



# Baumartenklassifizierung in Mischwaldbeständen mittels flugzeuggestützten Laser- und optischen Scannerdaten

**Hans Fuchs, Nils Tremer, Christoph Kleinn**

Abteilung für Waldinventur und Fernerkundung | Burckhardt-Institut | Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie  
Georg-August-Universität Göttingen

## Gliederung

- Motivation
- Testgebiet
- Sensordaten
- Methoden
- Ergebnisse
- Schlussfolgerungen

## Hintergrund

F&E Projekt „Virtueller Wald II“ in Nordrhein-Westfalen.  
Konsortium gefördert vom Landesbetrieb Wald und Holz NRW,  
Europäische Union und Europäischer Fond zur regionalen  
Entwicklung (EFRE).  
Laufzeit: 2007-2009.

### Hauptziel:

Einsatz neuer Fernerkundungstechniken zur  
Informationserfassung für Zwecke des forstbetrieblichen  
Managements und Entwicklung von Systemlösungen zur  
praxisnahen Anwendung im Forstbetrieb.

## Motivation

Weiterentwicklung der Informationserfassung für die forstbetriebliche Planung:

Ertragstafeln sind kaum mehr in der Lage, Wachstumsprozesse ungleichaltriger Mischbestände abzubilden.

Terrestrisch erhobene Inventurdaten aus Betriebs- bzw. Landeswaldinventuren ungeeignet, um Bestandesweise Information abzuleiten.

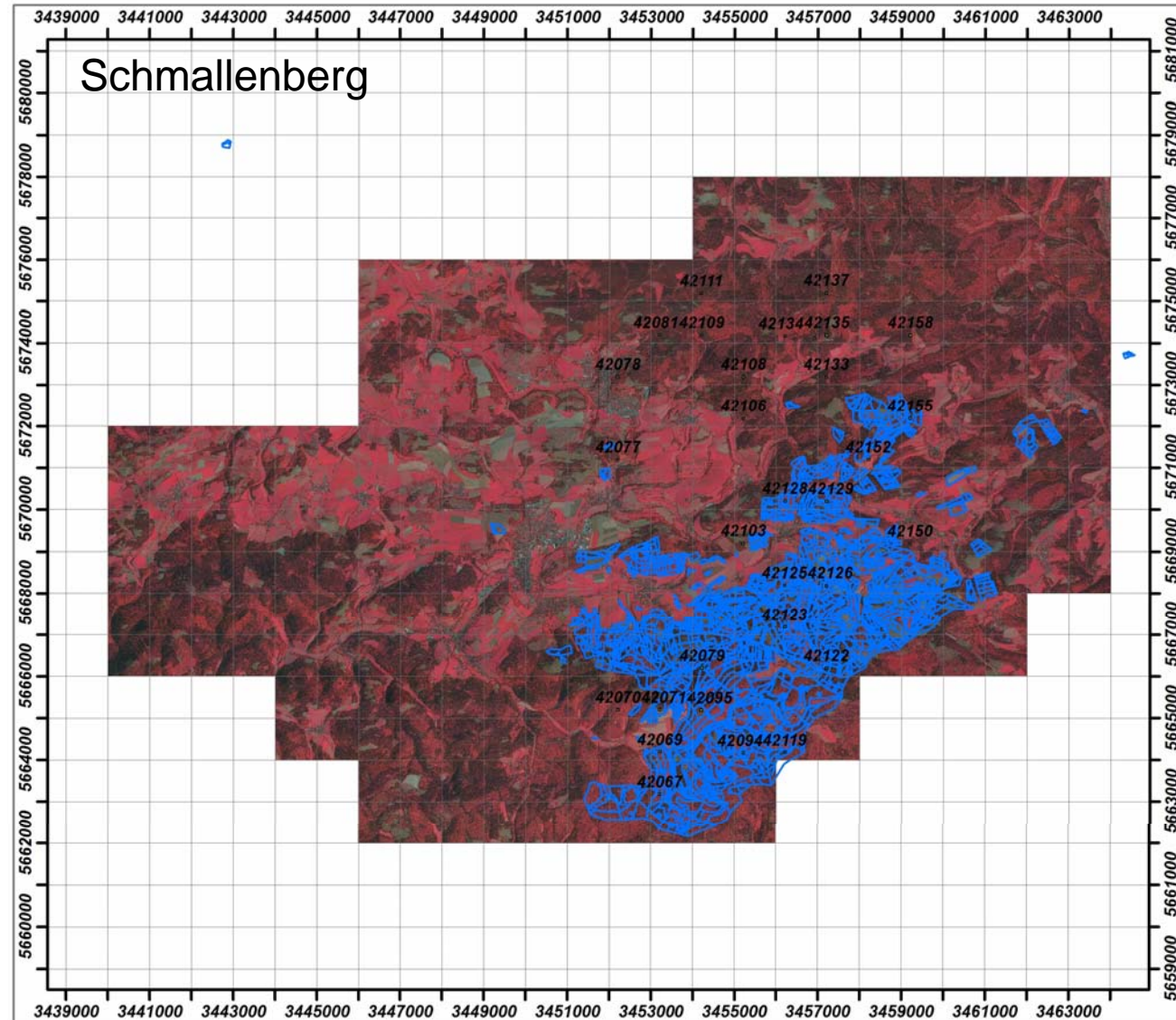
Baumartenklassifizierung als Schlüsselfaktor für den erfolgreichen Einsatz von Laserscanner und digitaler Kamera für Bestandesweise Inventuren auf lokaler Ebene.

