



UNIVERSITY OF  
**BATH**



THÜNEN

# Kronenzustand – Steuergrößen und Raum-Zeit-Entwicklung von 1989-2014

Nadine Eickenscheidt<sup>1</sup>, Nicole Augustin<sup>2</sup>, Nicole Wellbrock<sup>1</sup>,  
Petra Dühnelt<sup>1</sup>, Lutz Hilbrig<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Thünen-Institut für Waldökosysteme

<sup>2</sup>Mathematical Sciences, University of Bath



Berlin 19. Mai 2016

# Kronenzustand - Hintergrund

- Waldzustandserhebung (WZE)
- Neuartige Waldschäden in den 1980er Jahren
- WZE erstmalig 1984, seit 1990 jährlich im gesamten Bundesgebiet
- Kronenverlichtung
- Verpflichtend auf den Level-I-Flächen (16 x 16 km Raster)
- Rasterverdichtungen und –änderungen (z.B. Rasterverschiebungen)
- 2006-2008: WZE bundesweit auf dem verdichteten BZE-Raster
- Raum-Zeit-Auswertung stellt eine statistische Herausforderung dar

# Kronenzustand - Ziele

(1) Betrachtung der **Raum-Zeit-Entwicklung** der Kronenverlichtung der vier Hauptbaumarten

- Gemeine Fichte (*Picea abies*)
- Gemeine Kiefer (*Pinus sylvestris*)
- Rotbuche (*Fagus sylvatica*)
- Eiche (*Quercus robur* und *Q. petraea*)

in Deutschland von **1989 bis 2014** unter Verwendung von **Generalisierten Additiven Gemischten Modellen (GAMM)**

(2) Bestimmung von **Einflussgrößen** für die Kronenverlichtung unter Berücksichtigung der **BZE-Daten**

# Kronenzustand - Methode

## Raum-Zeit-Modellierung der Kronenverlichtung

- $\text{logit}(\mu_{it}) = f_1(\text{Bestandesalter}_{it}) + f_2(\text{Rechtswert}_i, \text{Hochwert}_i, \text{Jahr}_t)$

für Stichprobenpunkt  $i = 1, \dots, n$  und Jahr  $t = 1, \dots, 26$

$\mu_{it}$ : mittlere Kronenverlichtung

$f_1$ : 1-D Glättungsfunktion

$f_2$ : 3-D Glättungsfunktion

- Zeittrend: 16 x 16 km Raster

## Einflussgrößen der Kronenverlichtung

- BZE-Zeitraum (Mittel 2006-2008)
- Zeitreihe 1990-2010 (16 x 16 km Raster)

# Kronenzustand - Basisauswertung

- Baumartenverteilung [%]

|             | GFi  | GKi  | RBu  | Ei  | Sonstige |
|-------------|------|------|------|-----|----------|
| 16 x 16 km  | 32,3 | 29,2 | 16,1 | 6,2 | 16,3     |
| Alle Raster | 30,7 | 25,4 | 17,2 | 8,0 | 18,7     |

GFi: Gemeine Fichte; GKi: Gemeine Kiefer; RBu: Rotbuche; Ei: Stiel- und Traubeneiche

- Mittleres Alter (2014; gewichteter Median für das 16 x 16 km Raster)

