

# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

---

## **Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen**

Koch, Straub, Röder, Ortiz

FeLis

Universität Freiburg

[www.felis.uni-freiburg.de](http://www.felis.uni-freiburg.de)



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

---

## **Zwei Teilprojekte**

**Vergleich verschiedener Methoden zur Abschätzung der  
Holzvolumens aus Lidar und RGB/NIR Daten**

Christoph Straub

**Nutzung von optischen Satellitendaten und Radardaten zur  
Früherkennung von Insektenschäden**

ESA Projekt

Sonia Ortiz und Jan Röder

# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

---

## Vergleich verschiedener Methoden zur Abschätzung der Holzvolumens aus Lidar und RGB/NIR Daten

Parametrische Regressions Analyse

K-NN Methode

Methode unter Nutzung von Ertragstafeln

# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

## Untersuchungsgebiet

Waldgebiet nördlich von Karlsruhe

108 Rein- und Mischbestände im Testgebiet

Wichtigste Baumarten:

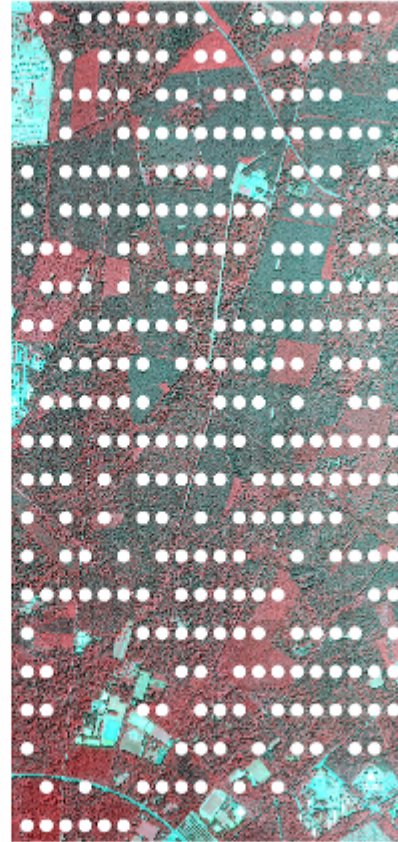
Kiefer ( <i>Pinus sylvestris</i> )	51%
Eiche ( <i>Quercus petraea</i> )	14%
Buche ( <i>Fagus sylvatica</i> )	10%
Roteiche ( <i>Quercus rubra</i> )	10%

# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

a) CHM:



b) CIR orthophoto

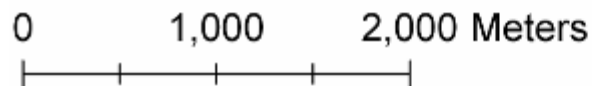


Oberhöhe            23 m  
Volumen             261 m<sup>3</sup>

Forstinventur 2007

Inventory  
plots  
(n = 300)

Vegetation  
height:  
High : 40m  
Low : 0m



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

## FE-Daten

Lidar Harrier 56

16 Punkte/m<sup>2</sup>

August 2007

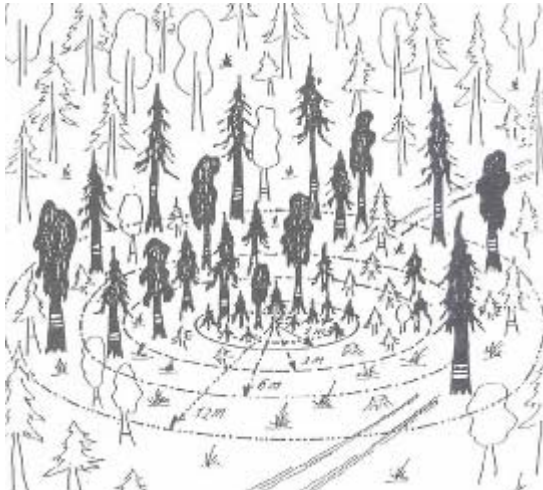
RGB/NIR Line Scanner Falcon II

40 cm Pixelgröße

Juli 2008

## Geländedaten

Forstinventur 2007



BWI Punkte im 100x200 m Raster

4 konzentrische Kreise

2m, 3m 6m und 12m Radius (7cm, 10 cm, 15 cm, 30 cm BHD)