# Testgebiet

Regionalforstamt  
Oberes Sauerland

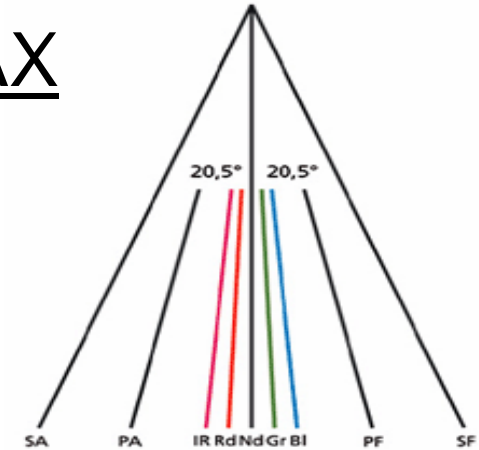
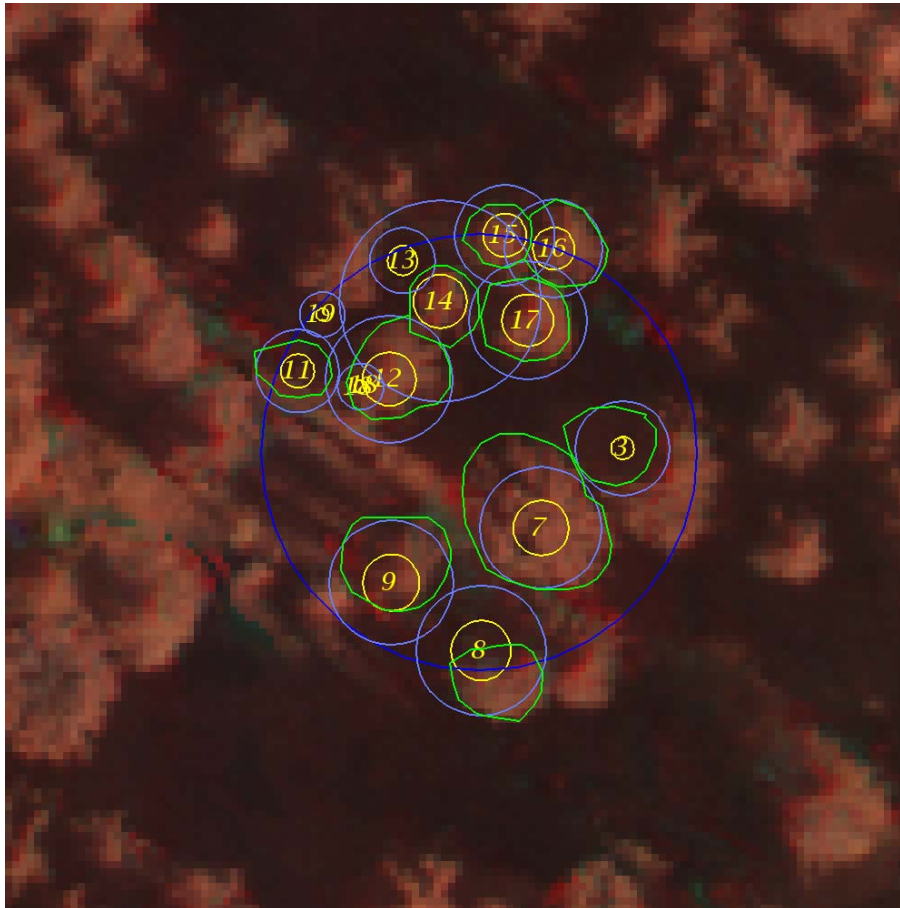
Landesbetrieb  
Wald und Holz in  
Nordrhein-  
Westfalen

