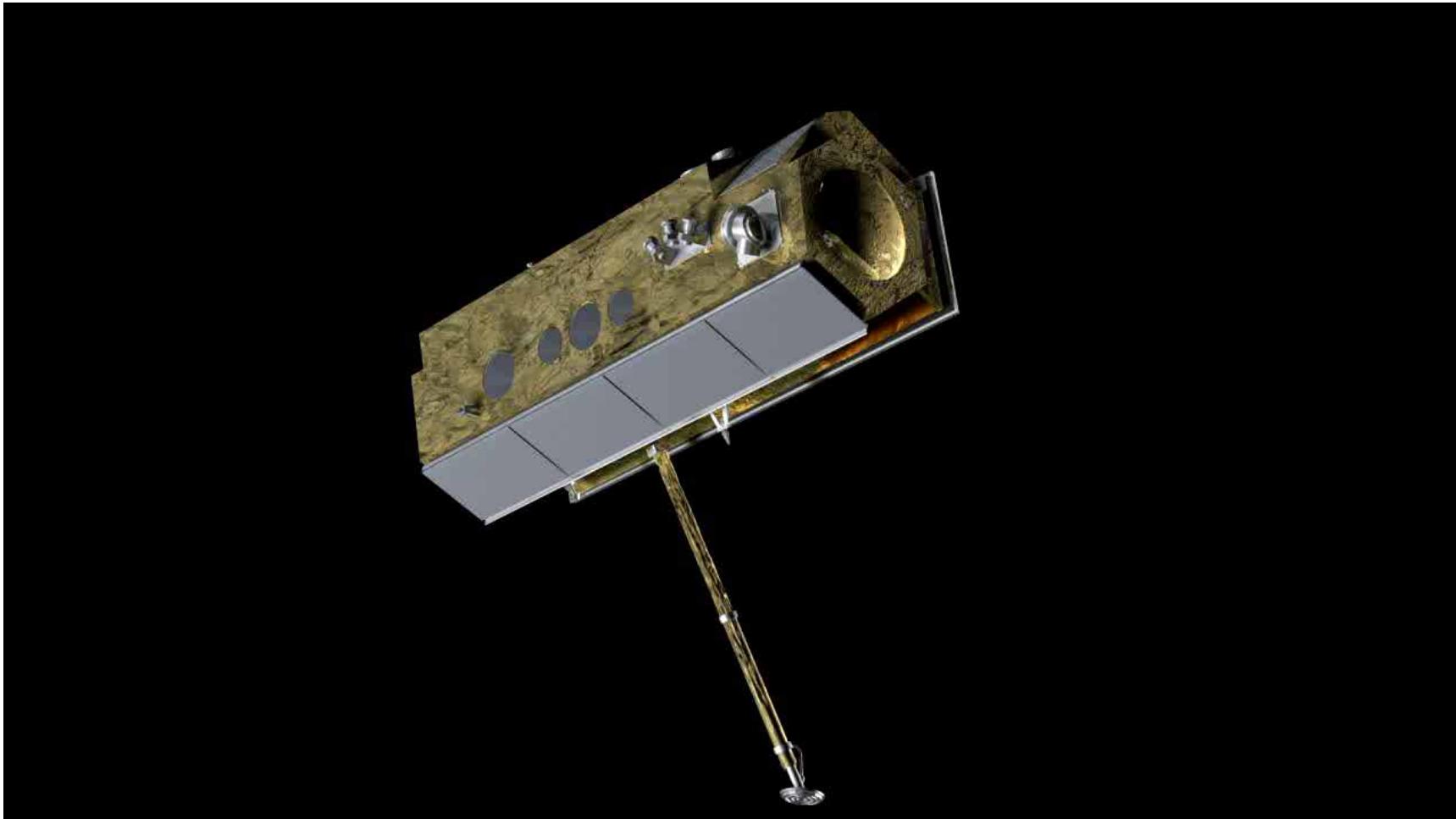
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/KHETD.jpg> (04.V.2015)

## Wetterradar



<http://www.radartutorial.eu/15.weather/pic/edge.gif> (04.V.2015)

# Abbildung des Radar – Synthetic Aperture Radar



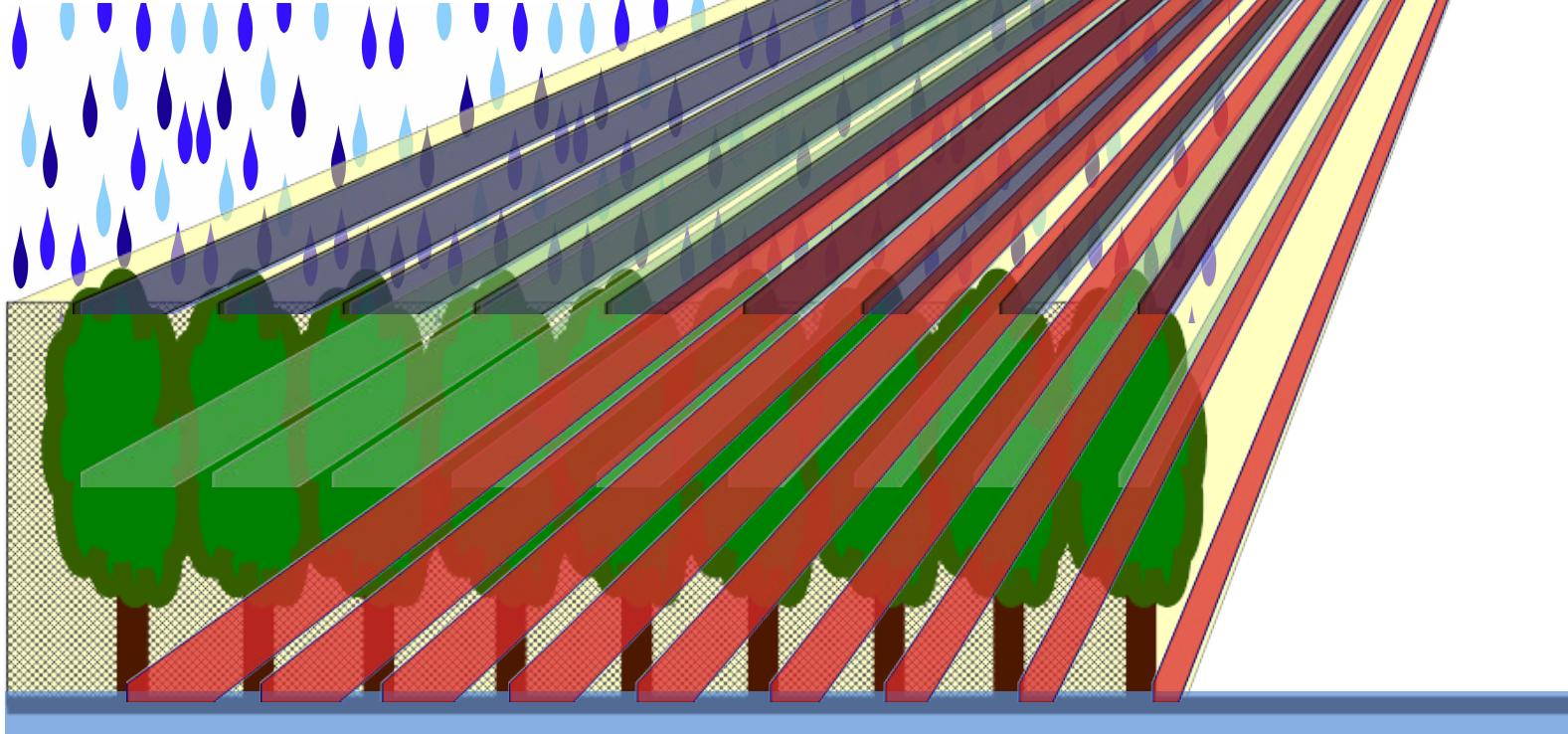
- **Ziel**
  - ortsfest
  - Erdoberfläche
- **Antenne**
  - beweglich
  - Flugzeug / Satellit
- **Messung von**
  - Position
  - Ausrichtung
  - Abstand zum Ziel