2 Messung der Oberhöhe für den Hauptbestand

1 Messung der Oberhöhe für den Nebenbestand

Schätzung der Höhe aus dem BHD mit Hilfe von Höhenkurven

# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

## Auswahl von FE Parametern mit einem offensichtlichen Bezug zum Holzvolumen haben

Variable	Einheit	Beschreibung	Datenquelle
$H_m$	m	Mittlere Höhe Bezug zum Volumen unter dem Kronendach	ALS nDSM
$H_t$	m	Oberhöhe 100 höchsten Bäume/ha	ALS nDSM
CC	%	Kronenschluss	ALS nDSM
$P_c/P_d$	%	Anteil Laubbäume und Nadelbäume	RGB/NIR

$$H_m = \frac{1}{N} \sum nDSM_{xy}$$



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

---

**Mittleren Vegetationshöhe** ist die mittlere Höhe aus allen reflektierten Punkten im Kronenbereich

**Oberhöhe** ist die mittlere Höhe aller reflektierten 10% höchsten Punkte. Diese zeigt eine enge Korrelation mit der Oberhöhe, die am Boden gemessen wird

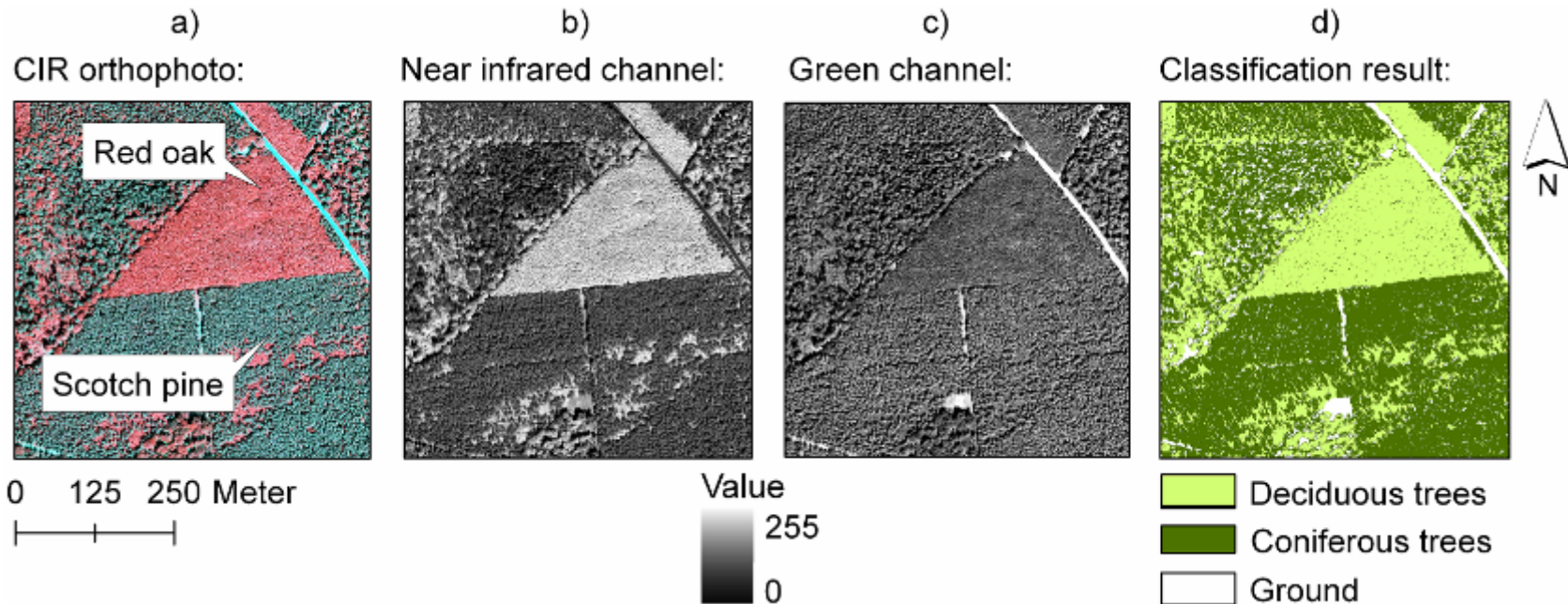
**Kronenschluss** ist die Anzahl der reflektierten Punkte über eine definierten Minimumhöhe. Die Minimumhöhe wird für jeden Plot abgeleitet bei 50% der höchsten Höhe.