Größe: 28.000ha



# Digitale multispektrale Kamera HRSC-AX

True-Orthobild (GSD 0,2m, 8bit)  
Aufnahme: 5./6. August 2007

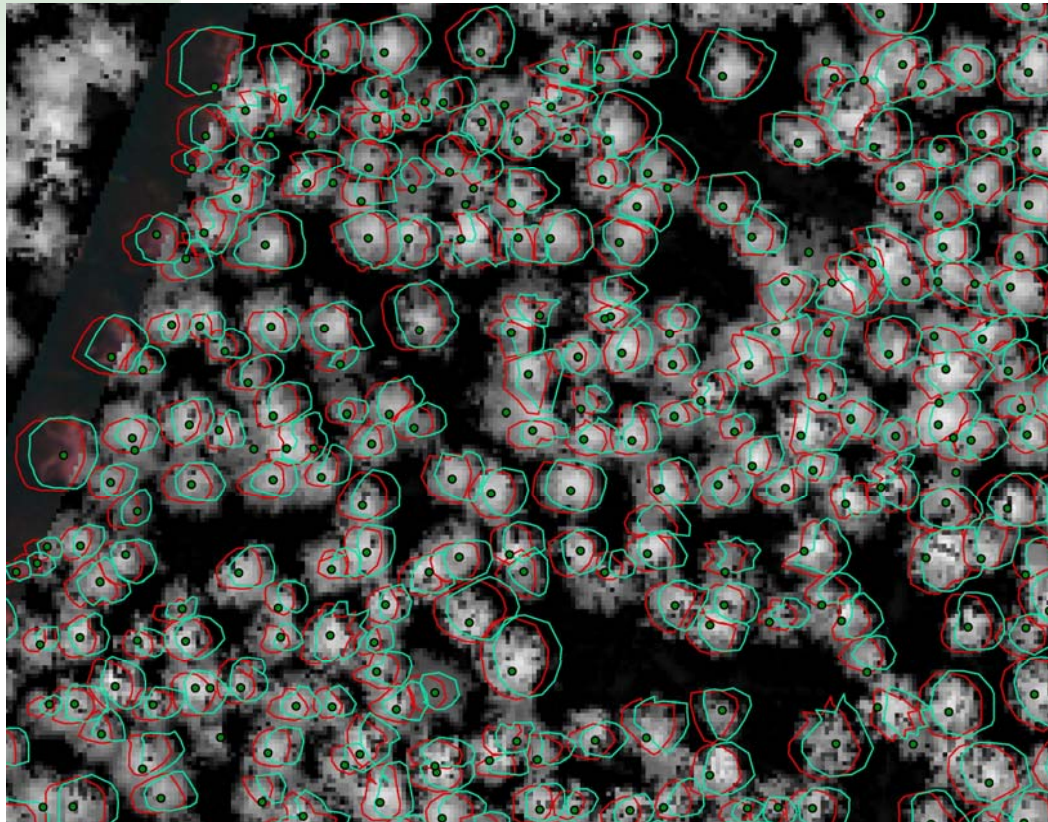


## Technische Eigenschaften

Brennweite	175 mm
Flughöhe	ca. 2500-3000m
Spektrale Auflösung	
Blau	440-510 nm
Grün	520-590 nm
Rot	620-680 nm
NIR	780-850 nm
Pan	520-760 nm

# Laserscanner Riegl LMS-Q560

Differenzraster (0,4m)



**Offset von Rechtswert -1,19 m und  
Hochwert -0,21 m zwischen Laserdaten und Orthobild  
für einen Teilausschnitt aus Bestand 121b1.**