# Multiple Reflexionen im Wald

Oberfläche: Blätterdach

Volumen: Kronen

Kante: Boden



- **Mikrowellen**

- Wellenlängen 1mm bis 1m
- variable Eindringtiefe
- komplexes Signal

- **Streuertypen**

- rauе Fläche
- diffuse Dipole
- Doppelreflexion

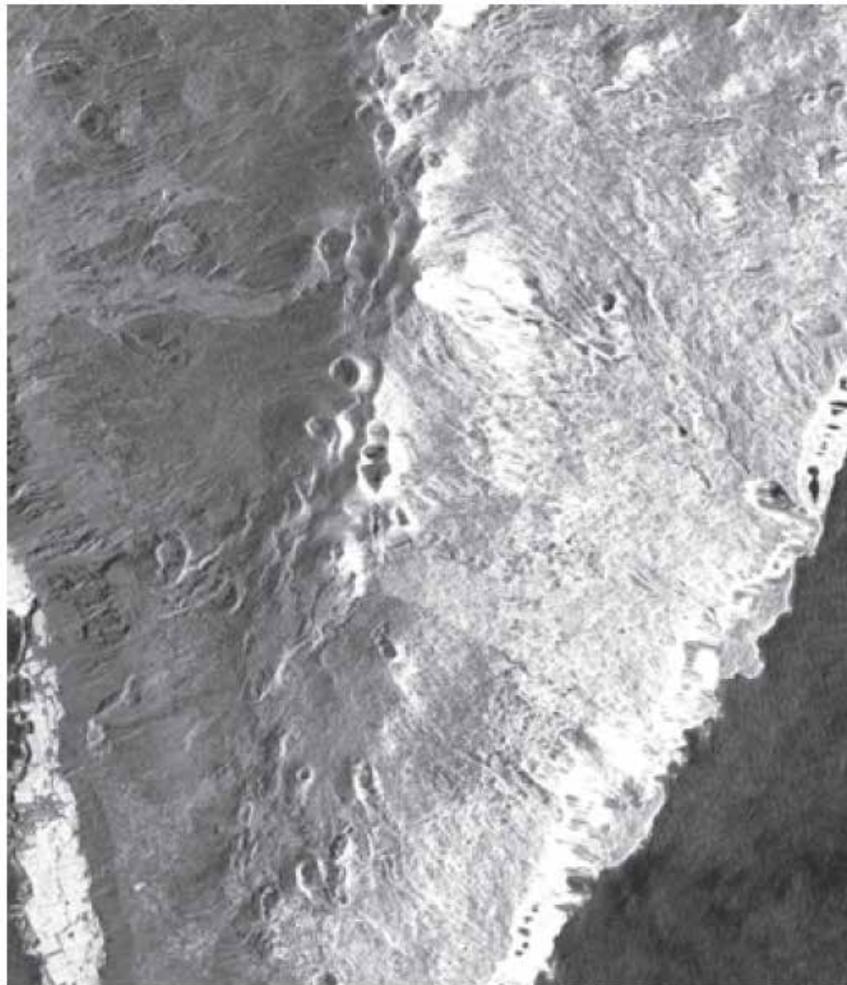
- **Aufnahmemodi**

- SAR
- Pol-SAR
- Pol-In-SAR

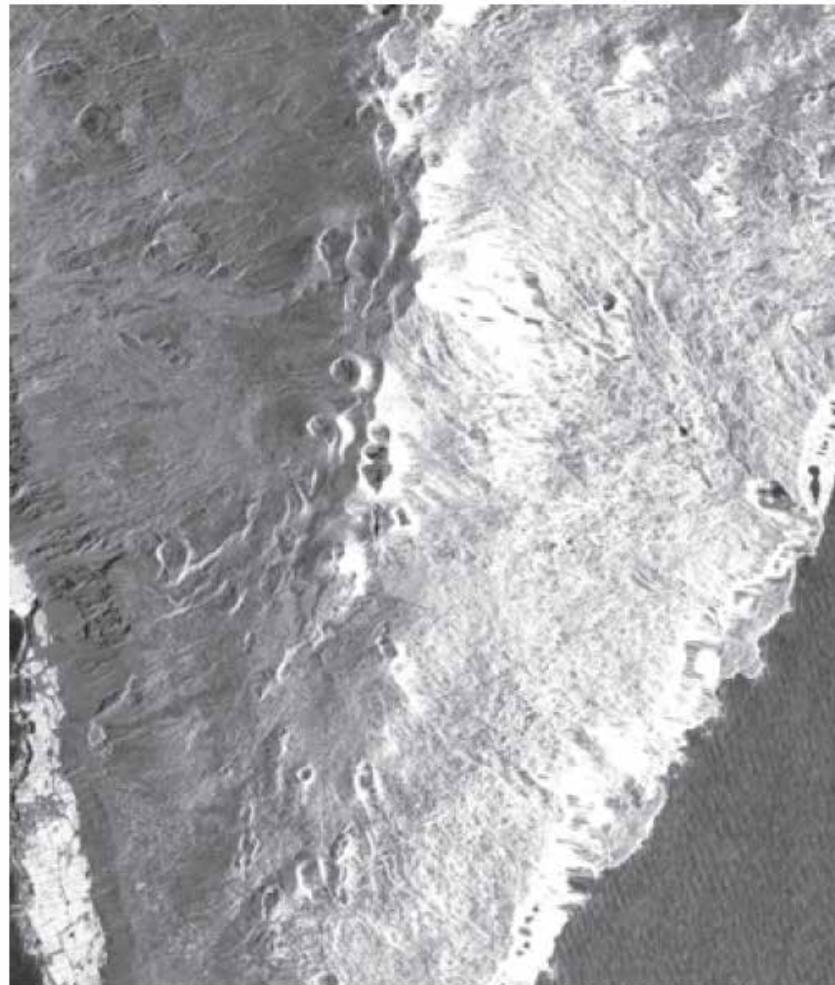
## Radar und Wald – erste Experimente



# Waldbrände auf La Palma 2009 – die Aufnahmen



vorher



nachher

- **Aufnahmen**

- TerraSAR-X
- einfach polarisiert
- Wellenlänge 3,1 cm
- räuml. Auflösung ~3 m

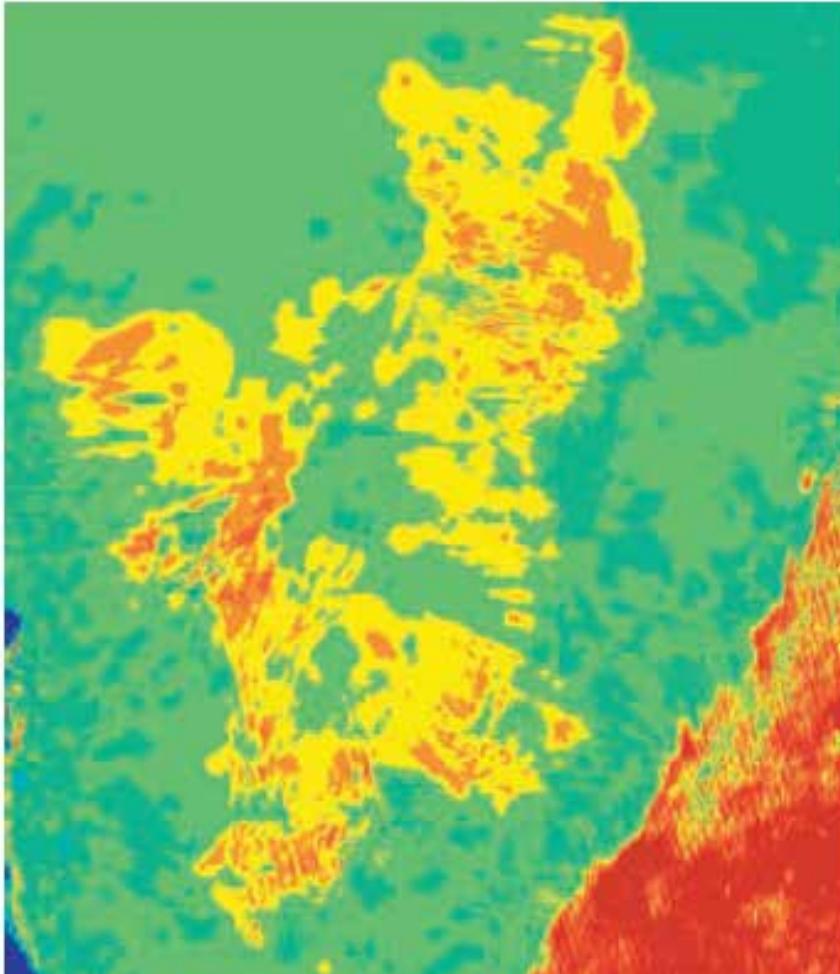
- **zeitlicher Ablauf**

- 13.12.2007 „vorher“
- Waldbrände  
31.07. – 03.08.2009
- 09.08.2009 „nachher“

- **Änderungserkennung**

- automatischer Vergleich  
der beiden Aufnahmen
- „Curvelet-Verfahren“

# Waldbrände auf La Palma 2009 – die Änderungen



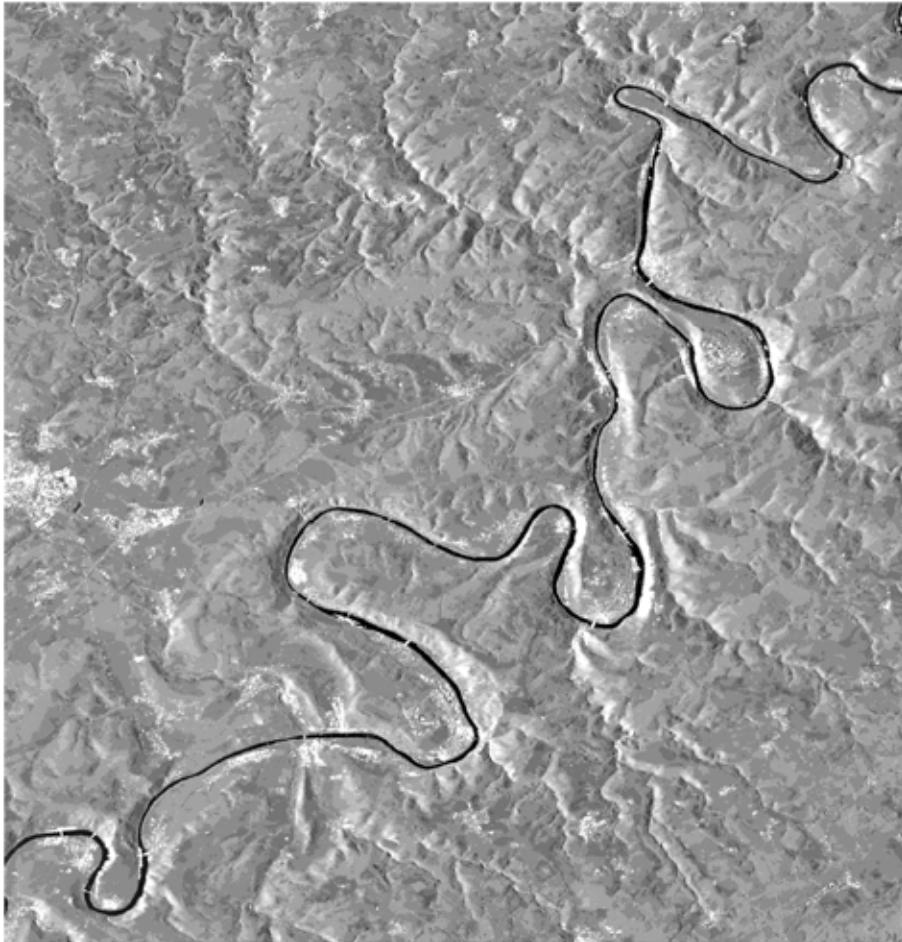
erkannte Änderungen



Kartierung des ZKI

- Annahme(n)
  - Wald zeigt erhöhte Volumenstreuung
  - offener Boden zeigt Oberflächenstreuung
- Problem
  - keine ausreichende polarimetrische Auflösung
  - nur Unterscheidung hell / dunkel möglich
- Ergebnis
  - Brandflächen leicht heller
  - Übereinstimmung mit Kartierung des ZKI