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

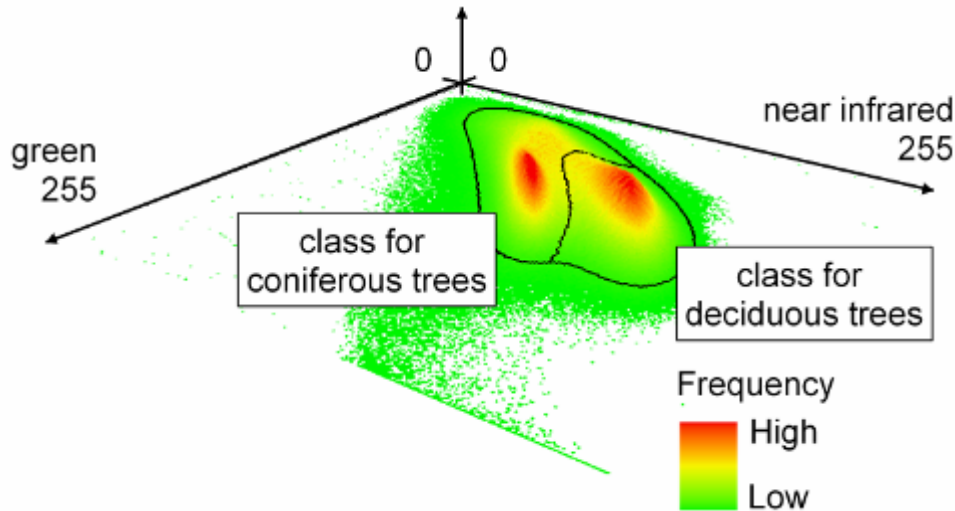
## Anteil Laub/Nadelbaum aus Grün und Infrarot im zweidimensionalen Raum.

### Weitere Klasse **Boden** über nDSM Daten



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

**Anteil Laub/Nadelbaum** aus Grün und Infrarot im zweidimensionalen Raum.



Die Klassifizierung erfolgte in Form einer Segmentierung. Die Segmentierung basiert auf „Pouring“ Algorithmus



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

## Parametrische Regressionsmethode:

Basierend auf Trainingflächen wurden mit der „stepwise forward selection „ Methode die unabhängigen Variablen mit einem Signifikanzniveau (F-Statistik) von 0.05 in das Modell aufgenommen.

Das Model wurde auf der Basis von 300 Stichproben erstellt

Model	<u>Unstandardized</u> Coefficients	Std. Error	Standardized Coefficients	t	Significance
<i>(Constant)</i>	-217.409	25.524		-8.518	0.000
<i>H<sub>m</sub></i>	13.988	2.014	0.445	6.945	0.000
<i>H<sub>t</sub></i>	8.129	1.653	0.315	4.919	0.000
<i>CP</i>	0.799	0.166	0.185	4.818	0.000

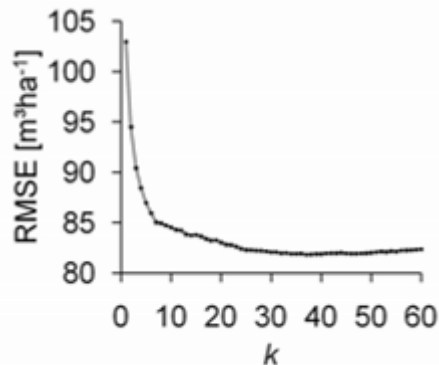
Multiple correlation coefficient (R)	Coefficient of determination (R <sup>2</sup> )	Std. error of the Estimate	F	Significance
0.75	0.56	79.26	126.68	0.000

# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

## k-NN Methode (nichtparametrische Regressionsmethode):

Als Maß für die Ähnlichkeit der Fernerkundungsmerkmale im mehrdimensionalen Raum wurde die Mahalanobisdistanz verwendet.