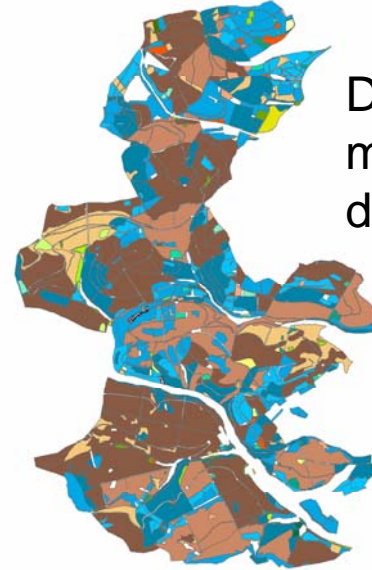
## Technische Eigenschaften

Mechanismus	Rotierender Polygonspiegel
Befliegungs- zeitraum	29.05- 01.07.2007 06.10.- 14.10.2007
Wellenlänge	1,550 nm
Realer Lasertakt	66 kHz
Gesamt- Öffnungswinkel	15°
Flughöhe	400-700m
Messfleck	0.3m
Rohpunktdichte	4,4 (11,9) /m <sup>2</sup>
Streifenbreite	157m
Erfassungstyp	erster / letzter Impuls

## Methode: Baumartenklassifizierung

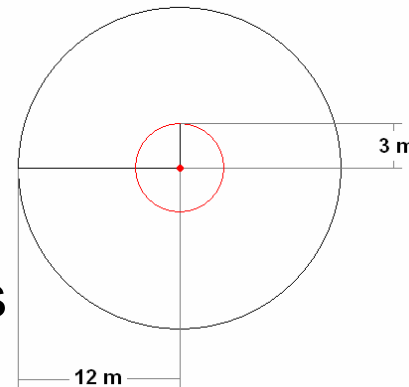
- Datengrundlage Kalibrierung: N manuell segmentierte Bäume der Baumarten:

- Buche (N=163)
- Bergahorn (N=151)
- Traubeneiche (N=152)
- Eberesche (N=68)
- Douglasie (N=31)
- Fichte (N=1181)
- europ. Lärche (N=84)
- jap. Lärche (N=151)



Digitale Betriebskarte  
mit Forsteinrichtungs-  
datenbank

- Datengrundlage Validierung:  
Landeswaldinventur-Stichprobenplots





## Methode: Baumartenklassifizierung

- Anpassen von logistischen Regressionsmodellen zur Schätzung der Wahrscheinlichkeiten mit denen ein segmentierter Baum der Baumart Buche, Fichte, Bergahorn, Traubeneiche Eberesche, Douglasie, europäische und japanische Lärche angehört.
- Dem Baum wird als Attribut jene Baumart zugewiesen deren Wahrscheinlichkeit am höchsten ist.

$$P(n) = \frac{e^{\beta_0 + \sum_{i=1}^m (\beta_i X_i)}}{1 + e^{\beta_0 + \sum_{i=1}^m (\beta_i X_i)}}$$

$P$  = Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des Ereignisses,  
dass es sich bei dem zu klassifizierenden Baum um die Baumart  $n$  handelt

$e$  = Basis des natürlichen Logarithmus

$\beta_0$  = Konstante

$\beta_i$  = Regressionkoeffizient der unabhängigen Variablen  $X_i$

$m$  = Anzahl unabhängiger Variablen

## Methode: Baumartenklassifizierung

- Erklärende Variablen
  - Modelle auf Basis von Laser-Daten: Attribute der Z-Werte-Verteilung segmentierter Einzelbäume:

Perzentile, Mittelwert, Spannweite, Varianz und Standardabweichung; Schiefe und Wölbung der Z-Werte, der maximale Kronenradius und die Kronenschirmfläche, Formparameter der 3D-Kronenmodelle.