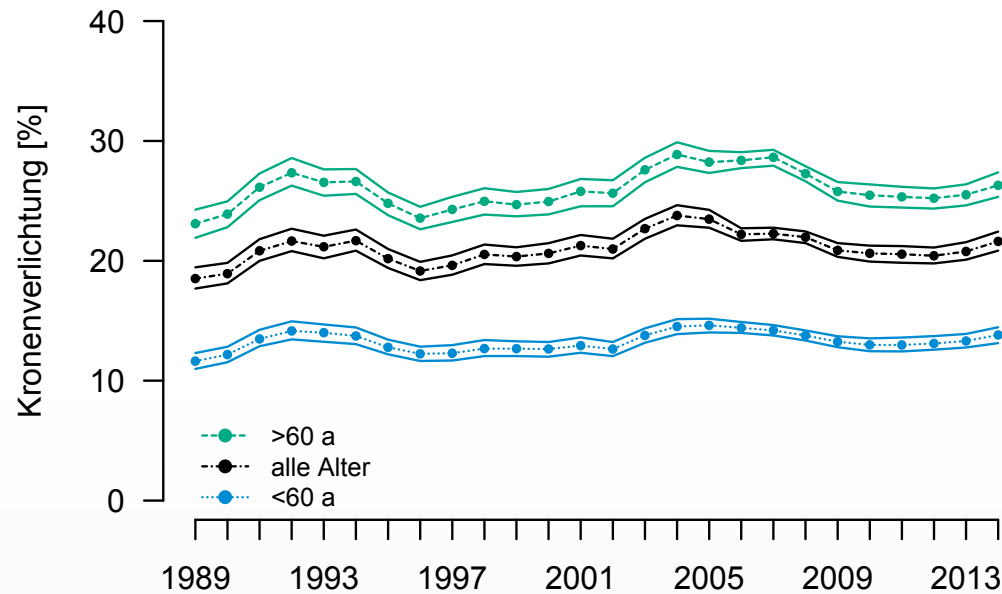
Fichte: 70 Jahre

Kiefer: 70 Jahre

Buche: 90 Jahre

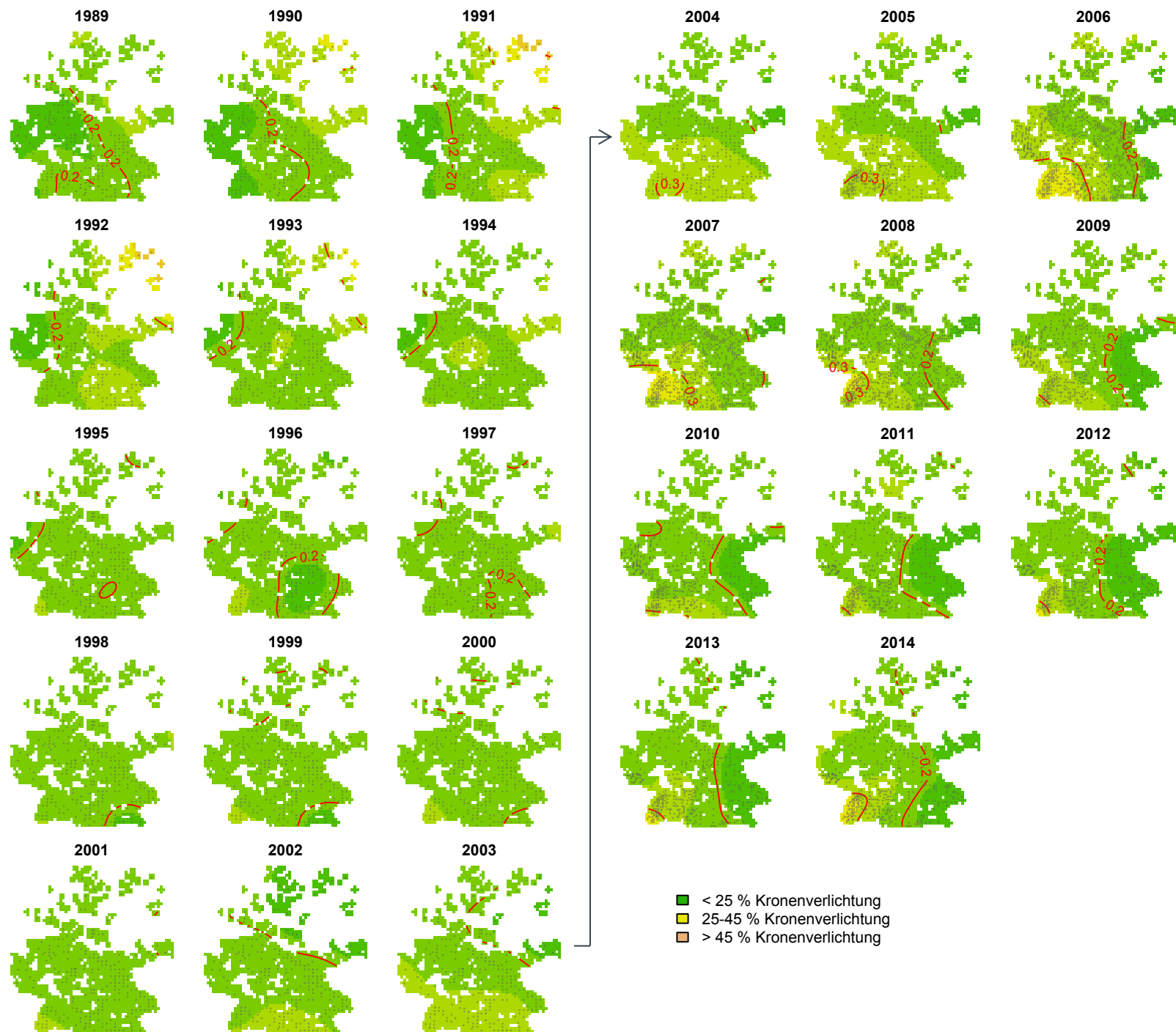
Eiche: 102 Jahre

# Kronenzustand – Fichte: Zeittrend



Mittlere Kronenverlichtung:  
21,0 % (1989: 18,5 %, 2004: 23,8 %)

# Fichte: Raum- Zeit- Trend



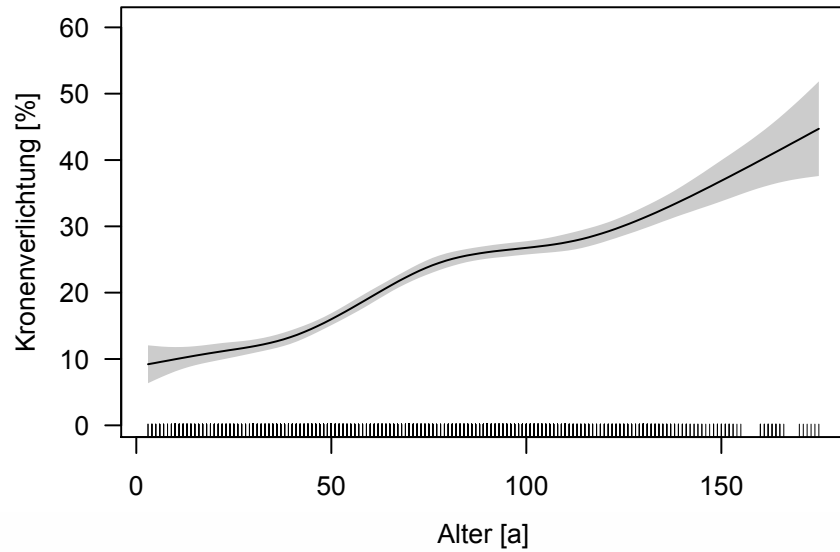
# Kronenzustand – Fichte: Einflussgrößen

|                                                                    | Fichte |
|--------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>BZE-Zeitraum:</b>                                               |        |
| Bestandesalter [a]                                                 | ***    |
| N-Deposition [kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]                | ***    |
| Sandanteil [%]                                                     | *      |
| <b>R<sup>2</sup></b>                                               | 0,58   |
| <b>Zeitreihe:</b>                                                  |        |
| Bestandesalter [a]                                                 | ***    |
| Bodenart [Klassen]                                                 | ***    |
| NH <sub>x</sub> -Deposition [kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] | *      |
| Mittlere Verdunstung Vorjahr [mm Monat <sup>-1</sup> ]             | **     |
| <b>R<sup>2</sup></b>                                               | 0,58   |

