

Inventurbasierter Ansatz für ein Sturmschadensmodell auf Einzelbaum-Basis

*Erfahrungen aus dem Wintersturm "Lothar"
in Baden-Württemberg (1999)*



Forstliche Versuchsanstalt
Baden-Württemberg

Einzelbaum Sturmschadensmodell

M. Schmidt, J. Bayer,
G. Kändler, E. Kublin,
U. Kohnle

Autoren



Matthias Schmidt



Jürgen Bayer †



Gerald Kändler



Edgar Kublin



Ulrich Kohnle

Warum Einzelbaum-Ebene ?

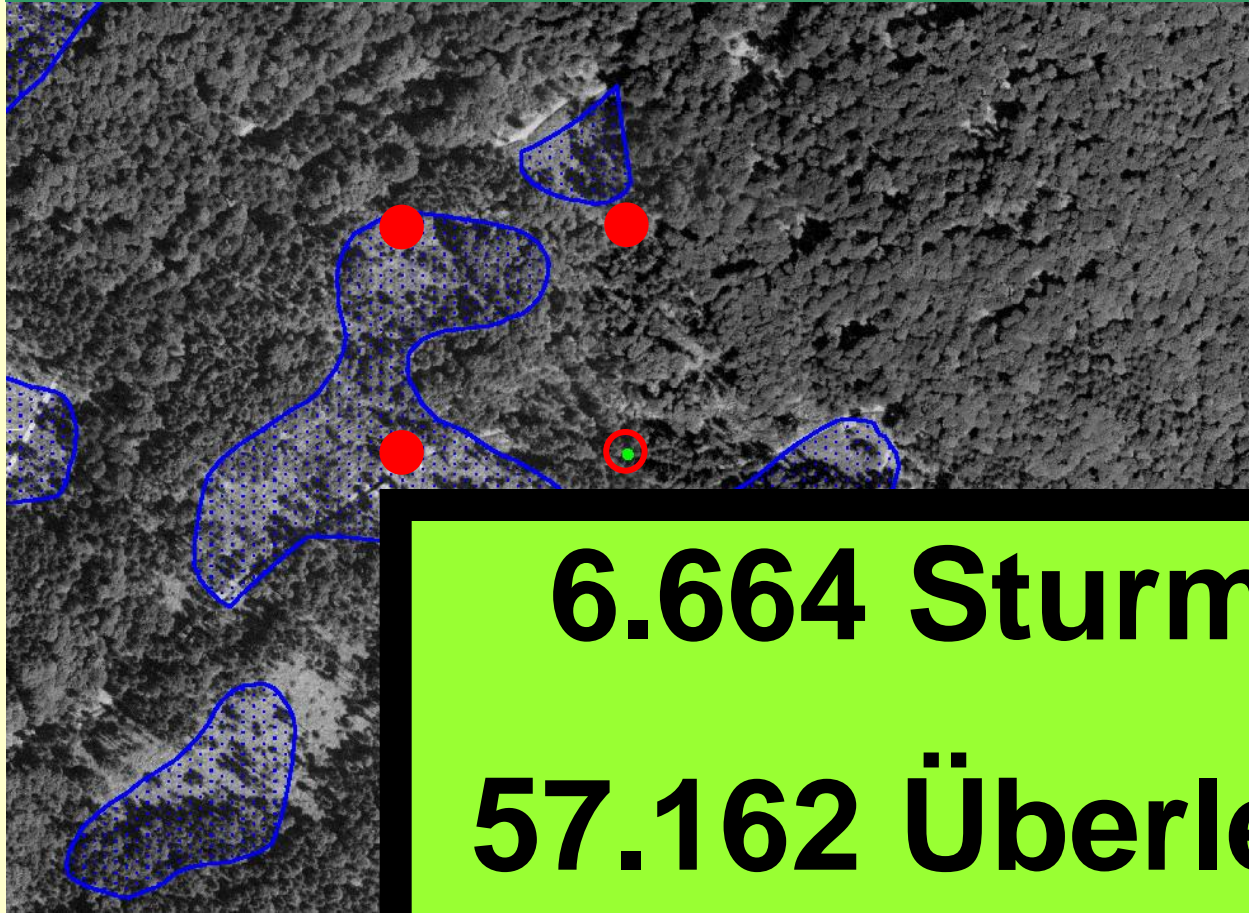
- **Schadgrad variiert im Bestand**
- *(einige)* **Faktoren wirken auf Baumebene**
- **forstbetriebliche Entscheidungshilfe**
 - waldbauliche Steuerungsmöglichkeiten
 - waldbauliche Maßnahmen wirken auf Baumebene

„Lothar“: 26. Dezember 1999



Vorratsverlust:	8 % vor Sturm
betroffene Waldfläche:	14 % stark geschädigt 4 % kahl
Wertverluste:	12 % des Holzwertes
bleibender Bestand:	37 % Entwertung

„Lothar“ in der Bundeswaldinventur (BWI II)



6.664 Sturmopfer
57.162 Überlebende

Attribut „beschädigt durch Lothar“: baumindividuell erhoben in der BWI

Modellierungsansatz

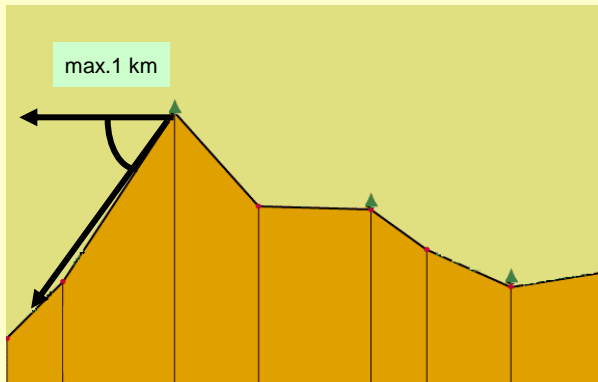
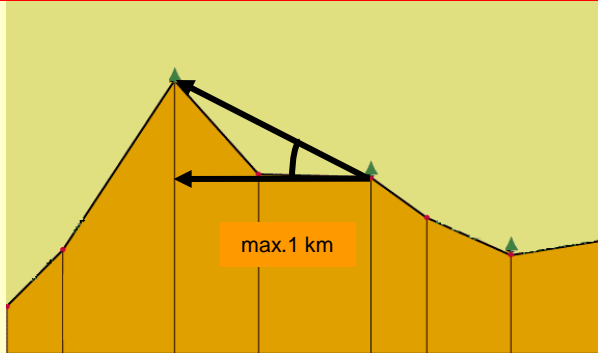
Verallgemeinertes lineares Modell mit binär verteilter abhängiger Variabler (*glm*)
(*generalized linear model*)