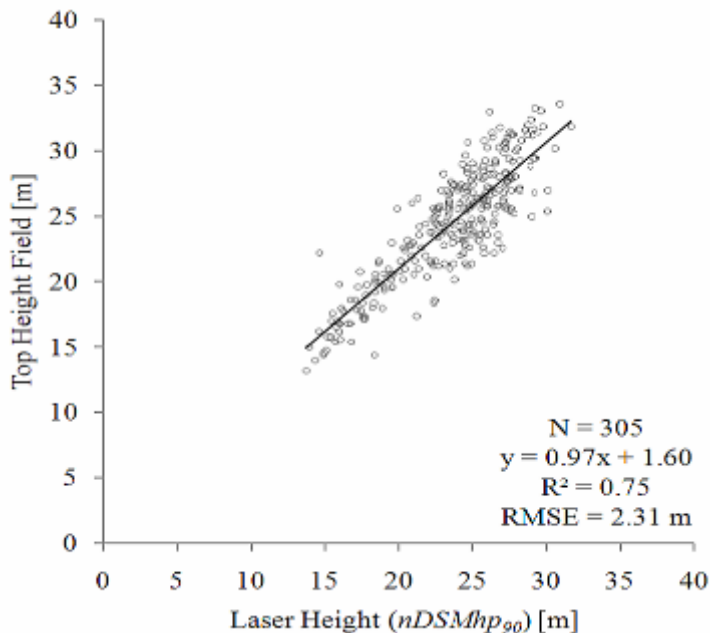
k=1 bis k=50 wurden untersucht für die Attributschätzung



Eine Optimierung zeigte sich bei k 35

# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

## Regressionmethode mit regionalen Ertragstafeln



1. Oberhöhenbasierte ( $H_t$ ) Volumenfunktion ( $V_t$ ) wird aus den Ertragstafeln, differenziert nach Baumart, hergeleitet. Es werden immer die Tabellen der dominierenden BA oder ein Mittelwert aus verschiedenen BA Tabellen hergeleitet. Laubholz und Nadelholz aber immer getrennt.

$$V_t = a + bH_t + cH_t^2$$



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

---

2. Die Ertragstafelwerte werden für Plot gewichtet nach Anteil Laub  $P_d$  und Nadelholz  $P_c$

$$V_{t.cd} = \left[ \left( V_{t.c} \cdot \frac{P_c}{100} \right) + \left( V_{t.d} \cdot \frac{P_d}{100} \right) \right]$$

3. Das Volumen wird noch mit dem Kronenschlussgrad  $CC$  multipliziert

$$V = CC \cdot \left[ \left( (a_c + b_c H_t + c_c H_t^2) \cdot \frac{P_c}{100} \right) + \left( (a_d + b_d H_t + c_d H_t^2) \cdot \frac{P_d}{100} \right) \right]$$

# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

---

## Validierung und Ergebnisse

Leave-one-out-cross-validation (LOOCV)

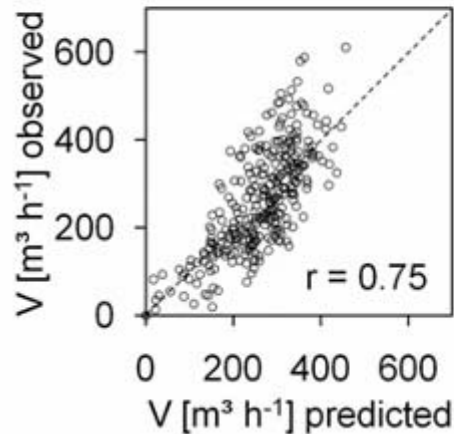
RMSE

BIAS

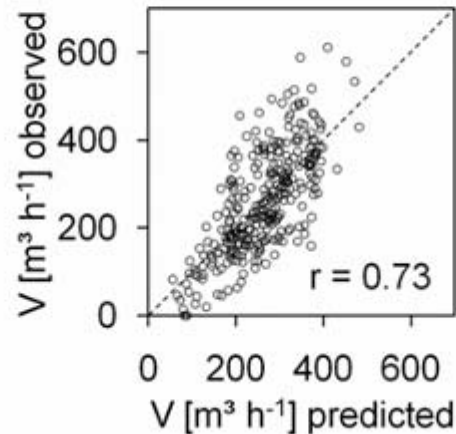
# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