- Bänder der Orthobilder: R, G, B, NIR

# Ergebnisse: Baumartenklassifizierung

3D-Kronenmodell (Pollock, 1994)

$$\frac{Z^n}{a^n} + \frac{(X^2 + Y^2)^{\frac{n}{2}}}{b^n} = 1$$

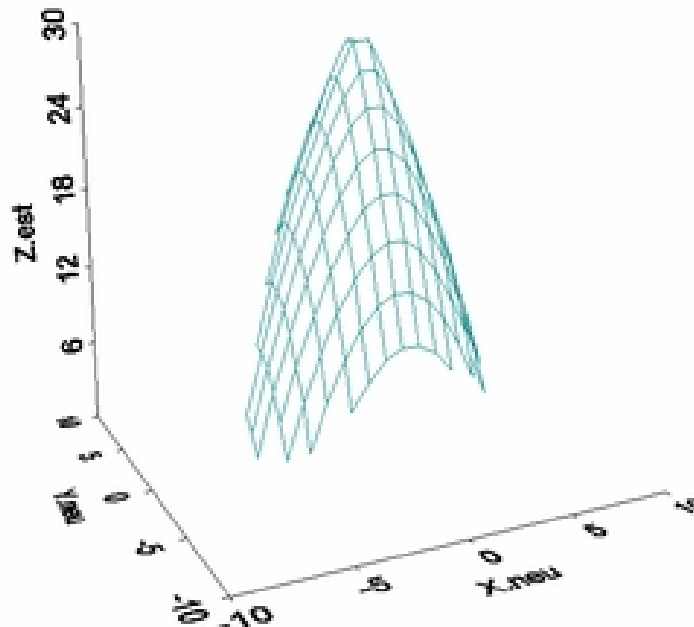
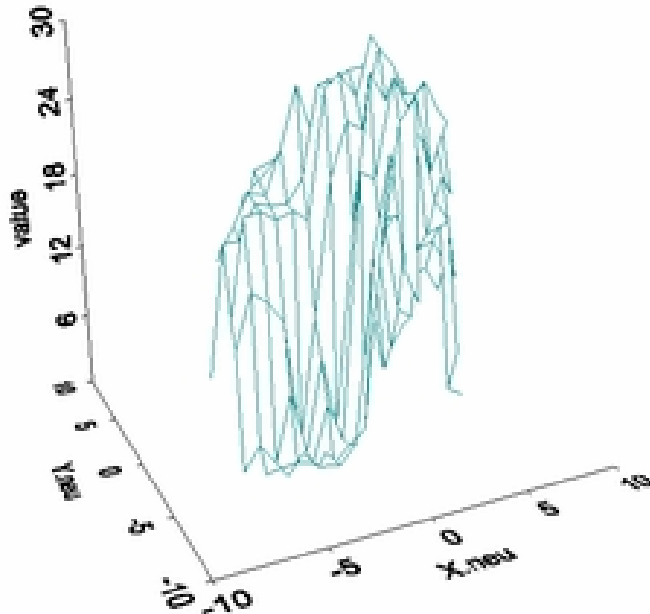
$X, Y, Z$  = Koordinaten der Kronenoberfläche

$a$  = Baumhöhe (maximaler  $Z$ -Wert des Segments)

$b$  = Kronenradius

$n$  = Formparameter

$n > 1$  konkave Kronenform;  $n = 2$  und  $a = b$  kugelförmige Kronenform. Kleinere Formparameter führen zu konischeren Formen, größere Formparameter zu eher zylindrischen Oberflächen.