# Windwurf in der Eifel 2010 – die Aufnahmen



**vorher**

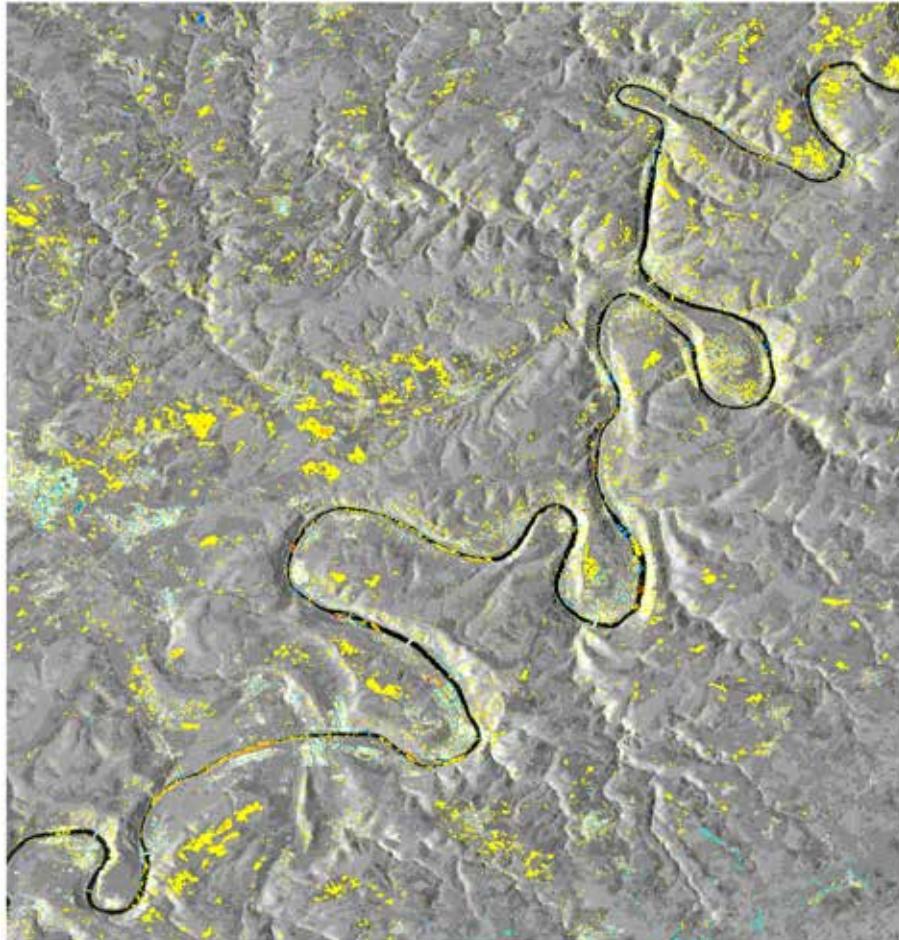
USGS/NASA Landsat



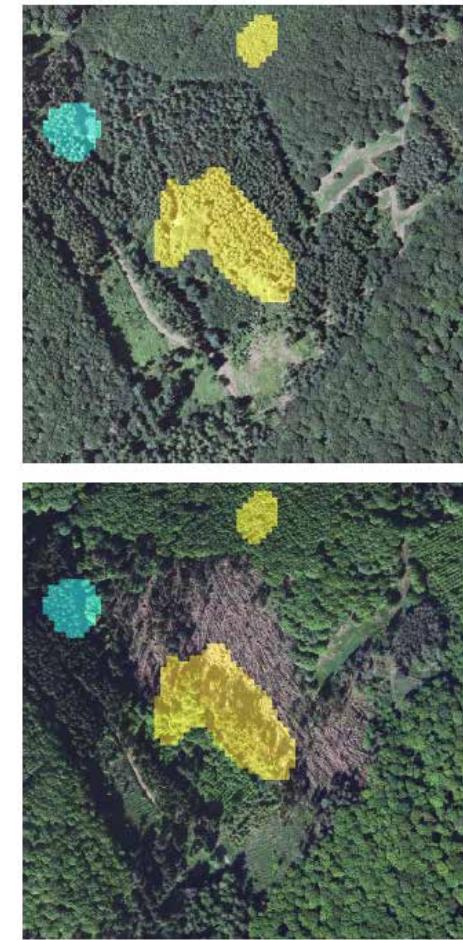
**nachher**

- **Aufnahmen**
  - TerraSAR-X
  - einfach polarisiert
  - Wellenlänge 3,1 cm
  - räuml. Auflösung ~3 m
- **zeitlicher Ablauf**
  - 14.02. Vorher-Bild
  - 28.02. Orkan Xynthia
  - 08.03. Nachher-Bild
- **Änderungserkennung**
  - automatischer Vergleich der beiden Aufnahmen
  - „Curvelet-Verfahren“

# Windwurf in der Eifel 2010 – die Änderungen

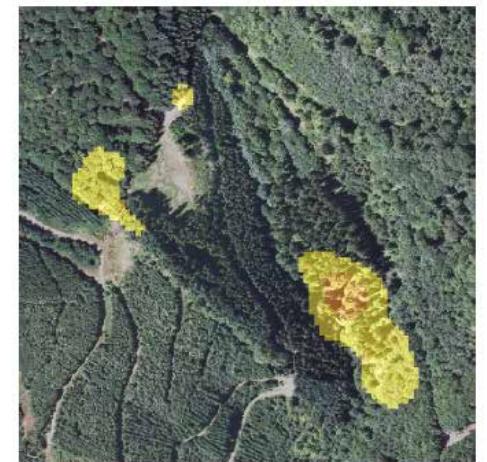


erkannte Änderungen

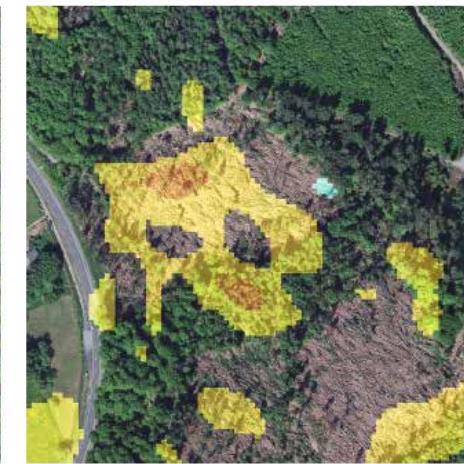


Detailanalyse anhand von Luftbildern

Geobasisinformation der Vermessungs- und Katasterverwaltung Rheinland-Pfalz ©11/2001



vorher

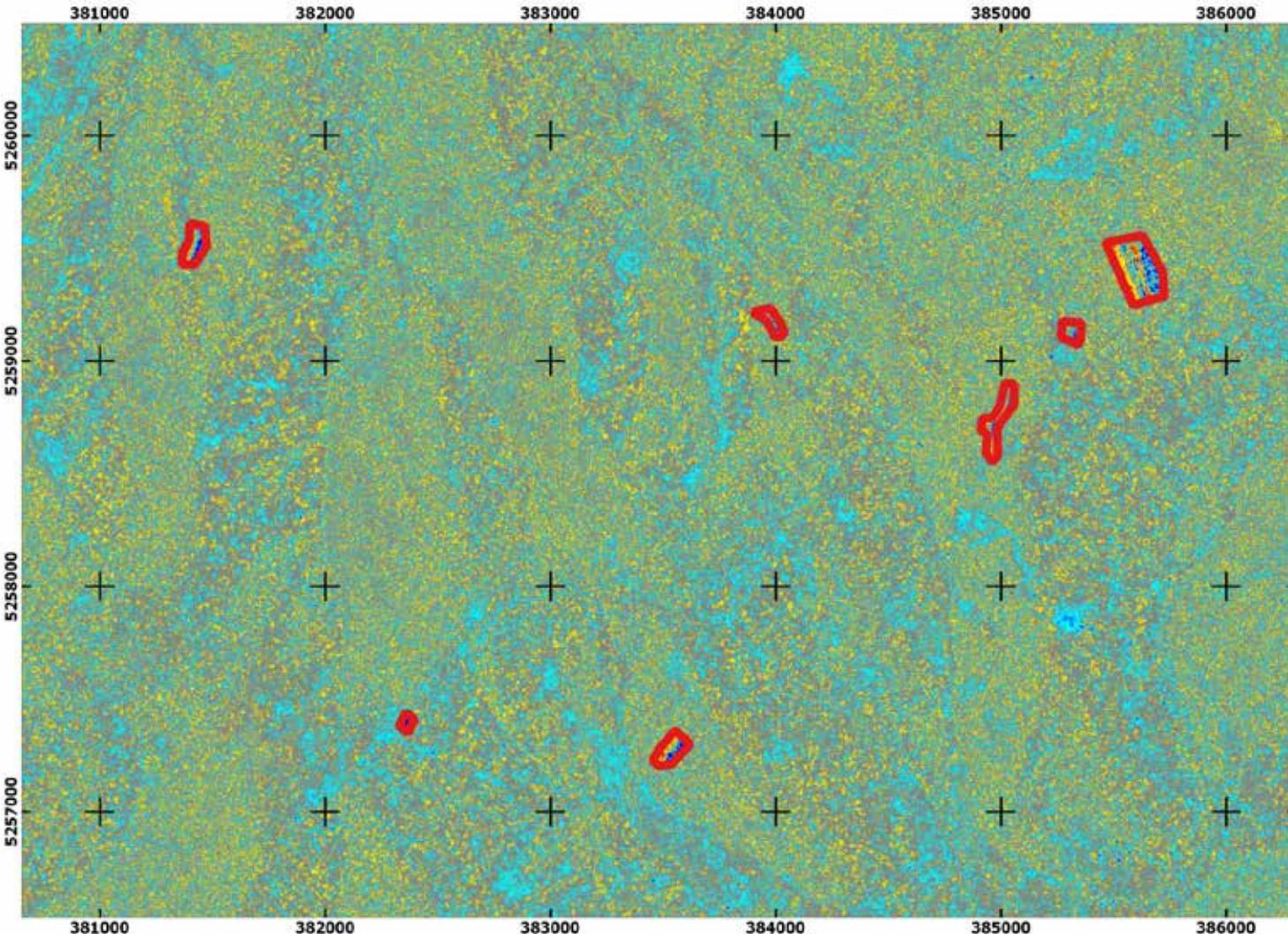


nachher

## Radar und Wald – Anwendung im Rahmen von „FastResponse“



# Windwurf-Simulation im Forstbetrieb Flachgau-Tennengau 2014



## • Aufnahme

- TerraSAR-X
- dual-polarisiert
  - HH und VV-Kanal
  - Unterscheidung von Kante und Oberfläche
- räuml. Auflösung ~2 m