\*p < 0,01; \*\*p < 0,001; \*\*\* p < 0,0001

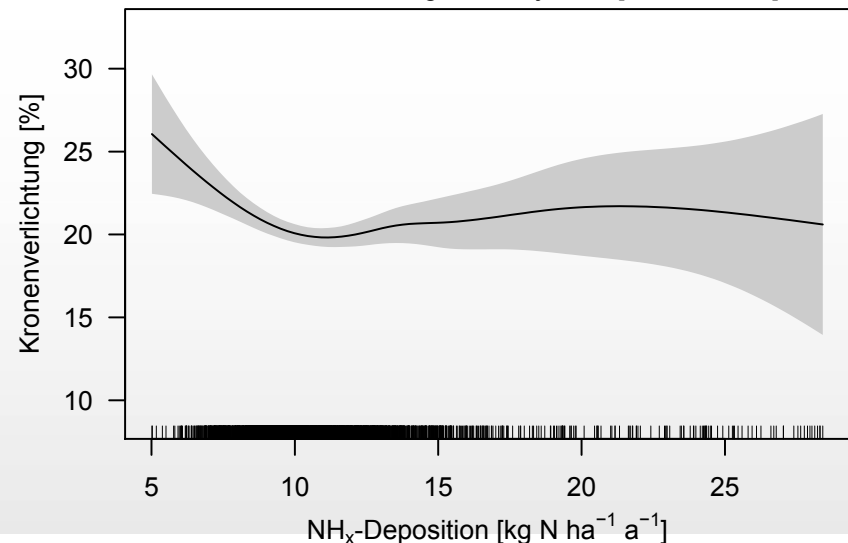
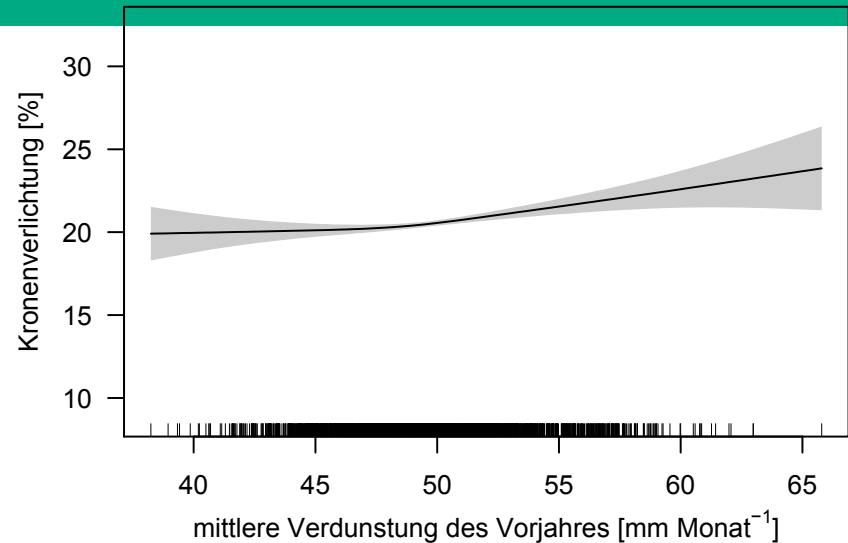


# Kronenzustand – Fichte: Einflussgrößen

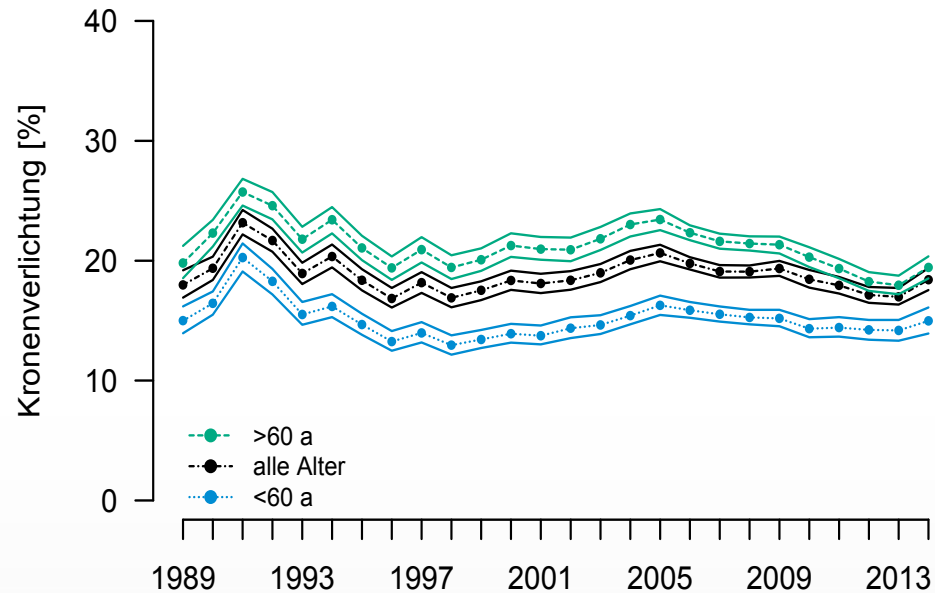


Bodenart:

Sand (22,1 %) > Lehm > Ton > Schluff (16,9 %)

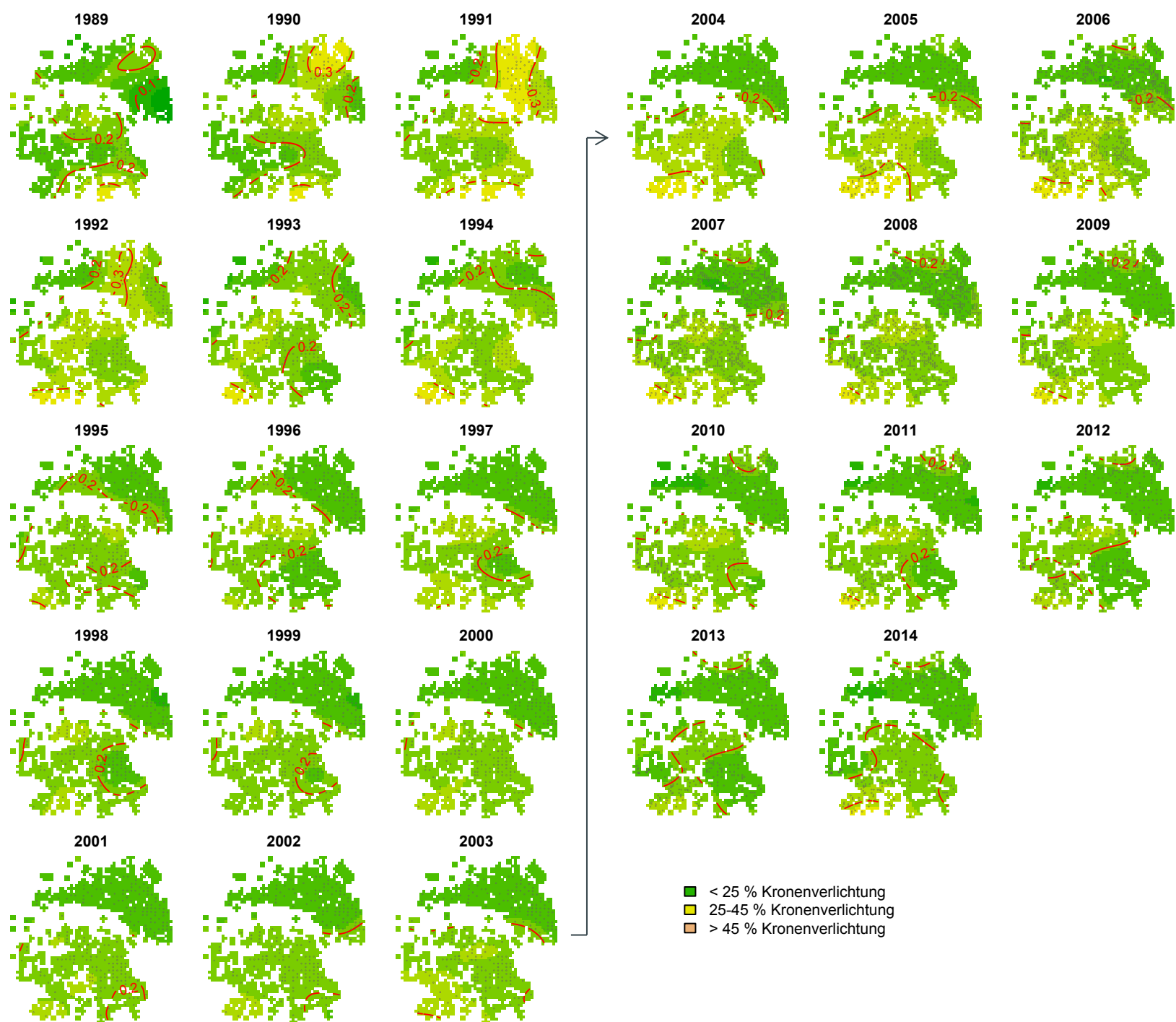


# Kronenzustand – Kiefer: Zeittrend



Mittlere Kronenverlichtung:  
18,9 % (1996: 16,8 %, 1991: 23,2 %)