untersuchte/ausgewählte Prediktoren

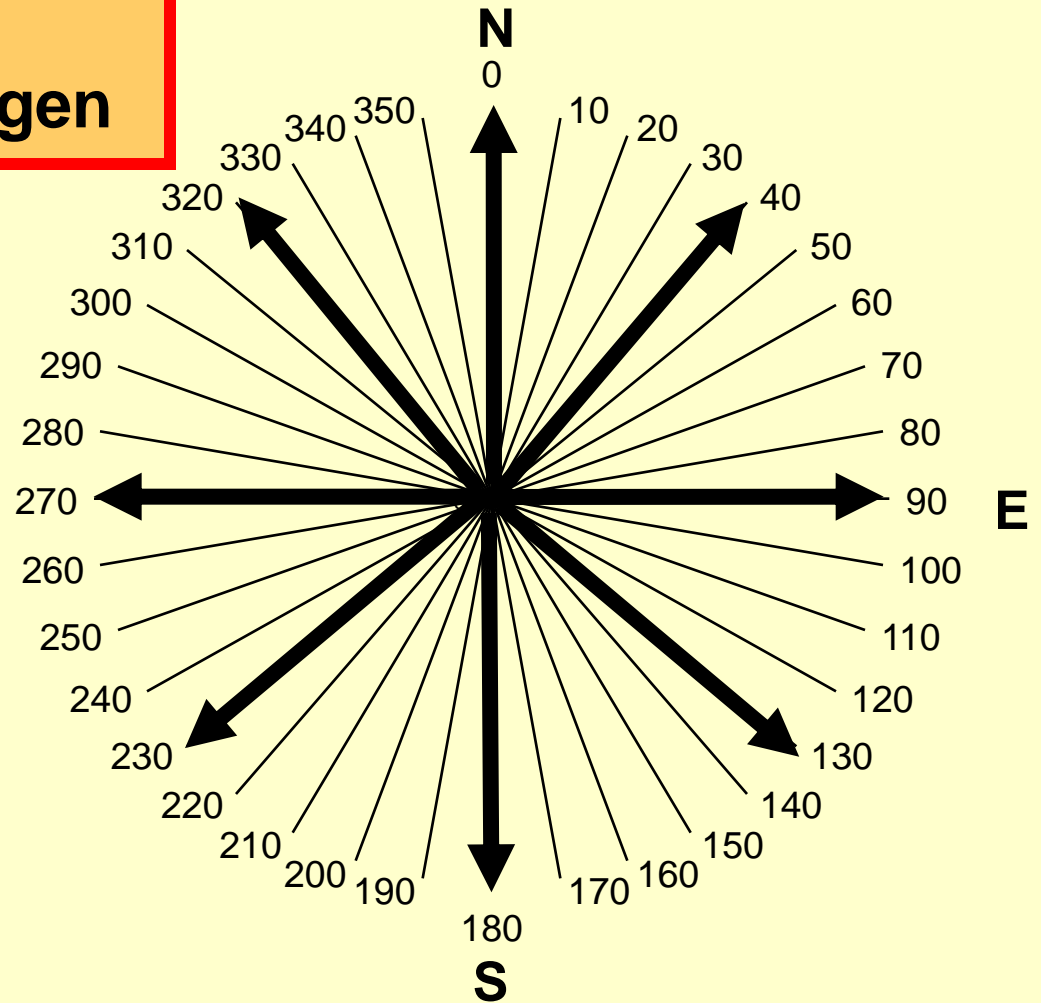
- TOPEX-to-Distance-Index (*Scott & Mitchell*)
Geländeexponiertheit/-exposition
- Baumart
- Baumhöhe
- h/d-Wert
- [*Abstand zum Waldrand*]