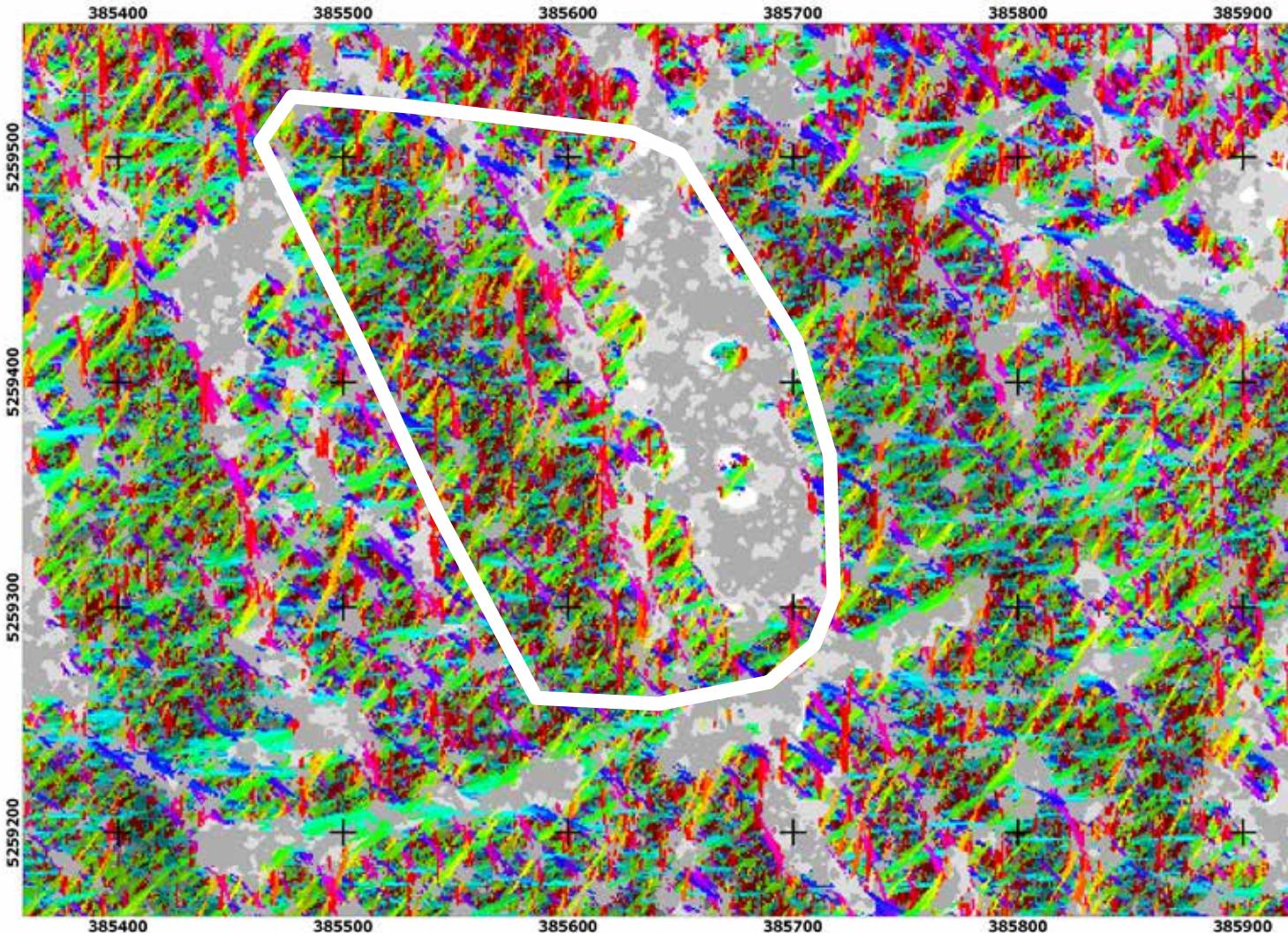
## • zeitlicher Ablauf

- 16.08. Vorher-Aufnahme
- 10.10. Nachher-Aufnahme
- 15.10. Änderungsbild erstellt

## • erkannte Änderungen

- Mischung aus „heller“ / „dunkler“
- viele kleinräumige Änderungen
- nur sehr wenige Häufungen

# Windwurf-Simulation in Flachgau-Tennengau 2014 – die Versuchsfläche



- **Aufnahme**

- TerraSAR-X
- dual-polarisiert
  - HH und VV-Kanal
  - Unterscheidung von Kante und Oberfläche
- räuml. Auflösung ~2 m

- **zeitlicher Ablauf**

- 16.08. Vorher-Aufnahme
- 10.10. Nachher-Aufnahme
- 15.10. Änderungsbild erstellt

- **Arten der Änderung**

- radiometrisch
- strukturell
  - Schmittlet-Index

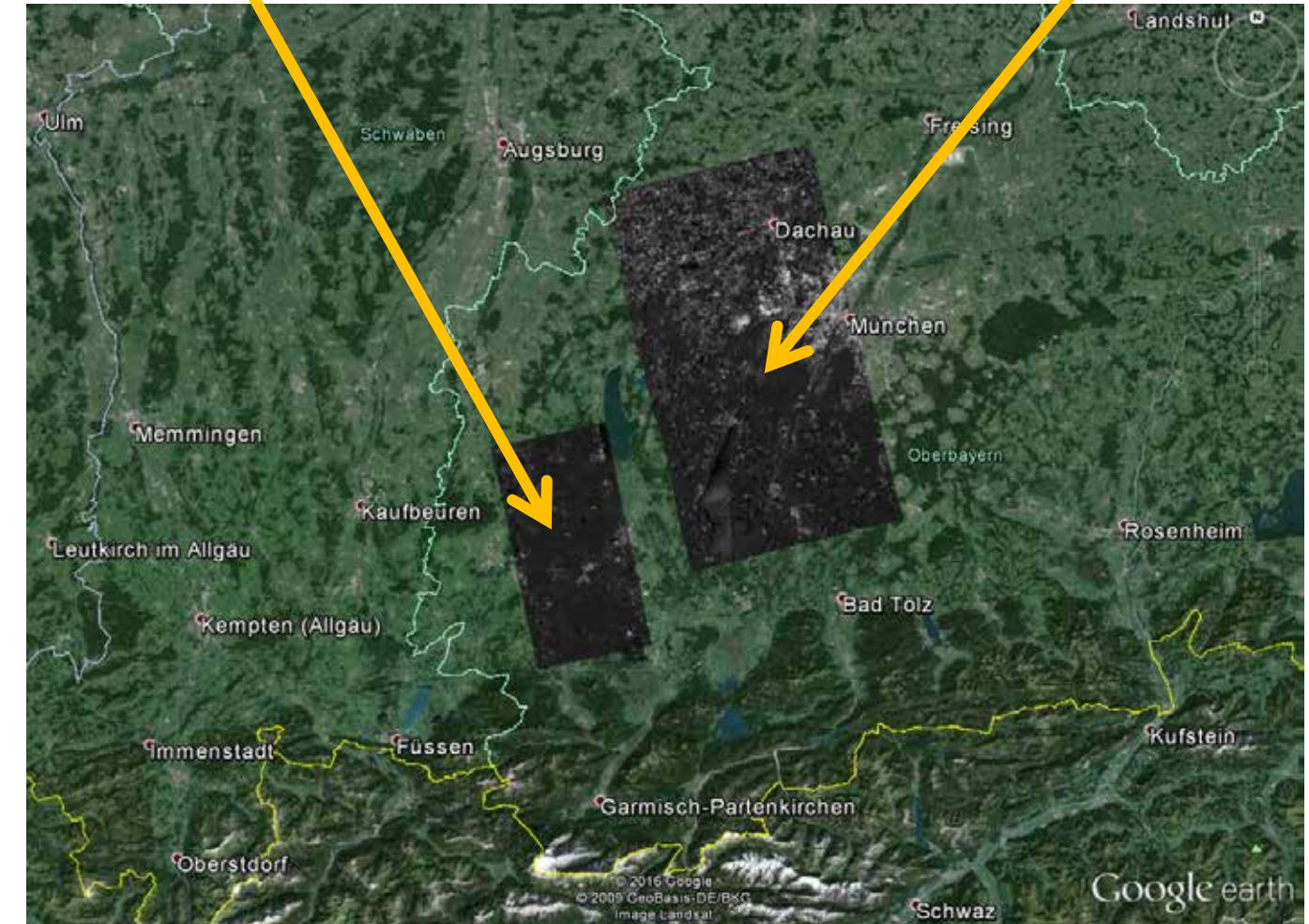
# Orkan Niklas in Oberbayern



MODIS-Aufnahme

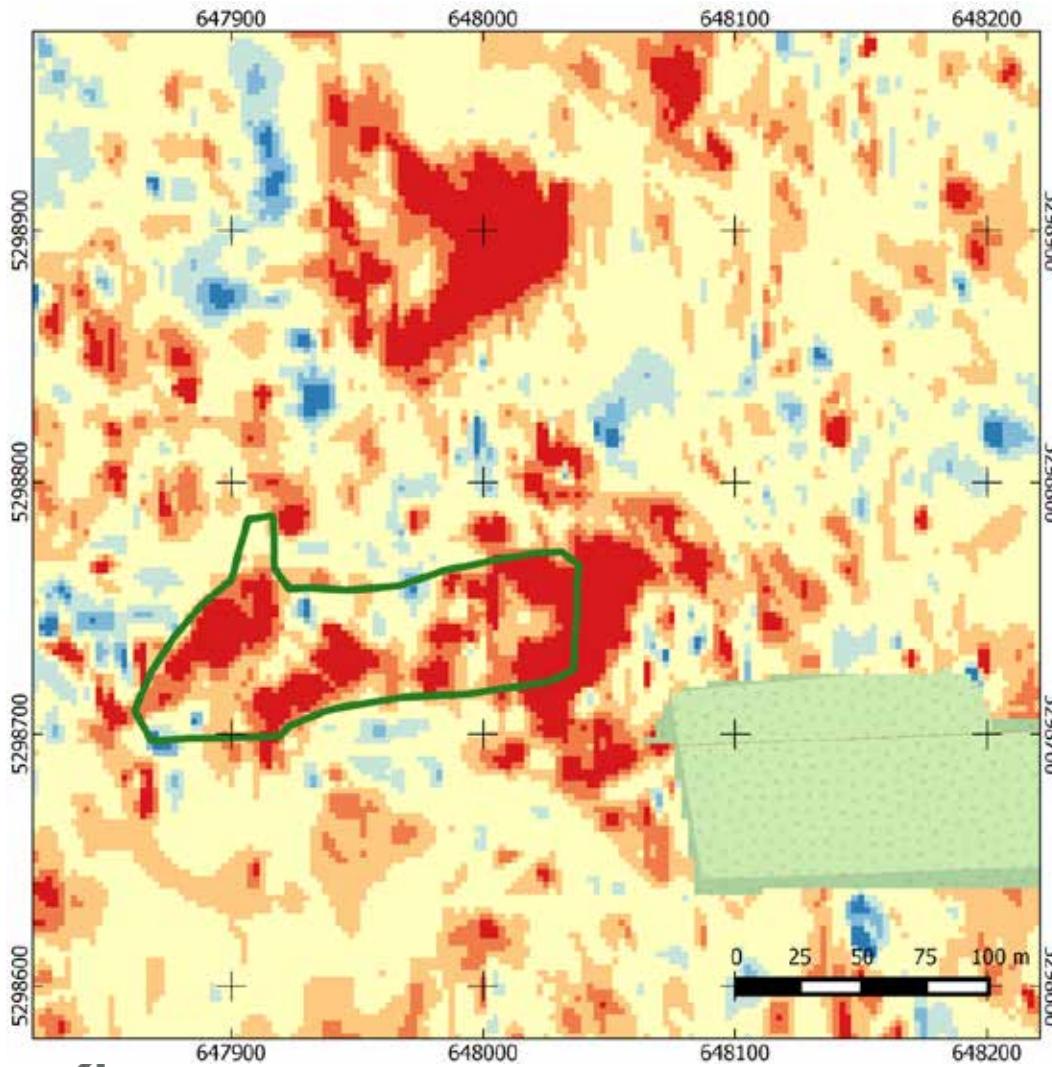
<http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/cgi-bin/imagery/realtime.cgi> (10.III.2016)

zweifach-polarisiert  
HH/VV



verfügbare TerraSAR-X-Aufnahmen von Oberbayern

# Windwürfe im Lechrain 2015



© Oliver Bauer 2015

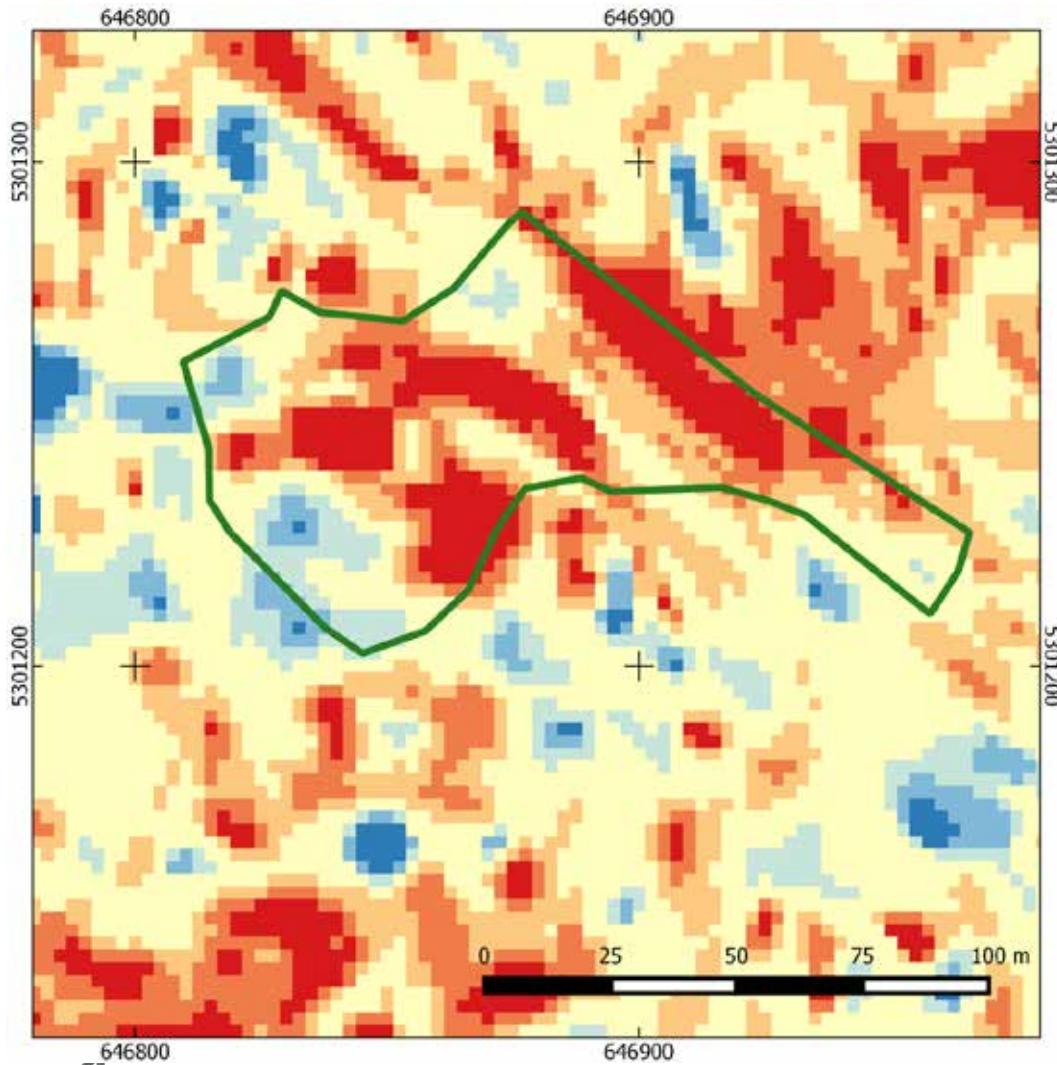
- **Aufnahmen**

- TerraSAR-X, HH/VV, räuml. Aufl. ~5 m
- 20.03.2015 und 31.03.2015 um 19:00 Uhr

- **Schadenserhebung**

- Monokultur Fichte
- 85 % Wurf / 5 % Bruch
- Restbestand 10 %
- Fläche 89 Ar

# Windwürfe im Lechrain 2015



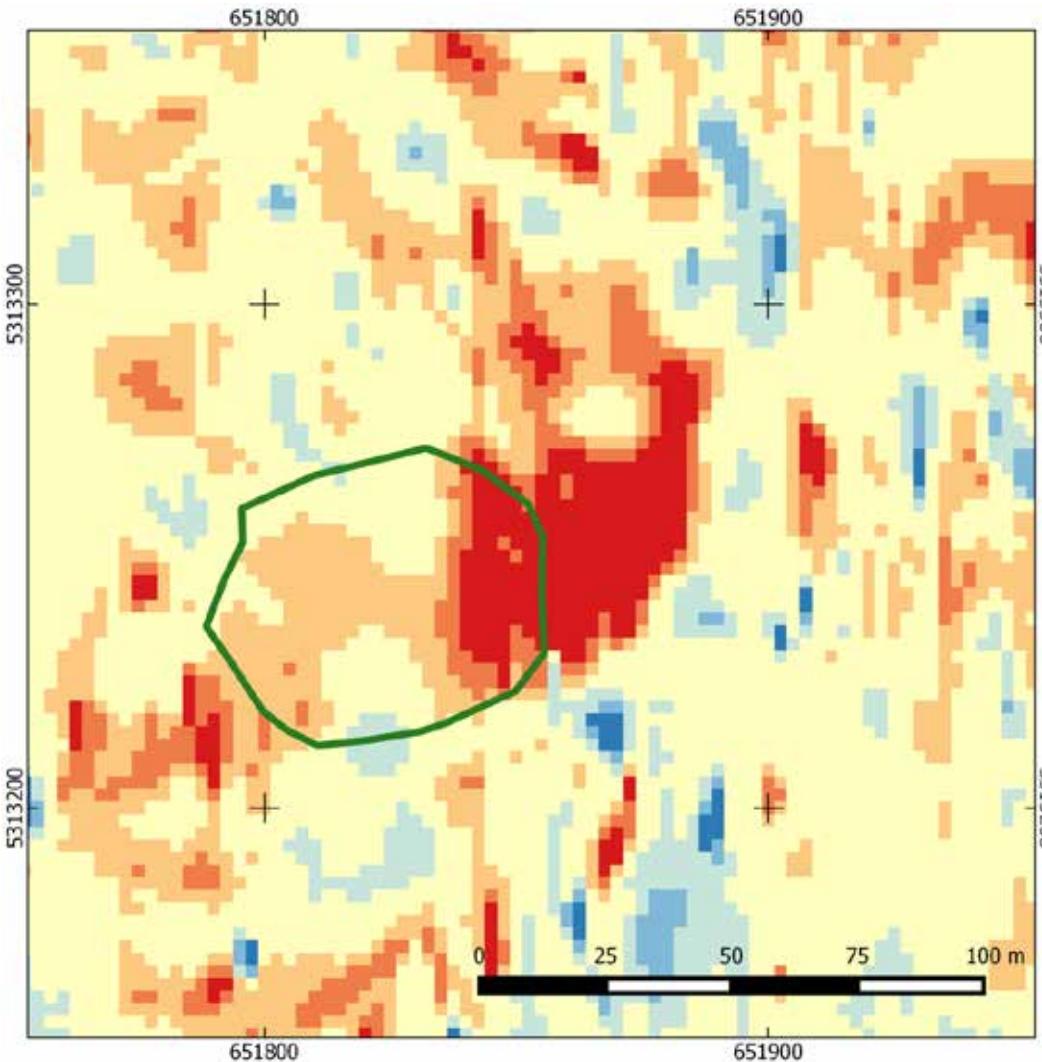
## • Aufnahmen

- TerraSAR-X, HH/VV, räuml. Aufl. ~5 m
- 20.03.2015 und 31.03.2015 um 19:00 Uhr

## • Schadenserhebung

- Monokultur Fichte
- 75 % Wurf / 20 % Bruch
- Restbestand 15 %
- Fläche 61 Ar

# Windwürfe im Lechrain 2015



© Oliver Bauer 2015

- **Aufnahmen**

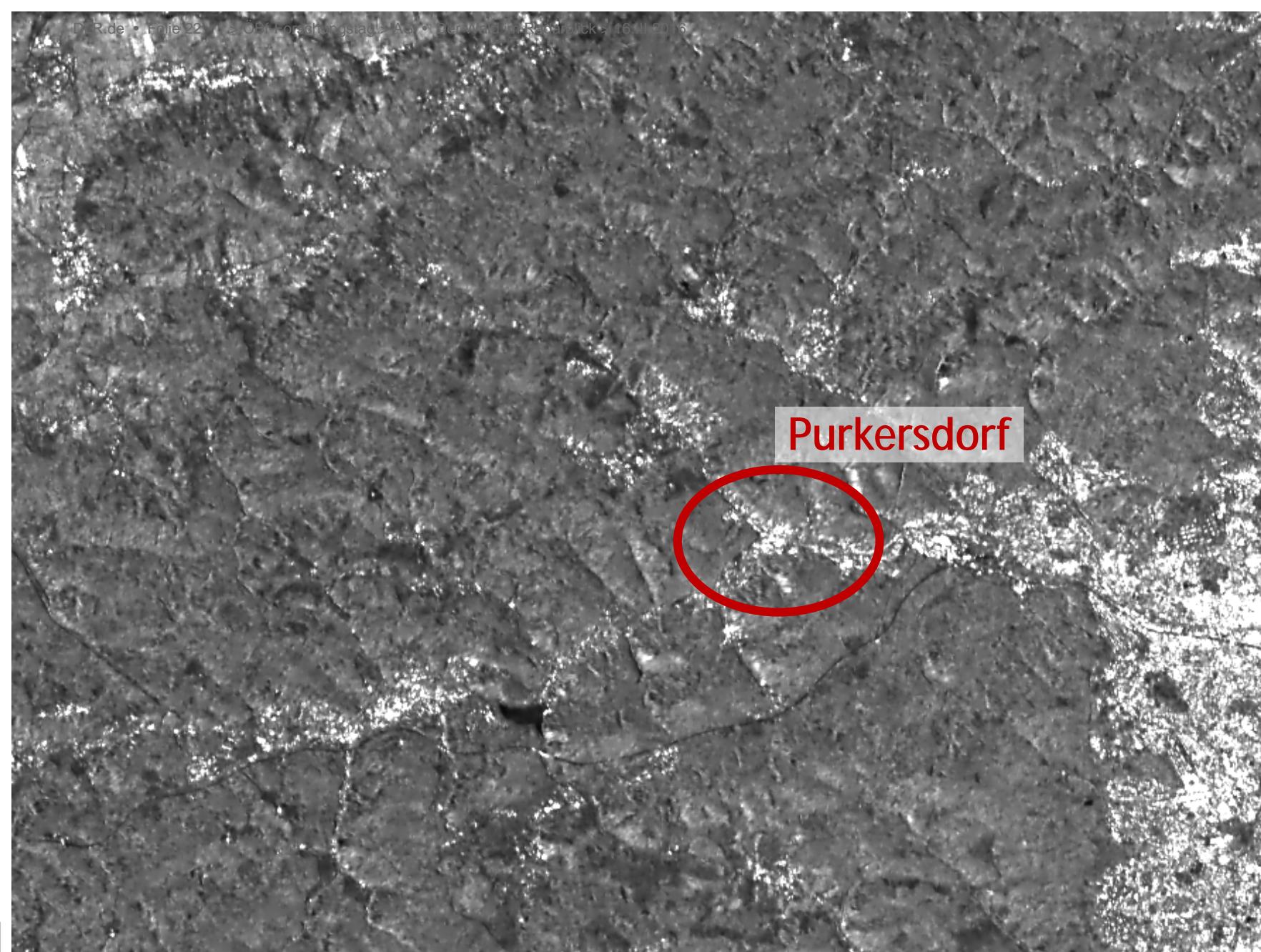
- TerraSAR-X, HH/VV, räuml. Aufl. ~5 m
- 20.03.2015 und 31.03.2015 um 19:00 Uhr

- **Schadenserhebung**

- Monokultur Fichte
- 85 % Wurf / 5 % Bruch
- Restbestand 10 %
- Fläche 30 Ar

## Radar und Wald – was bringt die Zukunft?





## Sentinel-1

- **ESA-Mission**