Kiefer:  
Raum-  
Zeit-  
Trend

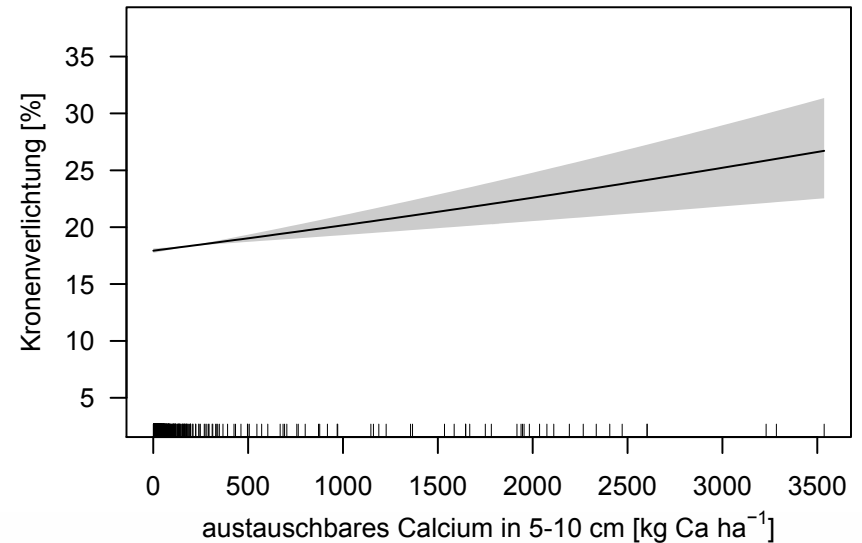
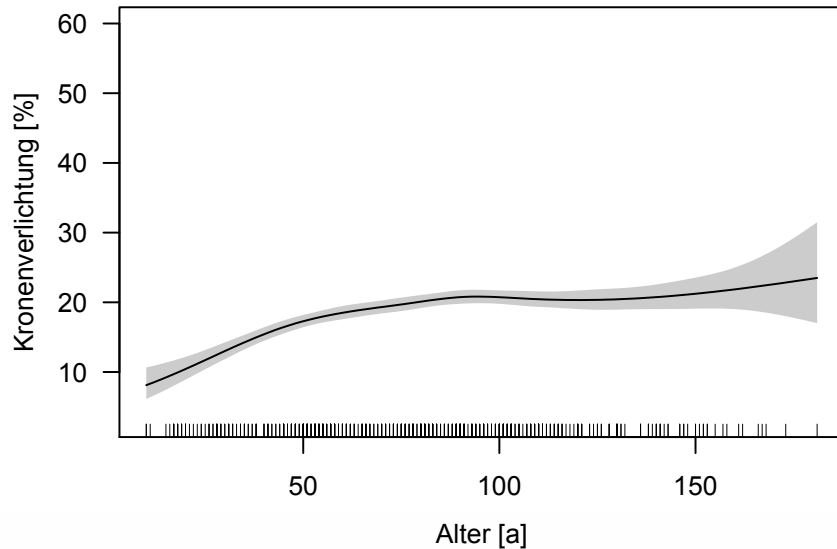


# Kronenzustand – Kiefer: Einflussgrößen

|                                                | Kiefer |
|------------------------------------------------|--------|
| <b>BZE-Zeitraum:</b>                           |        |
| Bestandesalter [a]                             | ***    |
| Höhe üNN [m]                                   | ***    |
| Aust. Ca-Vorrat 5-10 cm [kg ha <sup>-1</sup> ] | ***    |
| Pb-Nadelgehalt [mg kg <sup>-1</sup> ]          | ***    |
| <b>R<sup>2</sup></b>                           | 0,40   |
| <b>Zeitreihe:</b>                              |        |
| Bestandesalter [a]                             | ***    |
| Insektenbefall [ja/nein]                       | ***    |
| Höhe üNN [m]                                   | ***    |
| <b>R<sup>2</sup></b>                           | 0,24   |

\*p < 0,01; \*\*p < 0,001; \*\*\* p < 0,0001

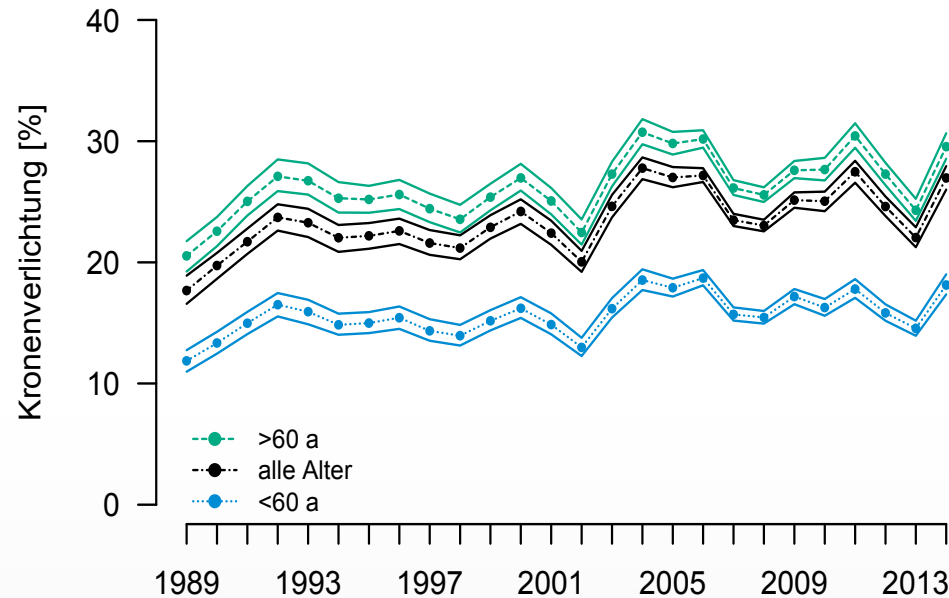
# Kronenzustand – Kiefer: Einflussgrößen



Insektenbefall:

ja (21,6 %) > nein (18,3 %)