## Ergebnisse auf Plotebene

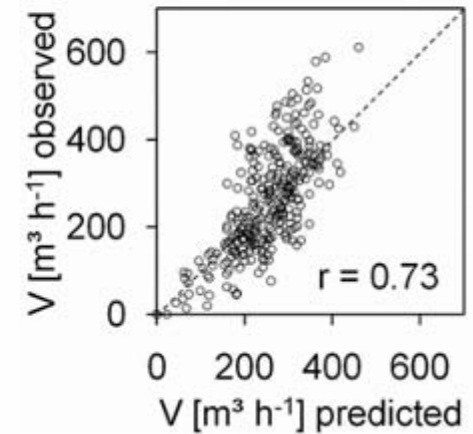
RA:



$k$ -NN:



YT-method:



	RA	$k$ -NN	YT-method
RMSE [m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]	79.79	81.93	81.78
RMSE [%]	31	31	31
Bias [m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]	0.05	-1.96	6.7

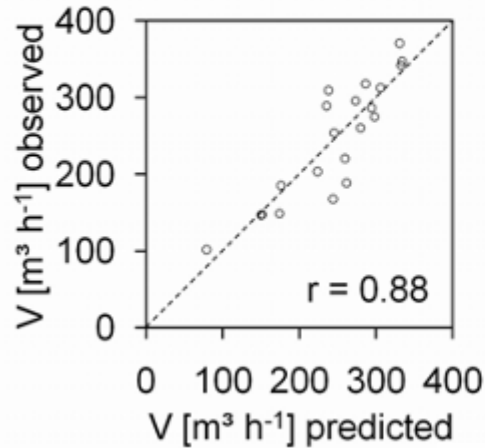




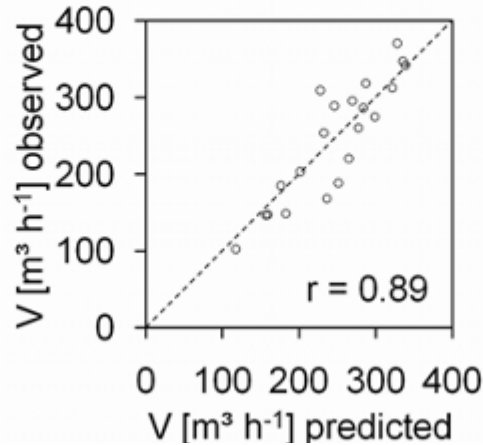
# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

## Ergebnisse Bestandesebene

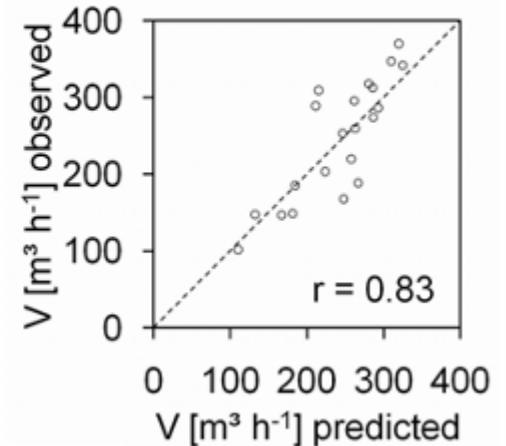
RA:



$k$ -NN:



YT-method:



	RA	$k$ -NN	YTM
RMSE [m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]	35.75	35.06	42.98
RMSE [%]	15	14	17
Bias [m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]	-0.04	-1.17	5.01



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

---

## **Nutzung von optischen Satellitendaten und Radardaten zur Früherkennung von Insektenschäden**

ESA Projekt  
Sonia Ortiz und Jan Röder



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

---

Ziel der Untersuchungen ist es basierend auf multi-temporalen und multi-sensoralen Erdbeobachtungsdaten Methoden zur Früherkennung von Insektenschäden zu erarbeiten

Testflächen

Fichtenborkenkäfer (*Ips typographus* L.) BadenWürttemberg, FA Biberach  
Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) Bayern, FA Kitzingen



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

---

## **Bodendaten:**

BWI Plot Information

Schadenskarten

Schadensmonitoring auf Stichproben

## **Fernerkundungsdaten:**

Landsat TM 5 Daten vom Jahr 2007

SPOT 4 Daten 2007

RapidEye Daten 17. Juni, 29. Juli und 15. August 2009

KompSat Daten (RGB/NIR 2.8m) 1. September 2009

ALOS PALSAR fine mode (12.5m HH) 12. und 29. Juni 2009

TerraSAR-X spot mode (1-2m HH/VV) 27. März, 4. Juni, 9. August und 11. September 2009.

# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

## RapidEye

Auflösung 6.5 m  
5 optische Bänder





# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

## Verarbeitung :

### Optische Daten :

Bands

Tasseled Cap

IHS

Indices

normalised differenced vegetation index (NDVI)

transformed soil adjusted vegetation index (TSAVI)

modified soil adjusted vegetation index (MSAVI)

transformed vegetation index (TVI)

weighted difference vegetation index (WDVI)

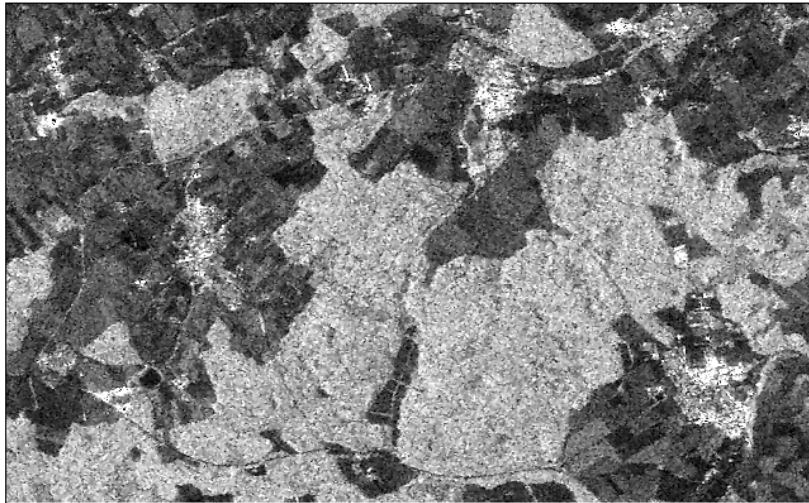
enhanced vegetation index (EVI)

**NDVI red-edge/green**

$$NDVI_{Rededge-Green} = \frac{(Red\ edge - Green)}{(Red\ edge + Green)}$$



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen



N  
0 500 1.000 Meters

@ESA. ALOS PALSAR 2009



N  
0 500 1.000 Meters

@DLR. TerraSAR-X 2009

Speckle Filtering und Radiometrische Kalibrierung in sigma naught

# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

---

## Bearbeitungsschritte

1. Klassifizierung der Risikobestände
2. Klassifizierung der Schäden innerhalb der Risikobestände

## Verfahren

Random Forest Algorithmus. Das Verfahren selektiert die Variablen mit der „Variable Importance Score Function“ anschließend werden Klassifizierungsbäume entwickelt.



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

## Klassifizierung der Risikobestände basierend auf den Landsat 5 TM Daten

Model formuliert 4 unabhängige Variablen  
Band 1, NDVI, Tasseld Cap1 und Tasseld Cap 2

	Other species observed (#)	Norway spruce observed (#)	UA (%)
Other species predicted (#)	207	13	94.1
Norway spruce predicted (#)	15	166	91.7
PA (%)	93.2	92.7	93

□

Konfusionsmatrix

# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

## Cross Validation LOOCV

	Other species observed (#)	Norway spruce observed (#)	UA (%)
Other species predicted (#)	185	41	81.9
Norway spruce predicted (#)	37	138	78.9
PA (%)	83.3	77.1	80.5



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

## Erkennung der Fichtenborkenkäferschäden auf der Basis von RapidEye und TerraSAR X Daten

Modell formuliert 3 unabhängige Variablen Band 3 (rot), Index NDVI  
Red-edge/Green und Median of sigma naught VV Polarisation  
(März/Juni)

	Not infected observed(#)	Infected (#)	observed	UA (%)
Not infected predicted (#)	15		2	88.2
Infected predicted (#)	1		14	93.3
PA (%)	93.8		87.5	90.6



# Nutzung von multi-sensoralen Daten für verschiedene forstliche Anwendungen

---

## **Erste Schlussfolgerungen:**

Die Addition der TerraSar Information zur optischen Information (mit Red-edge) verbesserte die pre-visuelle Erkennung der Borkenkäferschäden um 7% .