  - Copernicus
  - C-Band-Sensor
  - Aufnahmeplanung
  - 6-Tage Wiederholzeit
  - großflächige Abdeckung
- **Zeitreihe „Purkersdorf“**
  - räuml. Auflösung ~20m
  - Start: Januar 2015
  - Ende: März 2016
  - im Archiv:
    - 30 Aufnahmen vorhanden
    - 22 Aufnahmen verwertet
- **Informationsgehalt (?)**

## Bi-statisches SAR – gleichzeitige Aufnahme von zwei Satelliten aus

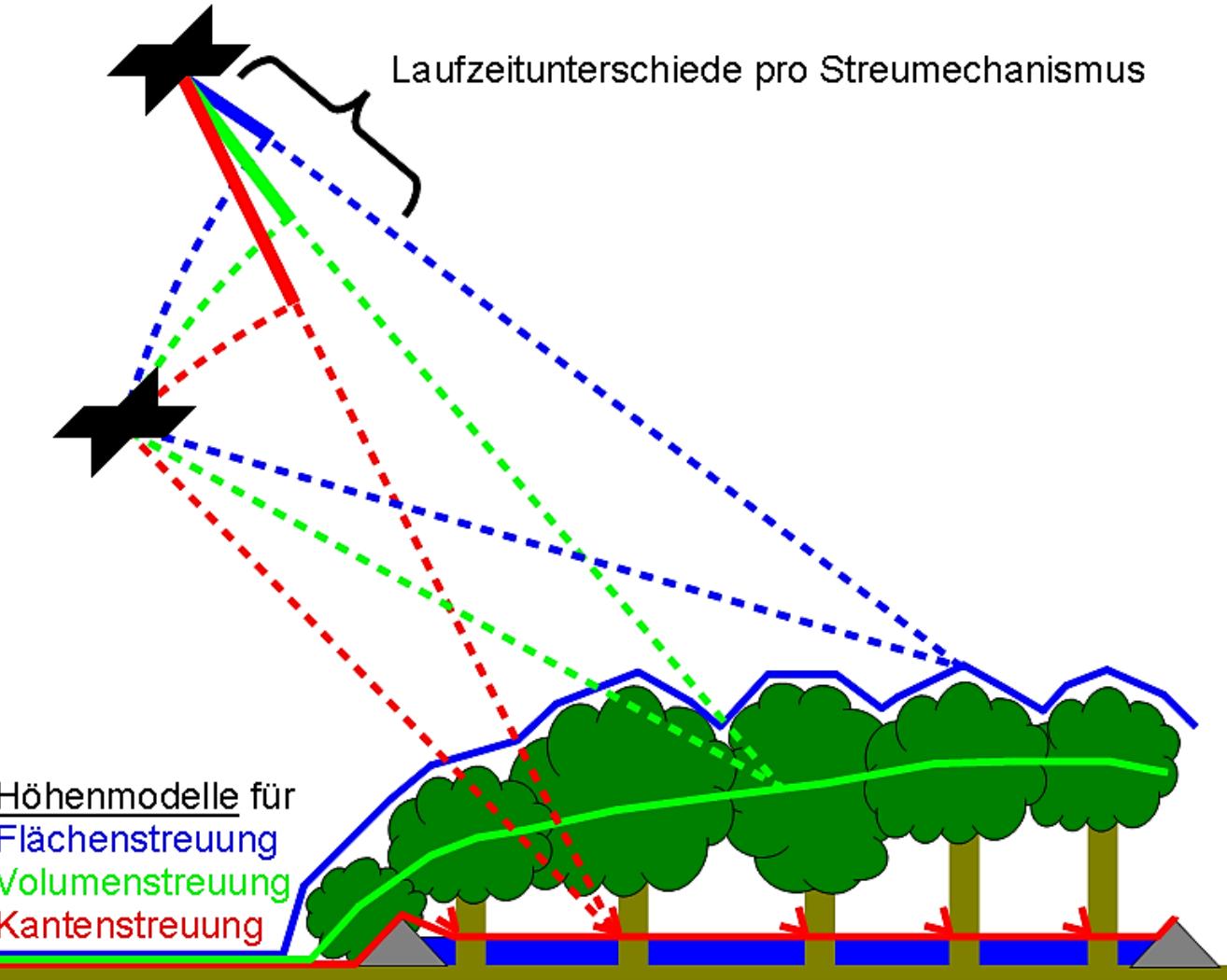


TanDEM-X  
seit 2010



TanDEM-L  
ab 2023 (?)

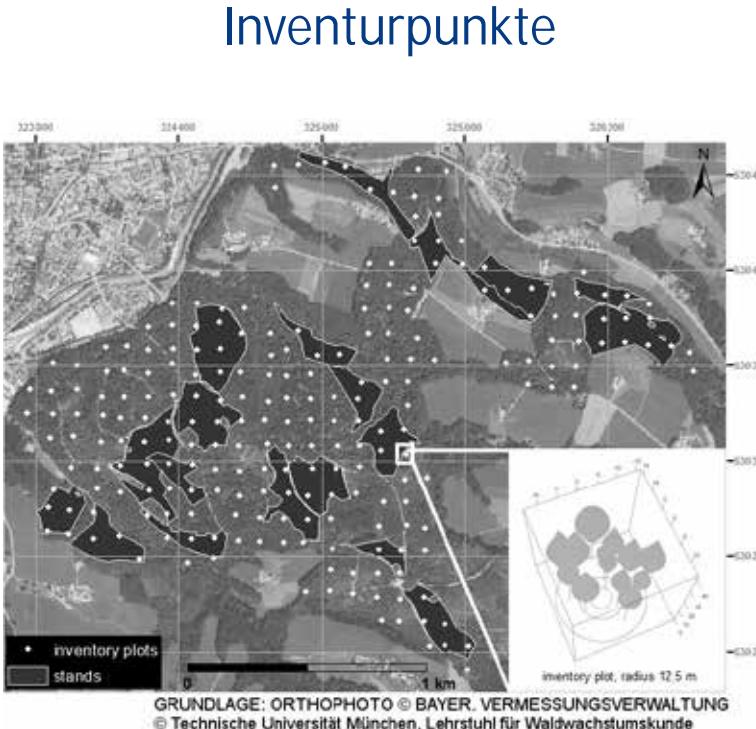
# Die dritte Dimension wird erschlossen



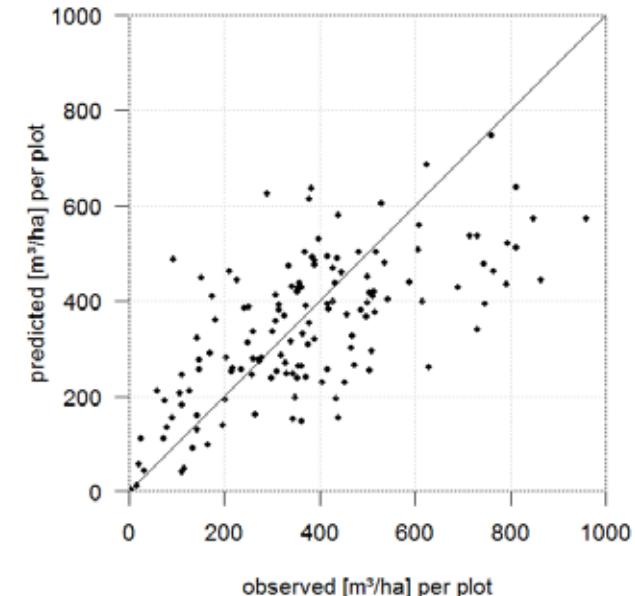
- **Technik „Pol-In-SAR“**
  - Polarimetrie
  - Interferometrie
- **Zielsetzung**
  - separate Höhenmodelle für unterschiedliche Rückstreuemechanismen
  - ableitbare Höhenwerte
    - Flächenstreuung: Blätterdach
    - Volumenstreuung: Kronenmitte
    - Kantenstreuung: Waldboden
- **enthaltene Information**
  - Bestandshöhe, vertikale Struktur, Biomasse, zeitl. Veränderungen etc.