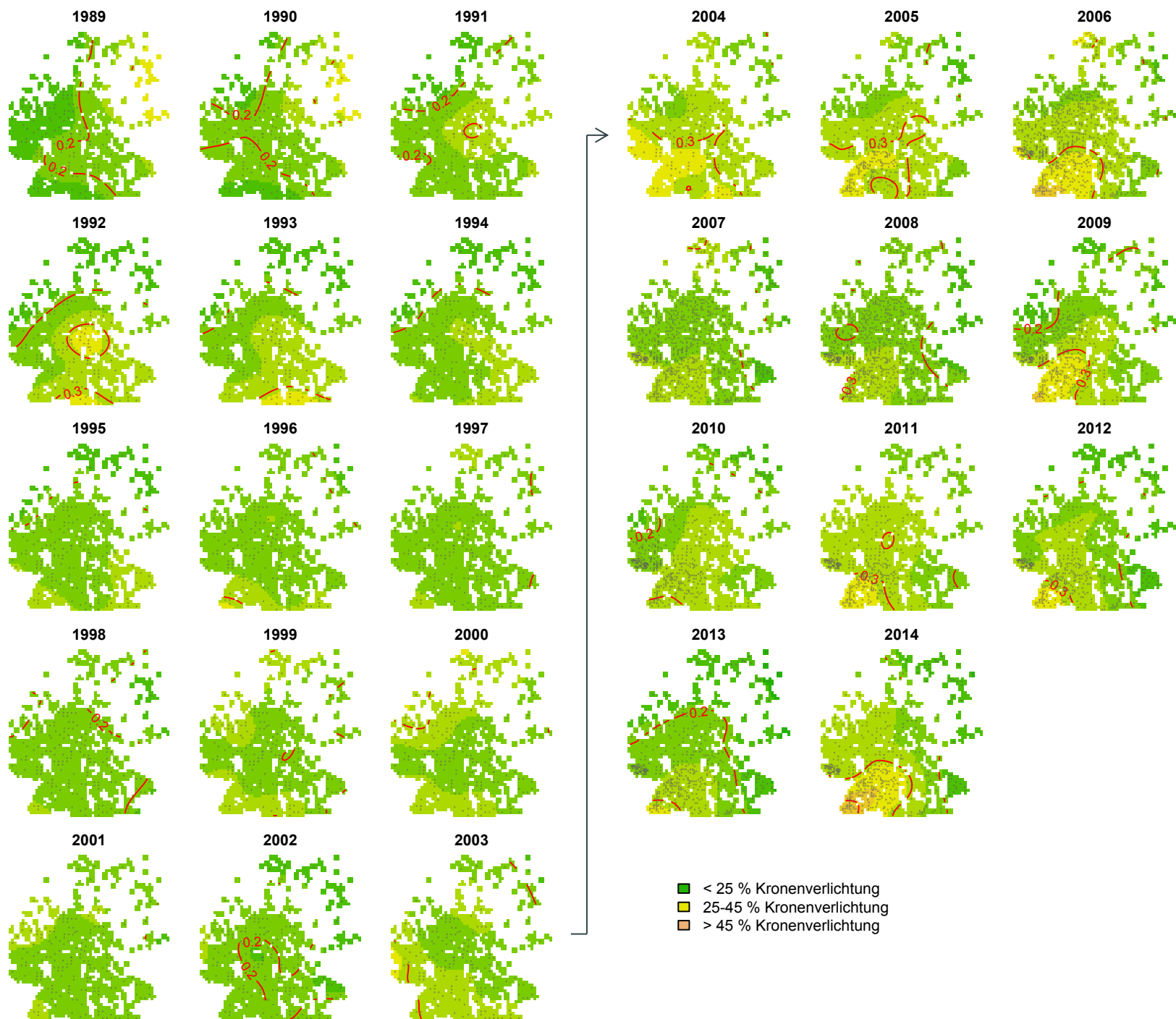
# Kronenzustand – Buche: Zeittrend



Mittlere Kronenverlichtung:

23,4 % (1989: 17,7 %, 2004-06, 2011, 2014: ~27 %)

# Buche: Raum- Zeit- Trend



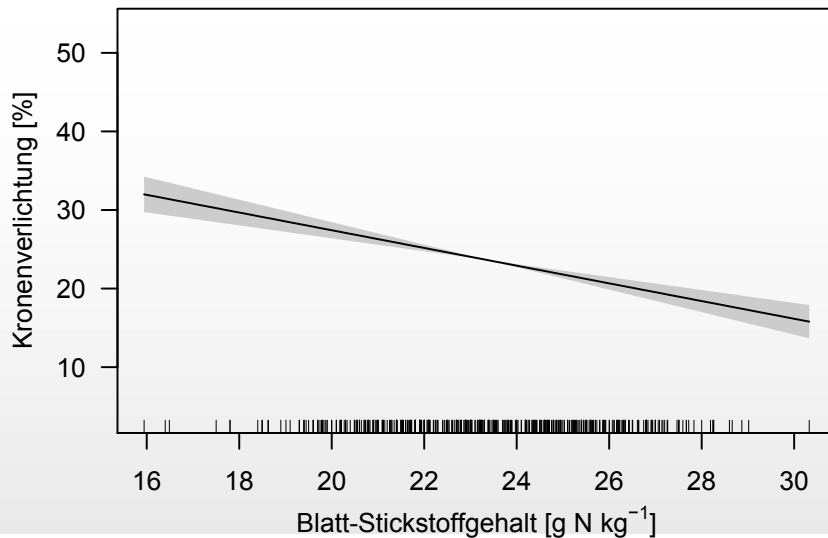
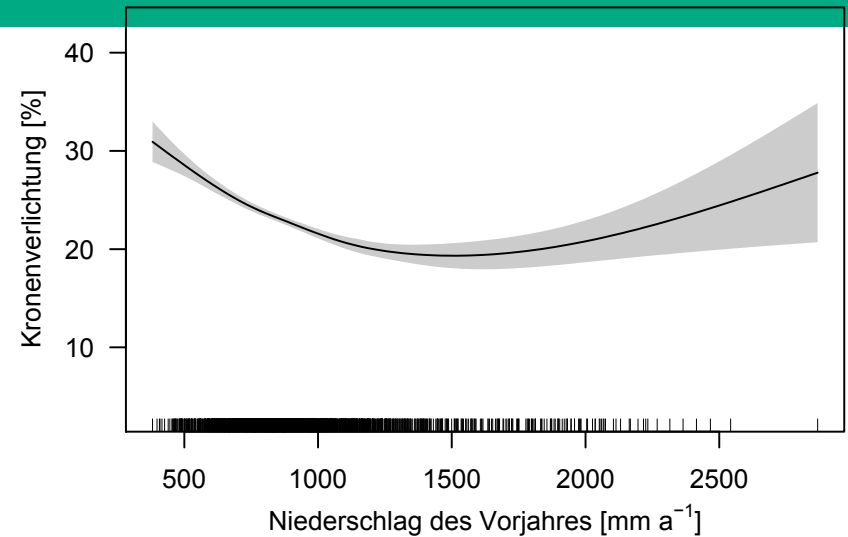
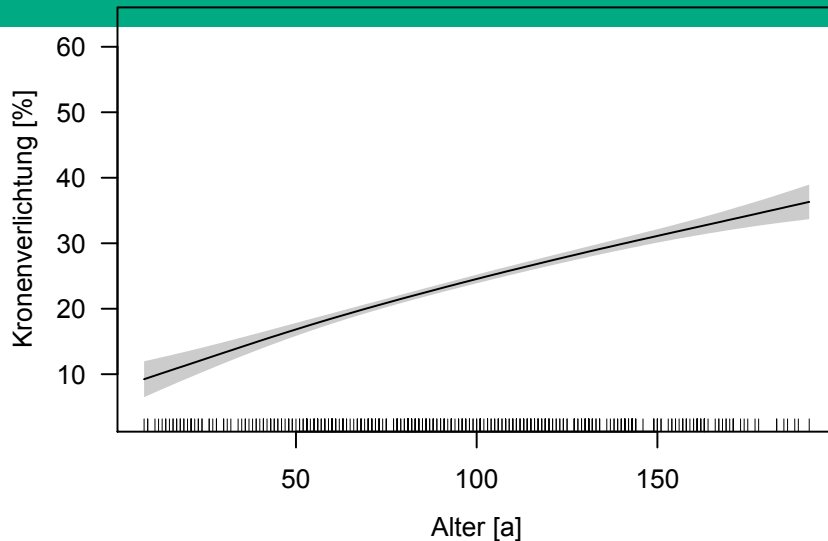
# Kronenzustand – Buche: Einflussgrößen