TOPEX

Winkelsumme in 8 Hauptwindrichtungen



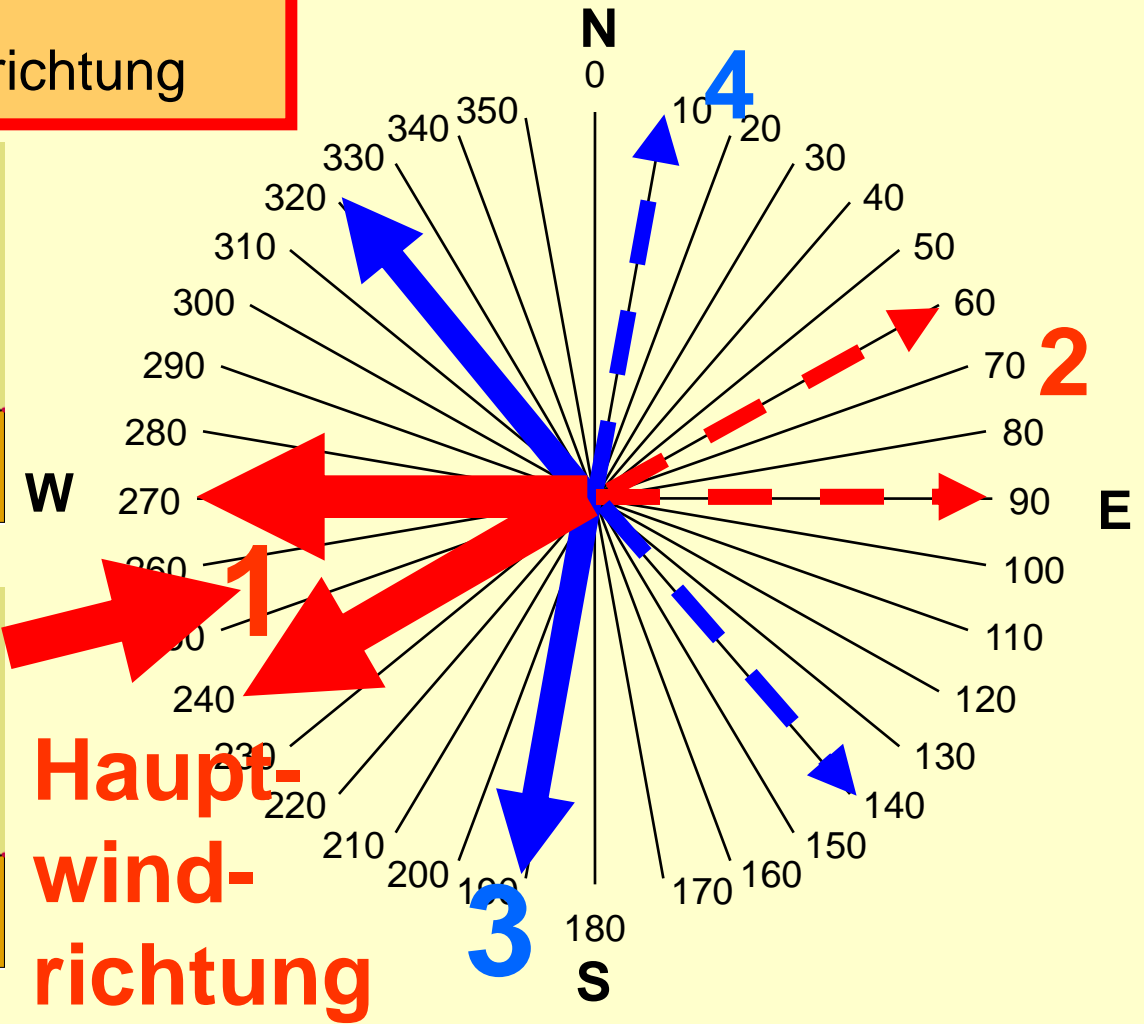
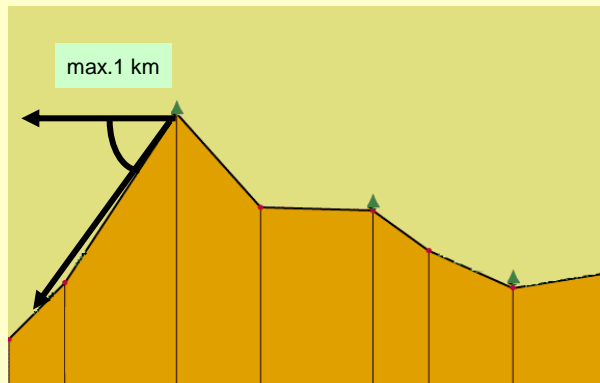
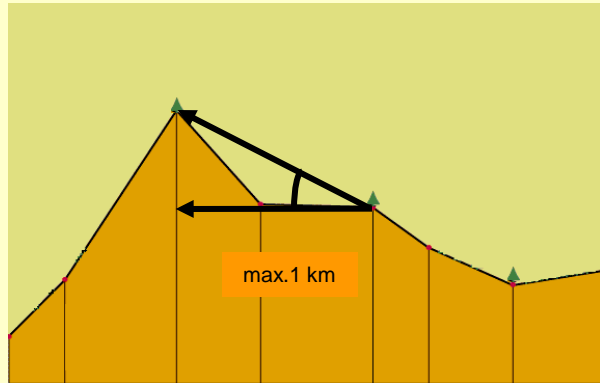
W



TOPEX: modifiziert

Lothar:

Gewichtung Hauptwindrichtung



Problem:

meteorologische Charakteristika unbekannt

Annahme:

räumliche Muster der Schadensverteilung, die nicht von den Kovariablen im Model erklärt werden

(TOPEX, Baumart, Höhe, h/d, Abstand zum Waldrand),

werden als Effekt des Windfeldes interpretiert



Geographische Lage der Inventurpunkte dient als „Ersatz-Parameter“ der meteorologischen Charakteristika des Windfeldes

Modellierung des räumlichen Trends

- **Annahme**: der räumliche Trend enthält (auch) Informationen über die meteorologischen Charakteristika des Windfeldes
- **Aufgabe**: Trennung des Einfluß der meteorologischen Charakteristika von den anderen Variablen
- **Konsequenz**: gleichzeitige Bestimmung der Modellkomponenten, die den räumlichen Trend charakterisieren **und** der fixen Effekte der anderen Prediktoren

Modellierung des räumlichen Trends

gemischtes Model (**gam**)

(**g**eneralized **a**dditive mixed **m**odel)

$$g(\pi_i) = X_i \beta + f(\text{Nord}_i; \text{Ost}_i)$$

π_i Schadwahrsch. von Baum i am Ort with GK-coordinates Nord _{i} /Ost _{i}

g . link Funktion (*logistisch*)