# Vorratsschätzung in komplexen temperierten Waldbeständen basierend auf interferometrischen X-Band SAR Daten

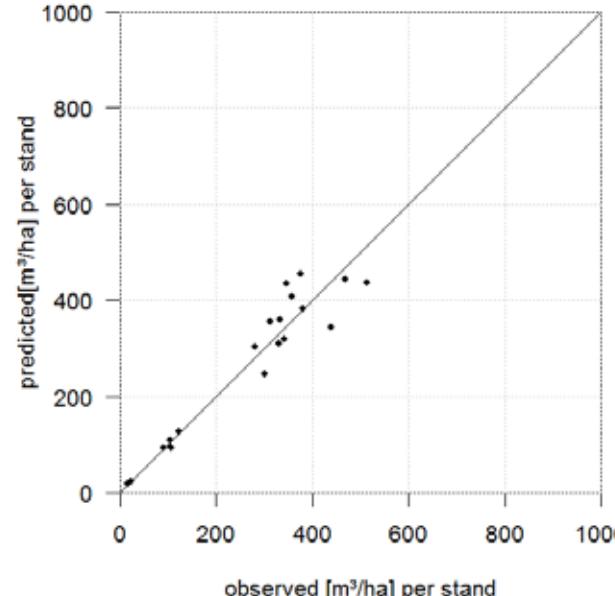
Stadtwald  
Traunstein



Inventurpunktebene  
RMSE = 155.00  $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ,  $R^2 = 0.69$



Bestandsebene  
RMSE = 44.25  $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ,  $R^2 = 0.94$



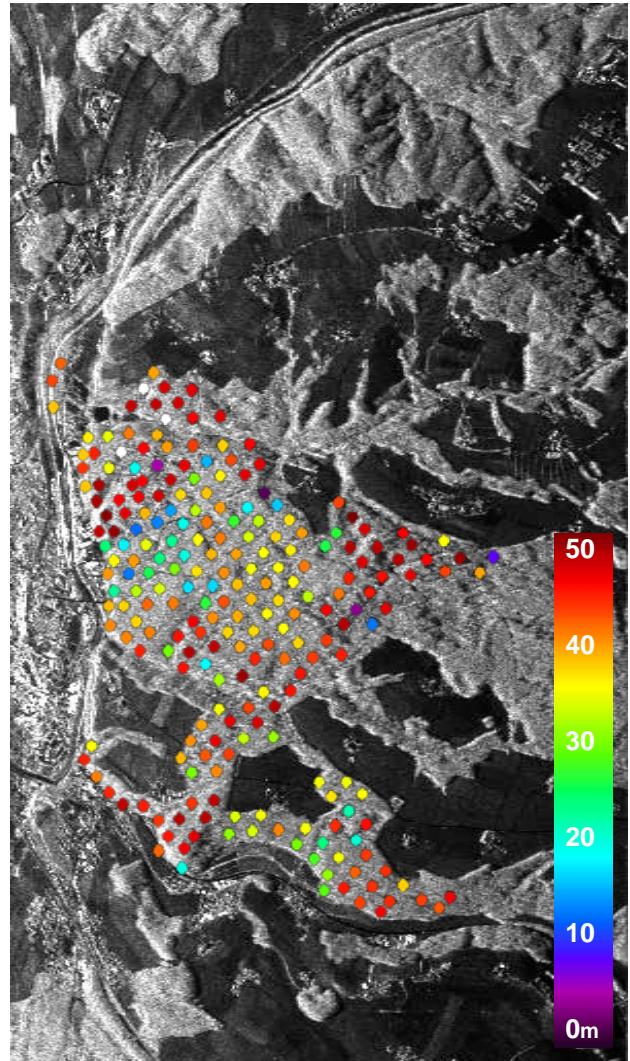
Quelle:

M. Sc. Sahra Abdullahi  
Technische Universität München  
Sahra.Abdullahi@lrz.tu-muenchen.de

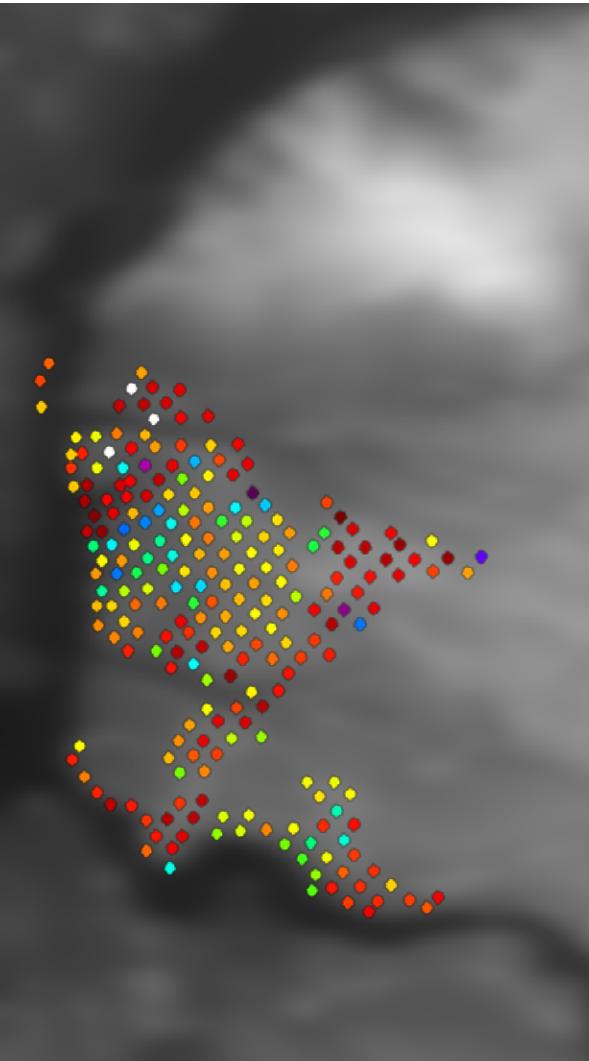
Abdullahi, S., Kugler, F. & Pretzsch, H. (2016) Prediction of stem volume in complex temperate forest stands using TanDEM-X SAR data. *Remote Sensing of Environment* 174, pp. 197-211.