|                                                  | Buche |
|--------------------------------------------------|-------|
| <b>BZE-Zeitraum:</b>                             |       |
| Bestandesalter [a]                               | ***   |
| Fruktifikation [ja/nein]                         | *     |
| N-Blattgehalt [g kg <sup>-1</sup> ]              | ***   |
| <b>R<sup>2</sup></b>                             | 0,51  |
| <b>Zeitreihe:</b>                                |       |
| Bestandesalter [a]                               | ***   |
| Fruktifikation [Klassen]                         | ***   |
| Niederschlagssumme Vorjahr [mm a <sup>-1</sup> ] | ***   |
| <b>R<sup>2</sup></b>                             | 0,39  |

\*p < 0,01; \*\*p < 0,001; \*\*\* p < 0,0001



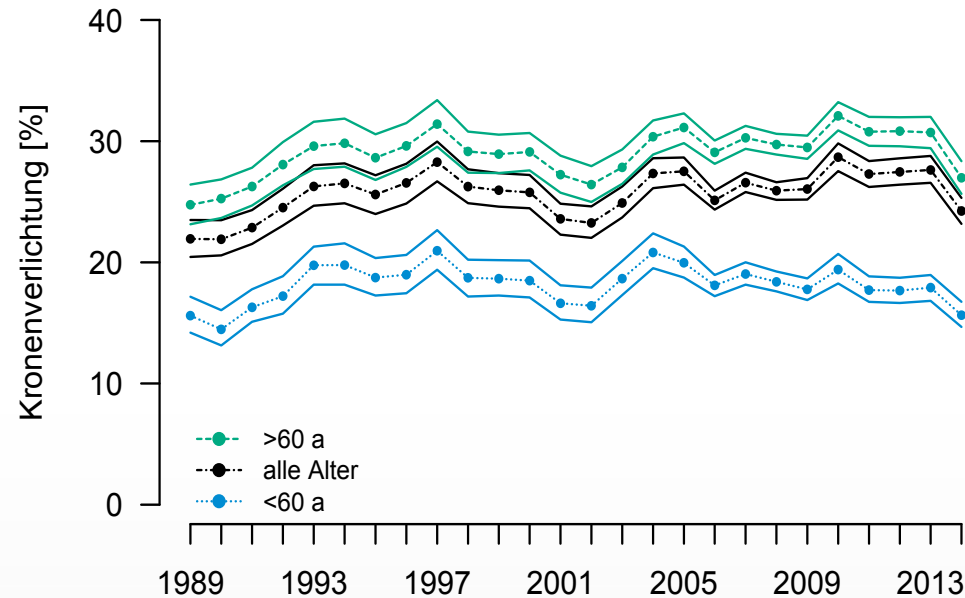
# Kronenzustand – Buche: Einflussgrößen



Fruktifikation:

stark (30,2 %) > mittel > spärlich > keine (23,0 %)