**Beispiel für ein angepasstes Kronenmodell**

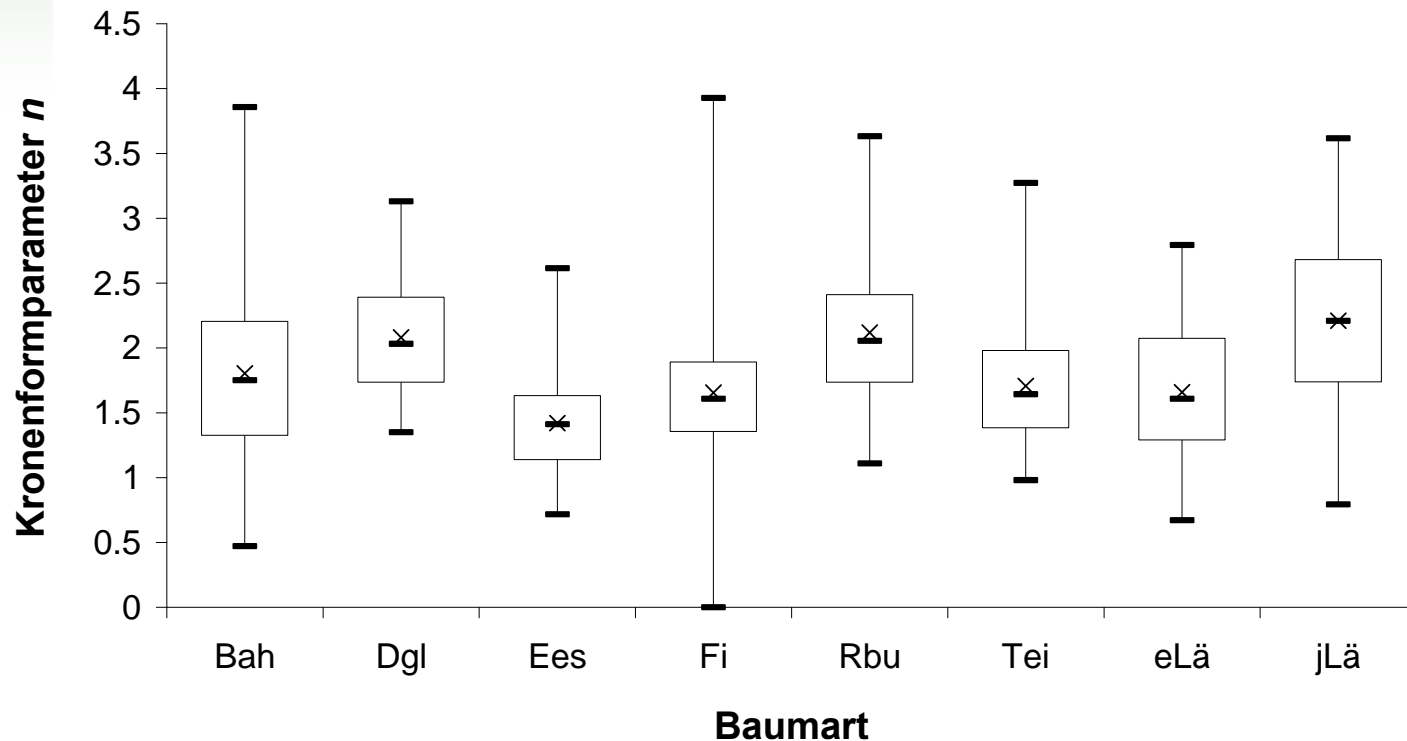
**Links:** original Z-Werte.

**Rechts:** mit dem angepassten Kronenmodell geschätzte Z-Werte.

Formparameter  $n=1.15$

## Ergebnisse: Baumartenklassifizierung

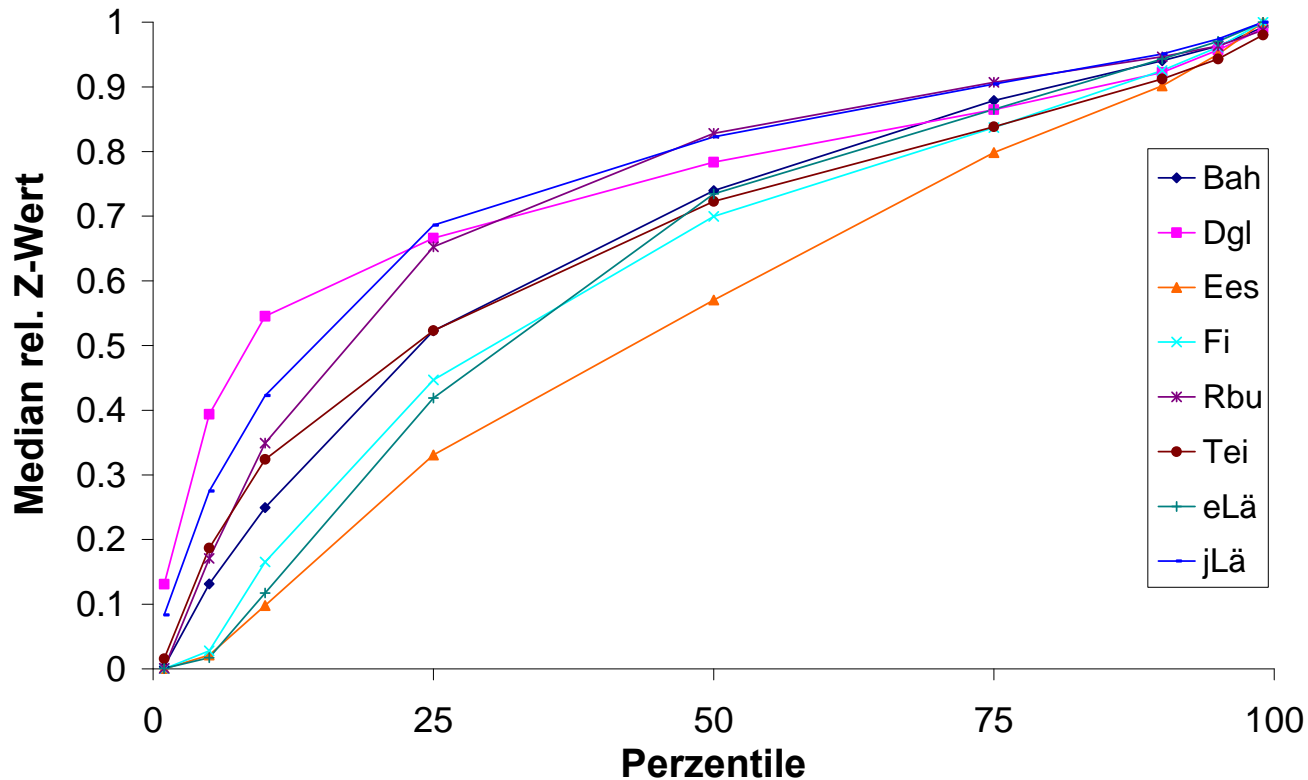
- z.T. signifikante Unterschiede zwischen den berechneten Formparametern des Kronenmodells der einzelnen BA



Geschätzte Kronenformparameter getrennt nach Baumart.

## Ergebnisse: Baumartenklassifizierung

- z.T. signifikante Unterschiede zwischen den berechneten Perzentilen der Z-Werte Verteilungen der einzelnen BA



Mediane der mit der Baumhöhe relativierten Z-Werte auf deren Höhe die berechneten Perzentile (99, 95, 90, 75, 50, 25, 10, 5 und 1 %) liegen.

# Ergebnisse: Baumartenklassifizierung

Modellgüte der parametrisierten logistischen Modelle zur Baumartenklassifikation auf Basis von **ALS-Daten** ( $R^2$  = Nagelkerkes Bestimmtheitsmaß; OA=Trefferquote) .

Modell	$R^2$	OA [%]	OA [%] Valid.
Bu	0,64	71	34
Fi	0,78	98	78
Bah	0,32	27	-
Tei	0,63	76	-
Ees	0,81	87	-
Dgl	0,37	23	-
eLä	0,44	26	-
jLä	0,26	31	-

Modellgüte der parametrisierten logistischen Modelle zur Baumartenklassifikation auf Basis von **ALS-Daten u. Spektralinformationen** ( $R^2$  = Nagelkerkes Bestimmtheitsmaß; OA=Trefferquote) .

Modell	$R^2$	OA [%]	OA [%] Valid.
Bu	0,80	83	70
Fi	0,99	100	66
Bah	0,61	70	-
Tei	0,73	82	-
Ees	0,78	81	-
Dgl	0,77	81	-
eLä	0,84	92	-
jLä	0,92	96	-

## Schlussfolgerungen

1. Modellgüte und Trefferquoten der logistischen Modelle mit Kombinationen von Laser- und optischen Daten sind beträchtlich höher im Vergleich zu den Modellen mit Laserdaten.
2. Die Validierung mit unabhängigen Testdaten zeigt, dass die hohe Qualität der Modelle mit einer hohen Anzahl an unabhängigen Variablen auf Kosten der allgemeinen Gültigkeit geht.
3. Vermutlich unterscheiden sich die Spannweite der Kalibrierungs- und Validierungsdaten. Kronenform, -größe und Reflektionseigenschaften ändern sich mit dem Alter eines Baumes. Ausweitung des Umfangs der Referenzdaten und Ableitung von Baumartmodellen für verschiedene natürliche Altersklassen.

Danke!