# Waldhöhenbestimmung im Stadtwald von Traunstein

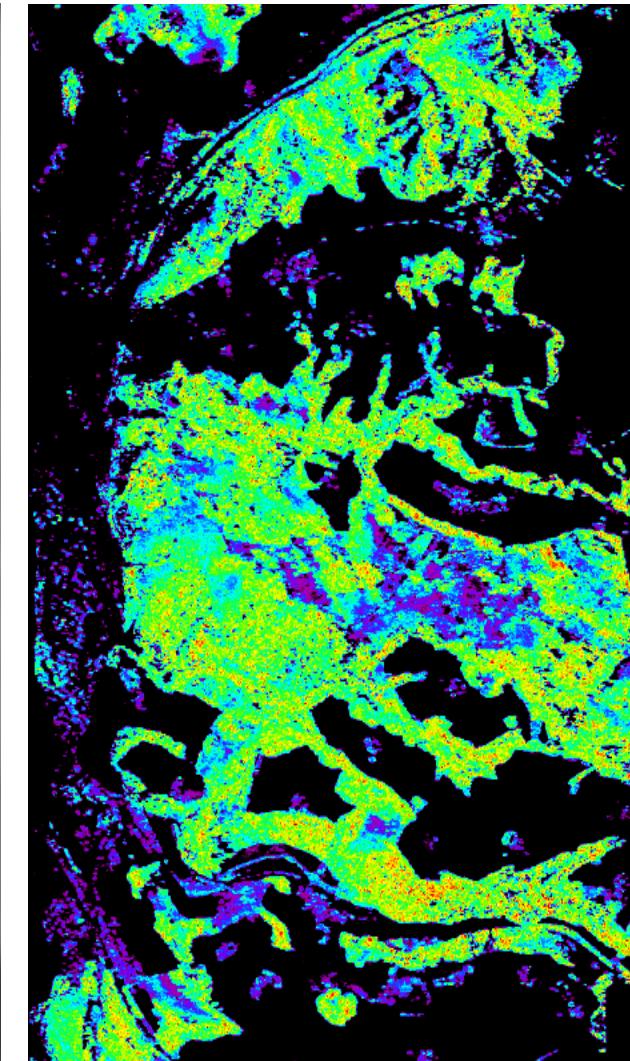
Inventurpunkte



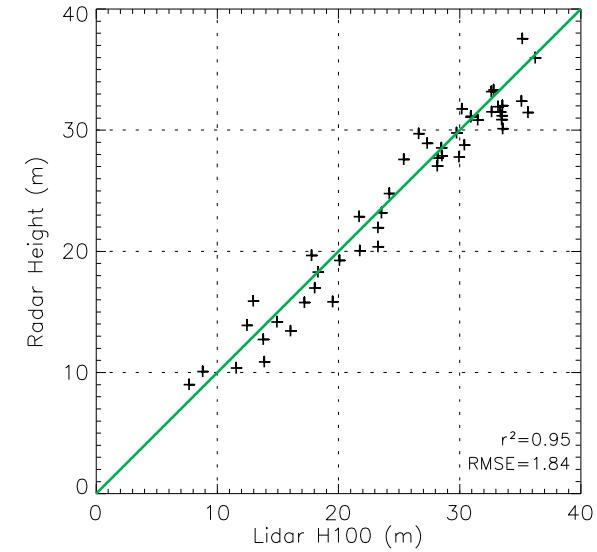
Geländemodell



Juni 2008



Verifikation



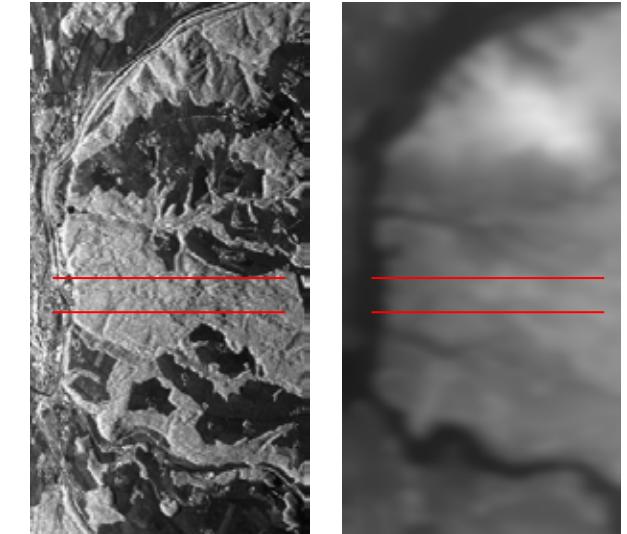
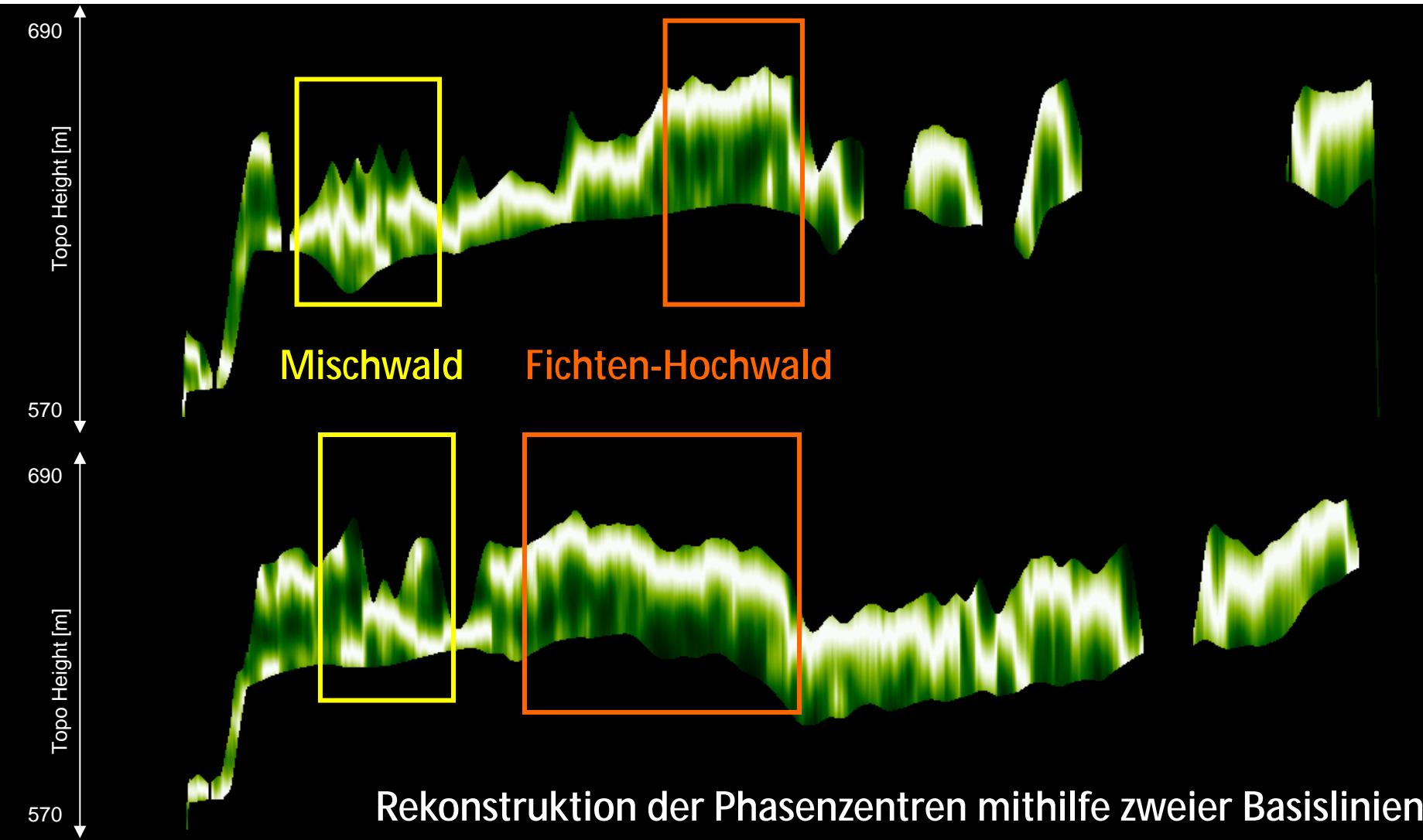
## Flugzeug-Sensor

- E-SAR / F-SAR
- auf DO228-212
- polarimetrisch
- multi-frequent
  - X, C, S, L, P
- „experimentell“

Quelle:

Dr.-Ing. Kostas Papathanassiou, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, Kostas.Papathanassiou@dlr.de

# Ableitung der vertikalen Struktur des Stadtwalds Traunstein



## abgeleitete Parameter

- Phasenzentrum (Vol.)
- Geländehöhe
- Baumhöhe

## mögliche Information

- vertikale Struktur
- Bestandsdichte
- Baumarten

Quelle:

Dr.-Ing. Kostas Papathanassiou, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, Kostas.Papathanassiou@dlr.de

# Der Wald im Radarblick – eine kurze Zusammenfassung

## • Was geht aktuell?

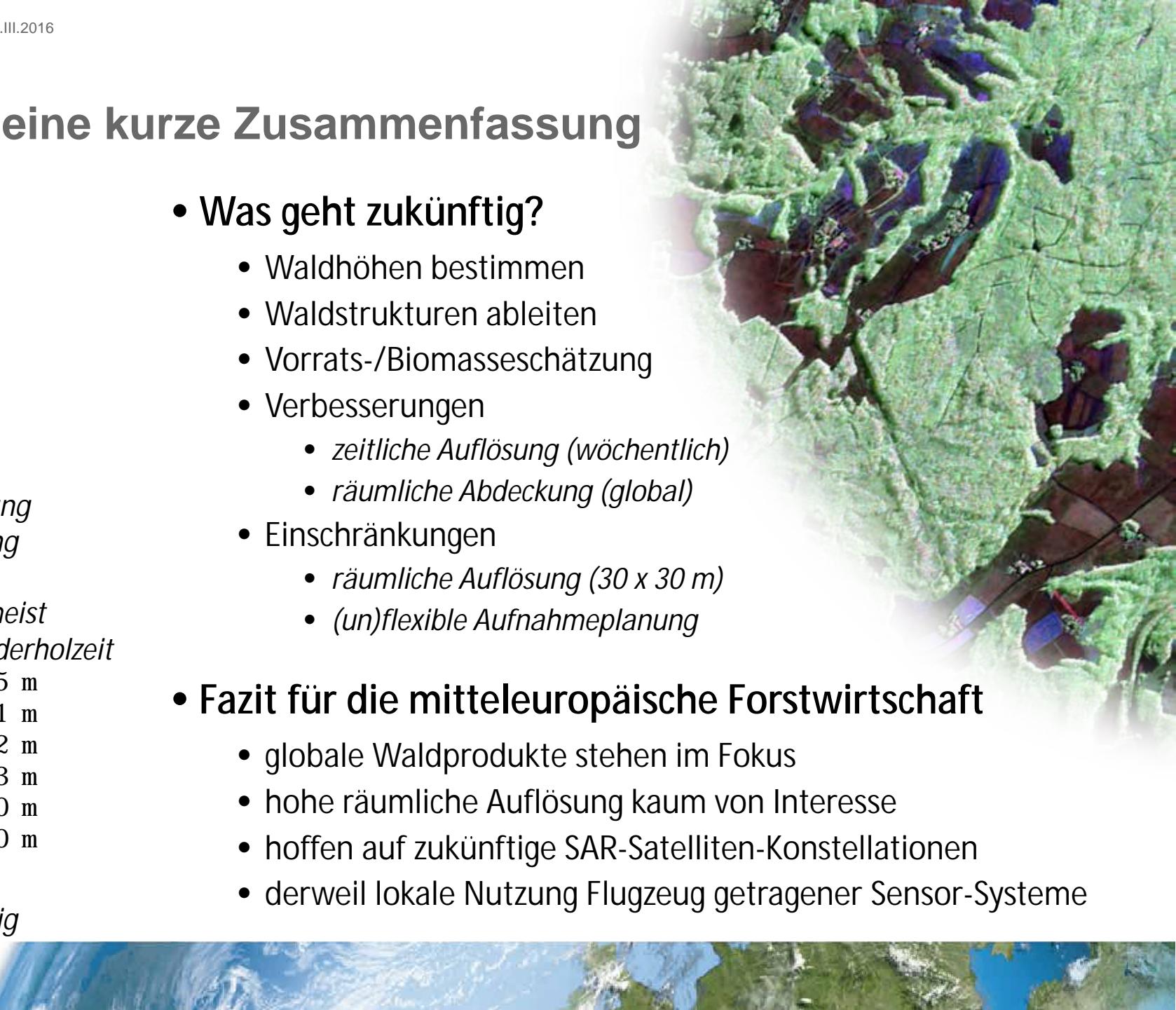
- Wald als solchen erkennen
- Änderungen im Wald erkennen
  - Brände
  - Windwurf
  - Schädlingsbefall
- Einschränkungen
  - räumliche und zeitliche Abdeckung
  - räumliche und zeitliche Auflösung
  - Wellenlänge und Polarimetrie
  - Beispiel „TerraSAR-X“, X-Band, meist einfach polarisiert, 11 Tage Wiederholzeit
    - ST: 4 x 4 km mit 0,5 m
    - HR: 10 x 5 km mit 1 m
    - SL: 10 x 10 km mit 2 m
    - SM: 30 x 50 km mit 3 m
    - SC: 100 x 150 km mit 20 m
    - WS: 270 x 200 km mit 40 m
- sehr zuverlässige Aufnahme
  - Tageszeit und Wetter unabhängig

## • Was geht zukünftig?

- Waldhöhen bestimmen
- Waldstrukturen ableiten
- Vorrats-/Biomasseschätzung
- Verbesserungen
  - zeitliche Auflösung (wöchentlich)
  - räumliche Abdeckung (global)
- Einschränkungen
  - räumliche Auflösung (30 x 30 m)
  - (un)flexible Aufnahmeplanung

## • Fazit für die mitteleuropäische Forstwirtschaft

- globale Waldprodukte stehen im Fokus
- hohe räumliche Auflösung kaum von Interesse
- hoffen auf zukünftige SAR-Satelliten-Konstellationen
- derweil lokale Nutzung Flugzeug getragener Sensor-Systeme



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

**Dr.-Ing. Andreas Schmitt**

*DLR-DFD-LAX*

*Oberpfaffenhofen*

*D-82234 Weßling*

*Tel: +49-8153-28-3341*

*andreas.schmitt@dlr.de*