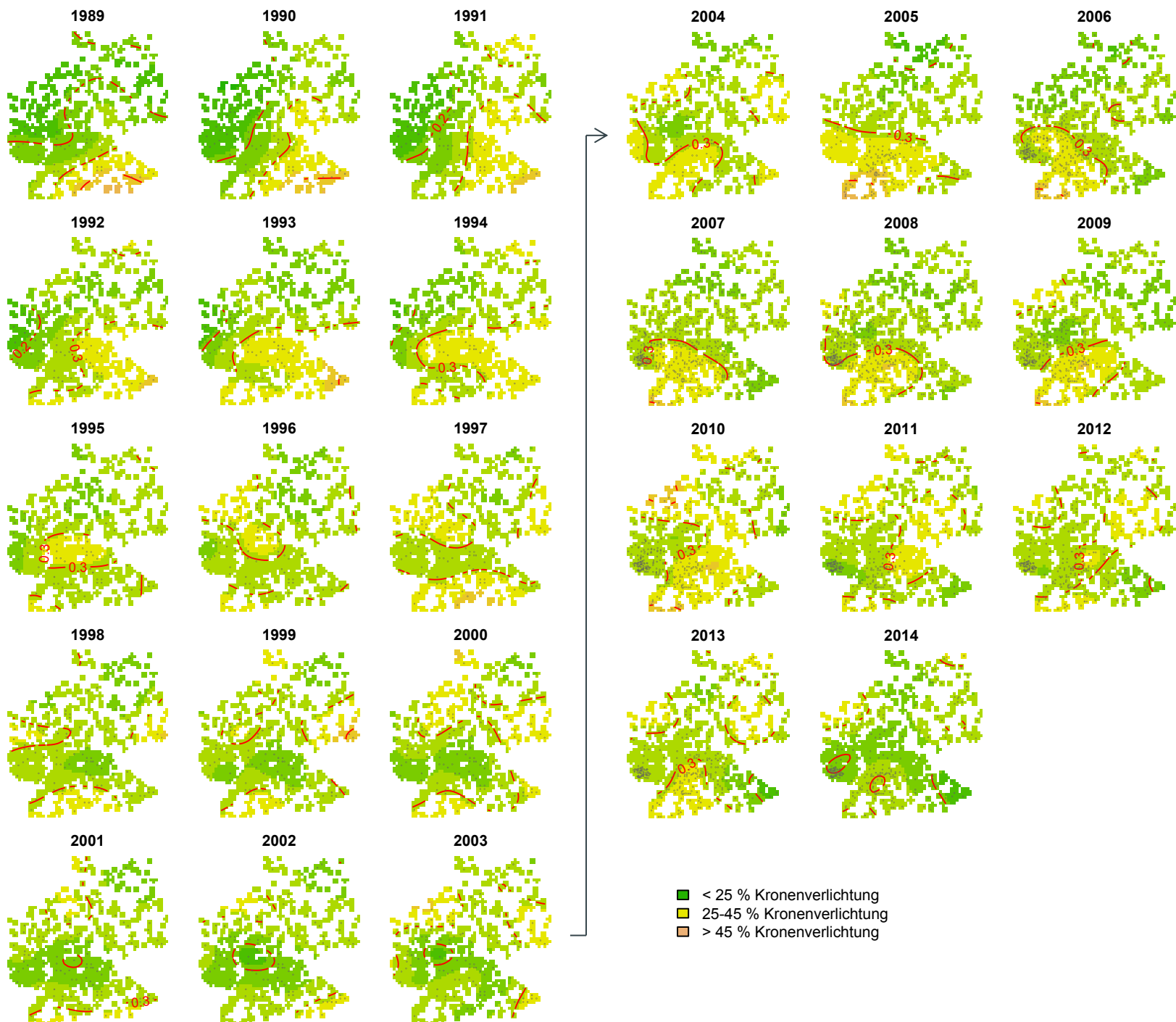
# Kronenzustand – Eiche: Zeittrend



Mittlere Kronenverlichtung:

25,7 % (1989, 1990: 21,9 %, 1997: 28,3 %)

# Eiche: Raum- Zeit- Trend



# Kronenzustand – Eiche: Einflussgrößen

|                                                     | Eiche       |
|-----------------------------------------------------|-------------|
| <b>BZE-Zeitraum:</b>                                |             |
| Bestandesalter [a]                                  | ***         |
| Insektenbefall [ja/nein]                            | *           |
| K-Deposition [kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] | ***         |
| Cu-Vorrat 5-10 cm [kg ha <sup>-1</sup> ]            | ***         |
| <b>R<sup>2</sup></b>                                | <b>0,67</b> |
| <b>Zeitreihe:</b>                                   |             |
| Bestandesalter [a]                                  | ***         |
| Insektenbefall [ja/nein]                            | ***         |
| K-Deposition [kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] | ***         |
| <b>R<sup>2</sup></b>                                | <b>0,35</b> |

\*p < 0,01; \*\*p < 0,001; \*\*\* p < 0,0001

# Kronenzustand - Zusammenfassung

## Fichte

- Trockenstress (unter vorhandenen Vorbelastungen der Böden)
- Stickstoffversorgung

## Kiefer

- Niedrigste Kronenverlichtung, Nord-Süd-Unterschied
- Wenig Anzeichen von Trockenstress
- Kalium-Calcium-Antagonismus, Insektenbefall

## Buche

- Direkter (Trockenstress) und indirekter Witterungseinfluss (Fruktifikation)
- Stickstoffversorgung

## Eiche

- Höchste Kronenverlichtung, höchstes mittleres Alter
- Insektenbefall

# Kronenzustand - Schlussfolgerung

- GAMMs sind geeignet für die Raum-Zeit-Modellierung
- Baum-/Bestandesalter hat den größten Einfluss :  
Jüngere Kiefer und Fichte vs ältere Buche und Eiche
- Direkten Wirkungen der Schwefeleinträge sind zurückgetreten
- Direkte (z.B. Trockenstress) und indirekte Wirkungen (Insektenbefall, Fruktifikation) des Klimawandels sowie die Stickstoffproblematik
- Ziel: weiterer Rückgang der Bodenversauerung und Reduzierung der Schadstoffeinträge -> Regenerations- und Anpassungsfähigkeit
- Modellierten Wasserhaushaltsgrößen der BZE-Auswertung sind vielversprechend

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit !