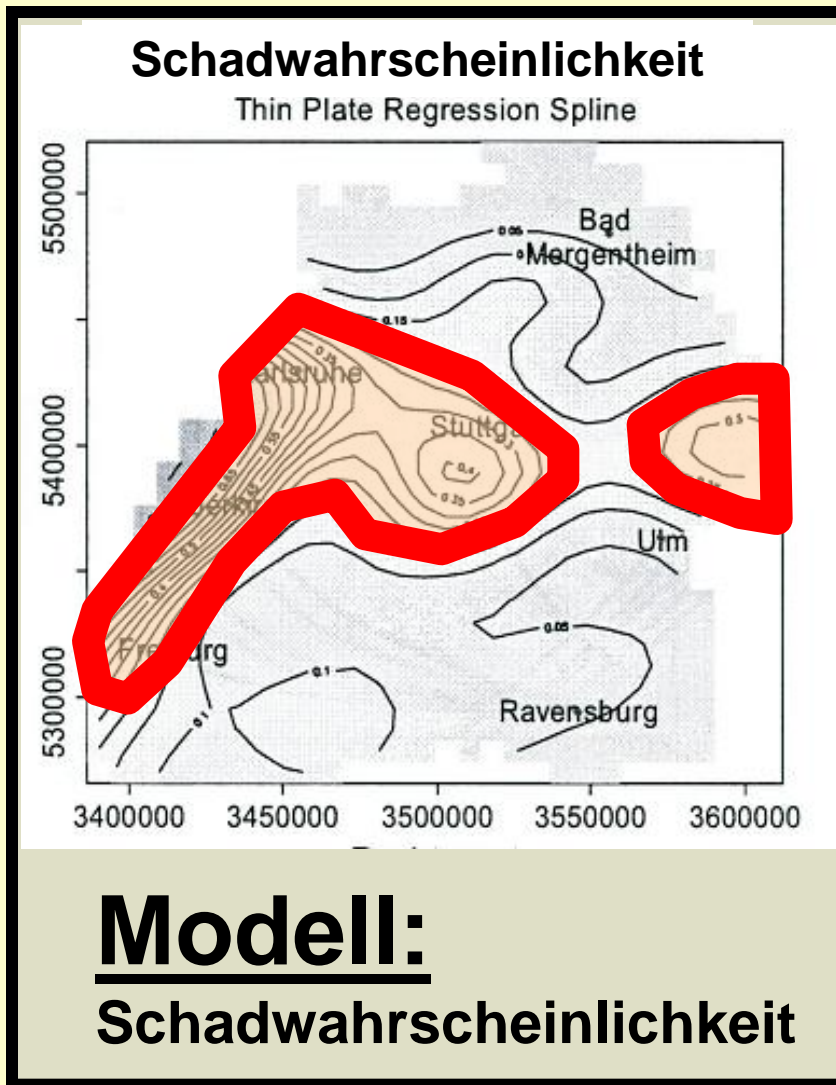
X_i Vektor der unabhängigen Variablen (*TOPEX, Baumart, Höhe, etc.*)

β Vektor der fixen Effekte, die den Einfluß der unabhängigen Variablen beschreiben

f Glättungsfunktion: *thin-plate-(penalized)-regression spline*

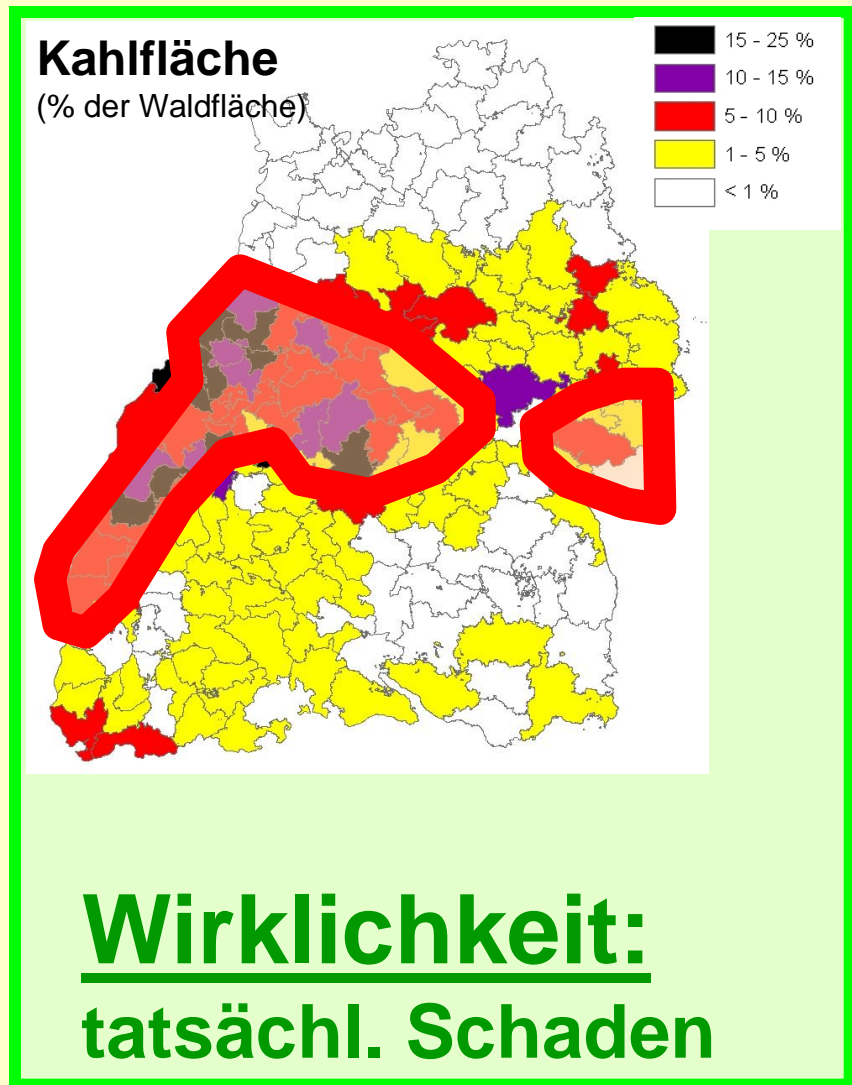
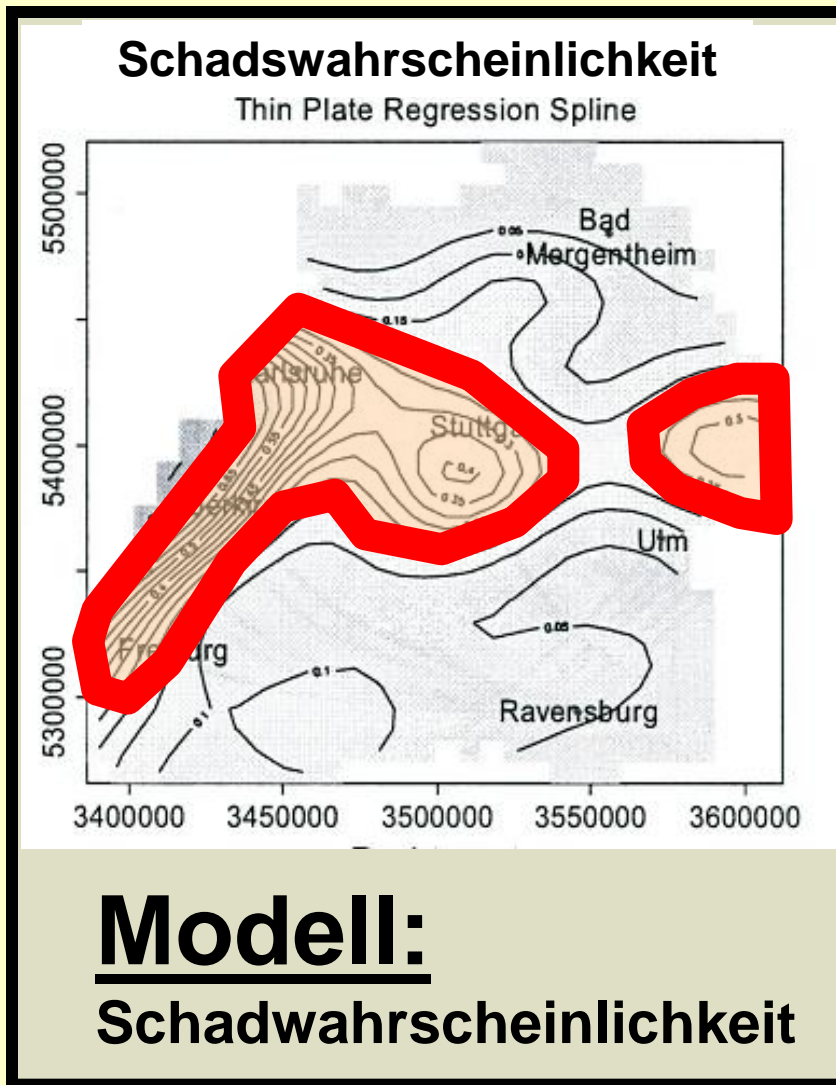
Programmbibliothek *mgcv* in R

räuml. Schadensverteilung (modelliert)



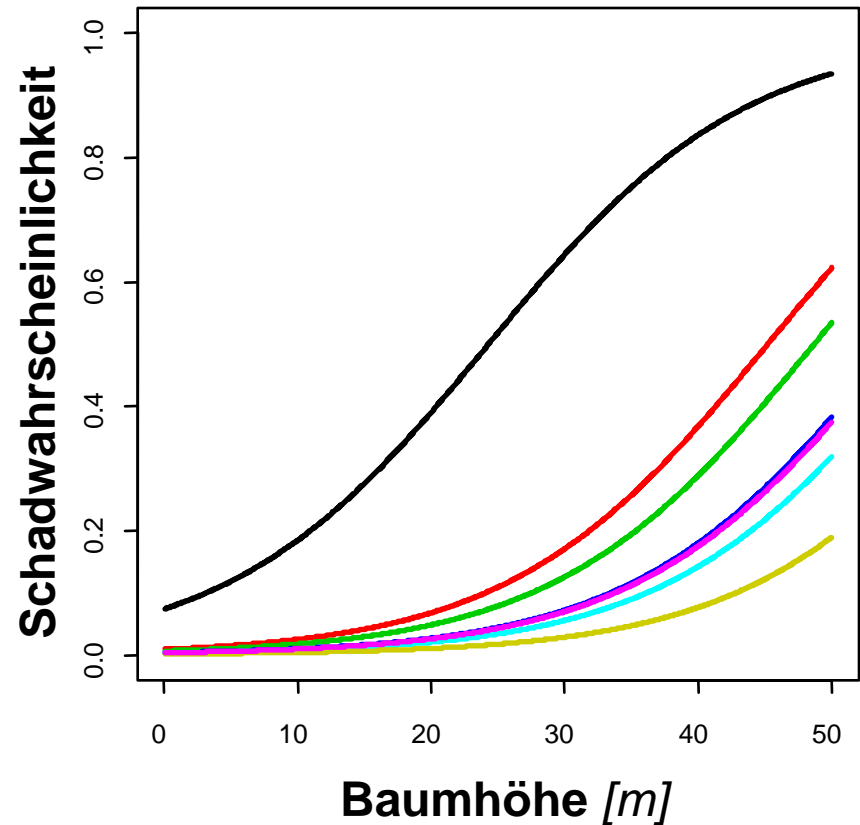
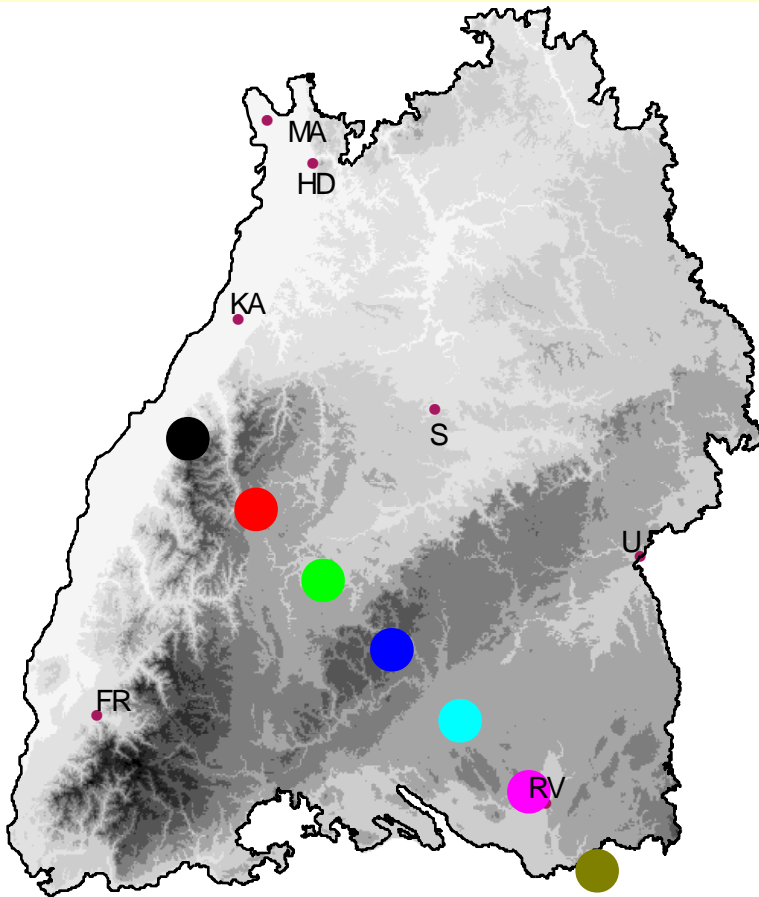
Fichte
h/d (79)
Höhe (28m)
mittlerer TOPEX

räuml. Schadensverteilung (modelliert)



Baumhöhe / geographische Lage

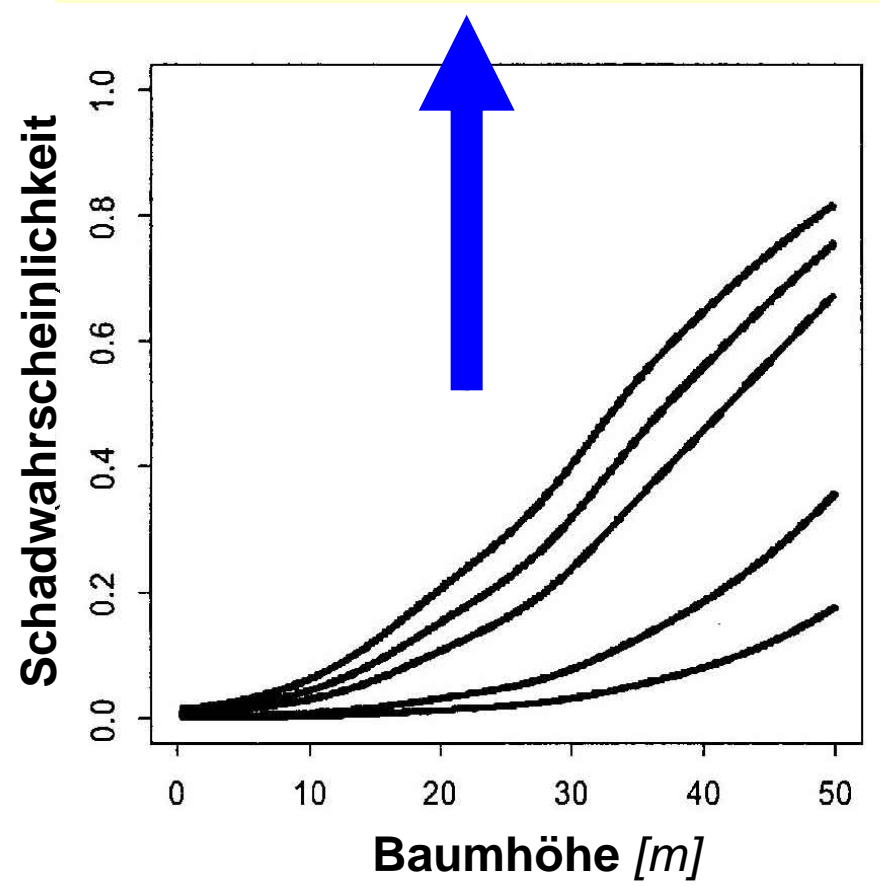
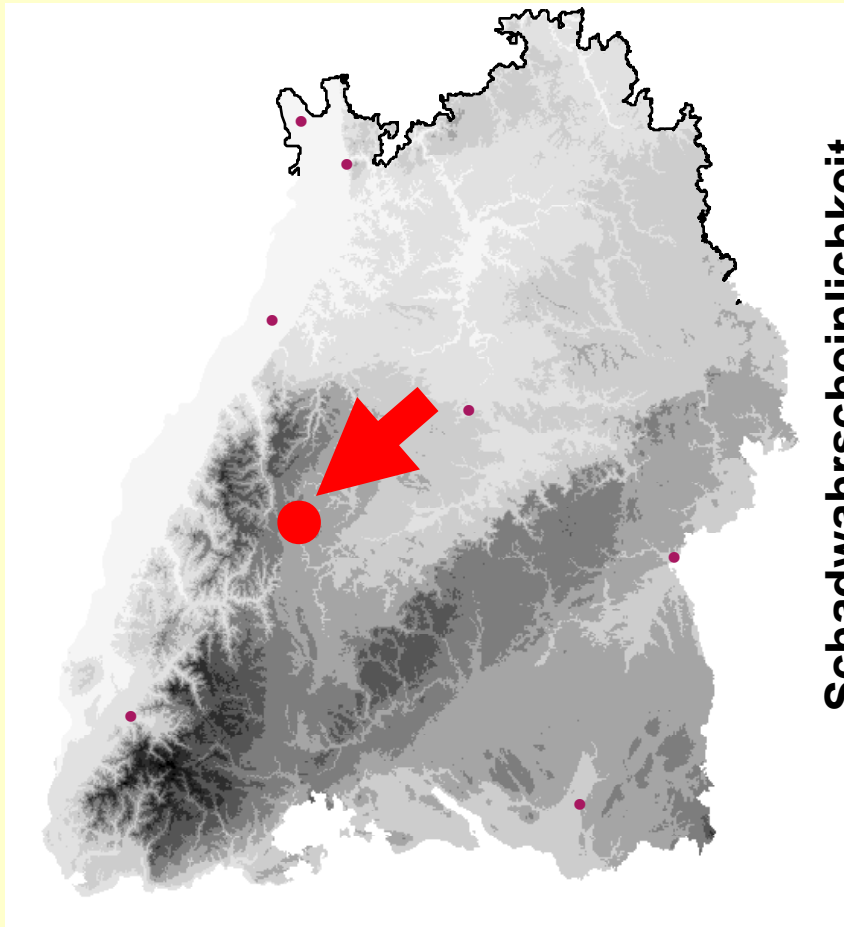
fix: Fichte, h/d-Wert, TOPEX, distance to edge



Exposition/Exponiertheit (*TOPEX*)

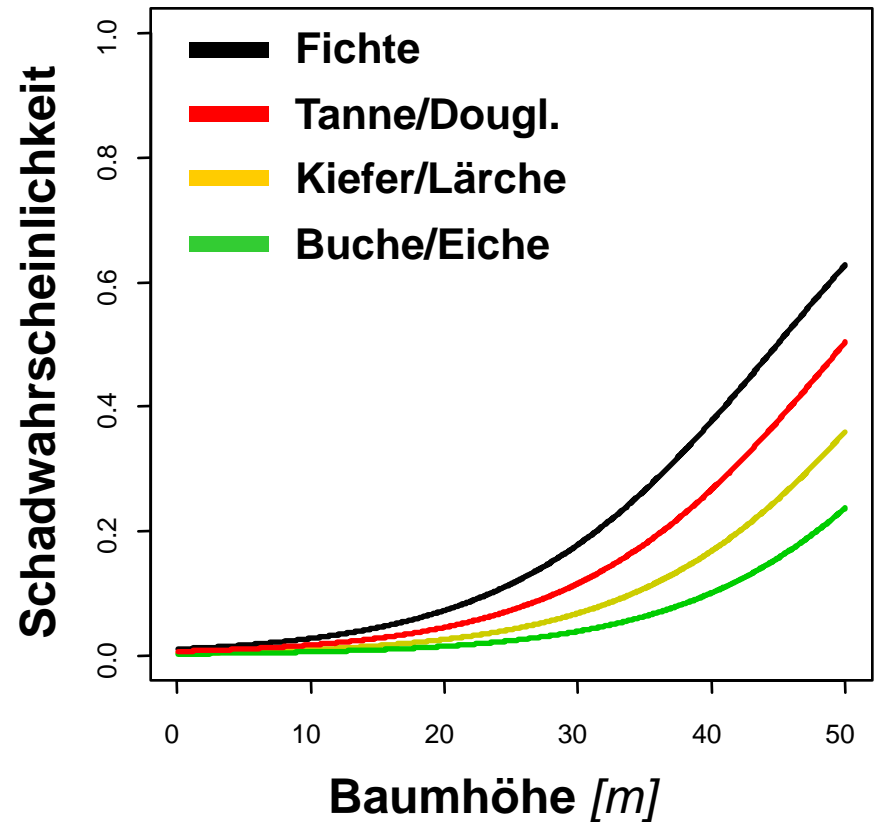
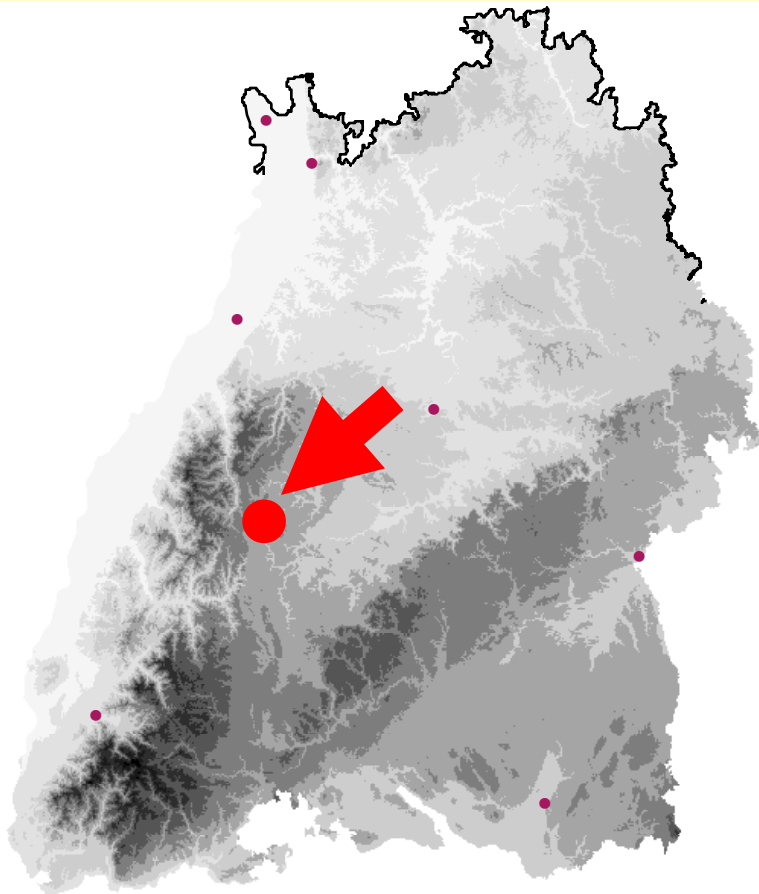
fix: geographische Lage, Fichte, h/d-Wert

zunehmende Exponiertheit



Baumart

fix: geographische Lage, h/d-Wert, TOPEX



Zusammenfassung

- **Inventur-basiertes statist. Schadensmodell (*gam*)**
 - Schadenswahrscheinlichkeit auf Einzelbaum-Ebene
 - **signifikante Prediktoren:**
 - (1) TOPEX, Baumart, Höhe, h/d-Wert
 - (2) G/K-Koordinaten (*räuml. Trend in der unerklärten Varianz*)
- **räuml. Trend: Ersatz für Windfeld**
 - synchrone Schätzung räuml. Trend / fixe Effekte
 - bi-variater gemischter Spline (*thin-plate-penalized-regression-spline*)
- **Sturm-Szenarien: Übertragung der Koordinaten**
- **Modellverhalten entspricht Experten-Erwartung**

Weiterentwicklung

- **meteorologische Parameter**
(originäre Sturmcharakteristika)
- **Standort/Boden**
(Wurzelraum)
- **Belaubungsaspekt**
(Sommersturm)
- **Wachstumssimulation**
(Szenarien)

Danke



Forstliche Versuchsanstalt
Baden-Württemberg

Einzelbaum Sturmschadensmodell

M. Schmidt, J. Bayer,
G. Kändler, E. Kublin,
U. Kohnle



Forstliche Versuchsanstalt
Baden-Württemberg

Einzelbaum Sturmschadensmodell

M. Schmidt, J. Bayer,
G. Kändler, E. Kublin,
U. Kohnle

Autoren



Matthias Schmidt



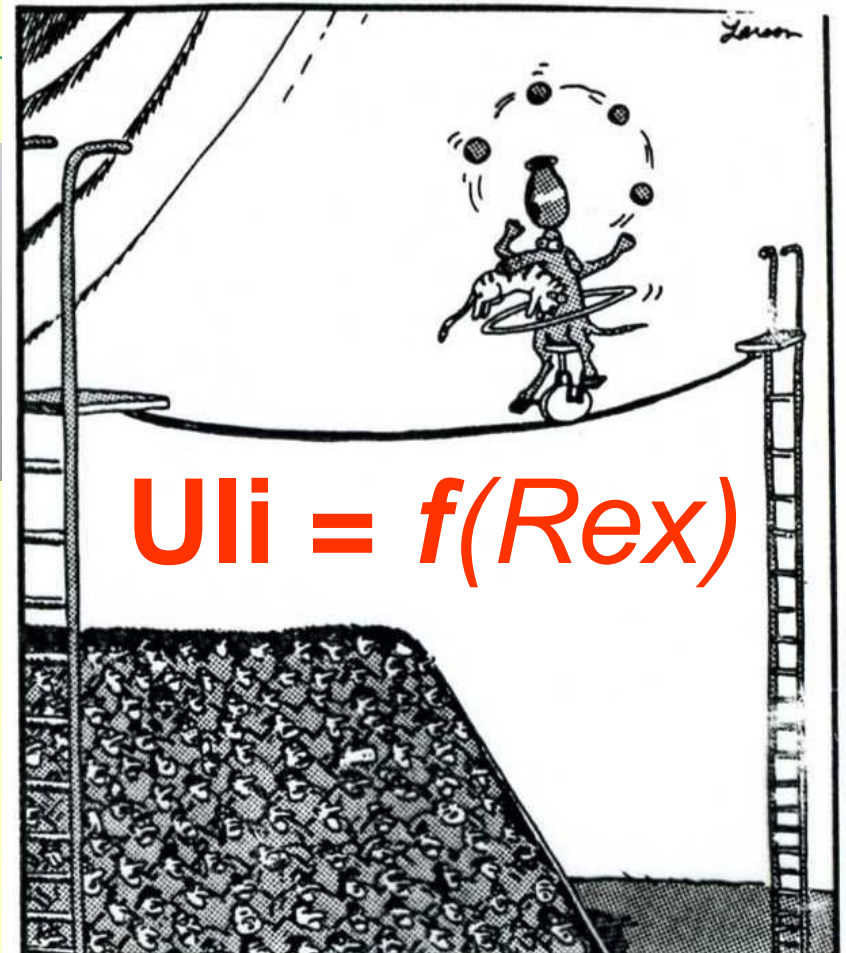
Jürgen Bayer †



Gerald Kändler



Edgar Kublin



Hoch über der atemlos gespannten Zuschauerschar versucht Rex sich zu konzentrieren. Dabei wird er jedoch einen drängenden Gedanken nicht los:

**er ist ein alter Hund –
und das ist ein neues Kunststück**

mechanistische – statistische Modelle

- **mechanistic storm damage models**
 - **direct cause – damage relations**
(wind speed, flow dynamics, tree statics etc.)
 - **data gathered from defined experiment / incident**
 - **highly detailed information necessary**
(rarely available on a broad basis; model extrapolation)
- **statistical storm damage models**
 - **indirect predictors**
(tree, stand, site characteristics etc.)
 - **data (often) pooled from several incidents**
(e.g. decade)
 - **meteorological conditions not included**
(generalization difficult)

basic modelling approach

generalized **l**inear **m**odel with binomial-distributed answering variable (*glm*)

$$\text{logit}(\pi_i) = \alpha + \beta_1 \cdot \text{species}_i + \beta_2 \cdot \text{tree_height}_i + \beta_3 \cdot \text{hd-ratio}_i + \beta_4 \cdot \text{TOPEX}_i$$

$$\pi_i = E(y_i) \quad y_i \sim \text{binomial}(1, \pi_i) \quad \text{var}(y_i | \pi_i) = \pi_i(1 - \pi_i) / n_i$$

$$g(\pi_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki} = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ji} \quad (1.1)$$

$$g(\pi_i) = \log\left(\frac{\pi_i}{1 - \pi_i}\right) \quad (1.2)$$

final model

$$g(\pi_i) = \beta_1 \text{species} + \beta_2 \text{Top_to_Dis_1}_i + \beta_3 \text{Top_to_Dis_2}_i + \beta_4 \text{Top_to_Dis_3}_i + \beta_5 \text{Top_to_Dis_4}_i + \beta_6 \text{Dis_WWR}_i + f_1(H_{1999}_i, h/d - \text{ratio}_{1999}_i) + f_2(\text{North}_i; \text{East}_i) + \varepsilon_i$$

π_i	damage probability of tree i at location with GK-coordinates $\text{North}_i/\text{East}_i$
g.	loglink function
species	tree species group; categories: spruce, fir/Douglas fir, pine/larch, beech/oak, Alh/Aln (other deciduous with high [Alh] or short [Aln] life expectation)
Top_to_Dis_1...4	modified Topex-to-Distance indices summed from Topex values calculated for 8 different directions; the modified index sums 2 Topex_to_Distance values
Dis_WWR	variable integrating distance to the closest westerly exposed forest edge with: distance to westerly exposed edge ($\text{DWWR} - 350$) ³ , if $\text{DWWR} < 350$ m, otherwise 0
f_1, f_2	smoothing functions [bi-variate thin-plate-(penalized)-regression-splines]
$\beta_1 \dots \beta_6$	fixed effects of the corresponding independent variables

final model: *coefficients and statistics*

	coefficient	SE	t-value	pr(>t)
Alh_Aln	-3.9425	0.0671	-58.76	<22e-16
beech_oak	-3.2936	0.0353	-93.39	<22e-16
spruce	-1.6575	0.0208	-79.60	<22e-16
pine_larch	-2.7436	0.0415	-66.14	<22e-16
fir_Douglas fir	-2.1254	0.0343	-61.97	<22e-16
Dis_WWR	-1.27e-08	1.29e-09	-9.91	<22e-16
Top_to_Dis_1	-0.0060427	0.0001746	-34.60	<22e-16
Top_to_Dis_2	-0.0019381	0.0001715	-11.30	<22e-16
Top_to_Dis_3	0.0039607	0.0002936	13.49	<22e-16
Top_to_Dis_4	-0.0019932	0.0003001	-6.64	3.11e-11
<u>significance of smoothing terms:</u>				
		edf	Chi.sq	p-value
s (h_1999, h/d-ratio_1999)		24.81	2969.7	<22e-16
s (North, East)		29	4649.3	<22e-16
<u>characteristics:</u>				
	R ² (adj.) = 0.174		explained deviance = 19.4 %	
	gcv score = 0.54126		n = 63,452	

h/d-ratio

fixed: geographical location, spruce, TOPEX-value

