



# **Forstlich relevante Sturmschadensmodelle als Grundlagen für Methoden zur Reduzierung von Sturmschäden in Wäldern in Baden-Württemberg**

**(Teilprojekt RESTER-UniFR)**

Dirk Schindler, Karin Grebhan, Helmut Mayer



## Übersicht statistische Sturmschadensmodelle

Modell	Ereignis	Datengrundlagen	parametrisiert für	Quelle
Logistische Regression	Sturmschäden	Forstamt Bebenhausen, Forsteinrichtungsdaten	Baden-Württemberg	Hanewinkel et al. (2004)
	Sturmschäden	Forstamt Schluchsee, Forsteinrichtungsdaten, $ZN_{\text{Sturm}}$	Baden-Württemberg	Hanewinkel (2005)
	Sturmschäden	verschiedene	Kanada, British Columbia	Lanquaye-Opoku und Mitchell (2005)
	Sturm- und Schneeschäden	Inventurdaten	Finnland	Jalkanen und Mattila (2000)
	Sturmschäden	Daten von 612 Beständen	Dänemark	Lohmander und Helles (1987)
	Sturmschäden (Lothar)	Stichprobe mit 969 Punkten aus verschd. Datenquellen	Frankreich, Deutschland, Schweiz	Mayer et al. (2005)
	Sturmschäden	Bestandesdaten	Kanada, Vancouver Island	Mitchell et al. (2001)
	Feuer	-	Spanien	Millington (2005)
	Sturmschäden	Daten von 5 Beispielbeständen	Irland	Ni Dhubain et al. (2001)
	Sturmschäden	Stichprobe mit 234 Punkten, Baumdaten	Kanada, British Columbia	Scott und Mitchell (2005)
	Sturm- und Schneeschäden	Daten von 72 Bäumen	Nordschweden	Valinger et al. (1993)
Multiple lineare Regression	Sturmschäden	Bestandesdaten aus Testgebieten	Schweizer Mittelland	Schütz et al. (2006)
Neuronale Netze	Sturmschäden	Forstamt Bebenhausen, Forsteinrichtungsdaten	Baden-Württemberg	Hanewinkel et al. (2004)
	Sturmschäden	Forstamt Schluchsee, Forsteinrichtungsdaten, $ZN_{\text{Sturm}}$	Baden-Württemberg	Hanewinkel (2005)
Klassifikations- und Regressionsbäume	Feuer	-	USA	McKenzie et al. (2000)
	Sturmschäden	verschiedene	USA	Lindemann und Baker (2002)
Lineare Modelle	Sturmschäden (Lothar)	$BWI^1$ und $BWI^2$ -Daten	Baden-Württemberg	Schmidt et al. (2006)
Weights of evidence	Hangrutschung	-	Italien, Appeninen	Poli und Sterlacchini (2007)
	Feuer	-	Spanien	Romero-Calcerrada et al. (2008)
	Stabilität von Felsenküsten	-	Australien	Zahiri et al. (2006)

## Logistische Regression

- Analyse der Beziehung zwischen Prädiktoren und dichotomer Antwortvariable „Sturmschaden“:

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

wobei  $p$  die Sturmschadenswahrscheinlichkeit (Wert zwischen 0 und 1) für einen Datenpunkt ist.  $x_1, x_2, \dots, x_n$  sind Prädiktoren;  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  sind Parameter.

- Mangels zur Verfügung stehender Datengrundlage für den Zeitraum 1971-2000 wird die logistische Regression am Beispiel der durch den Sturm „Lothar“ 1999 verursachten Sturmschäden ausprobiert.
  - Für „Lothar“ liegen keine Variablen
    - + die Bäume oder Bestände,
    - + das Windfeld,beschreiben vor.

## Logistische Regression

- Prädiktoren,
  - die bis dato für RESTER zur Verfügung stehen und
  - aufbereitet für eine Analyse als Punktwerte für 50×50m Rasterzellen vorliegen:
    - + Entfernung zum Waldrand (metrisch),
    - + Waldart (3 Klassen),
    - + Topex\_500/Topex\_1000/Topex\_2000, Topex\_1000 mit Westgewichtung (metrisch),
    - + Hangneigung (metrisch), Hangrichtung (metrisch), Hangform (3 Klassen),
    - + Geländehöhe (metrisch),
    - + Geologie (13 Klassen),
    - + Bodentyp (20 Klassen), Bodenfeuchte (21 Klassen), Bodensubstrat (17 Klassen), Stauwasser (2 Klassen), Bodenversauerung (13 Klassen), Bodengründigkeit (5 Klassen), Bodenskelett (6 Klassen),
    - + Entfernung zu Flüssen (metrisch).
  - Insgesamt liegen ca. 5500000 Datenpunkte vor, von denen zufallsverteilt 10% durch ArcGIS zur weiteren Analyse mit dem Programmpaket SAS ausgewählt worden sind.

## Logistische Regression

- Prädiktorenauswahl und Ausschlussverfahren:
  - 13457 Punkte mit Sturmschaden, 517177 Punkte ohne Sturmschaden.
  - Durchführung Korrelationsrechnung zwischen allen Variablen, um lineare Beziehungen zwischen Variablen aufzudecken. Dies führt zum Ausschluss von der Variablen
    - + Hangneigung ( $r > 0.7$ , lineare Beziehung zu Topex),
    - + Bodenskelett ( $r > 0.7$ , lineare Beziehung zu Bodengründigkeit).
  - Univariable Analyse mit Klassifizierungstabellen bei kategorialen Größen, mit univariabler logistischer Regression bei metrischen Größen. Dies führt zum Ausschluss von
    - + Hangform,
    - + Hangrichtung,
    - + Geländehöhe,
    - + Entfernung zu Flüssen,
    - + Stauwasser,
    - + Bodenversauerung,
    - + Bodengründigkeit.

## Logistische Regression

- Prädiktorenauswahl und Ausschlussverfahren:
  - Für die multivariable logistische Regression verbleibende Prädiktoren:
    - + Bodentyp
    - + Entfernung zum Waldrand
    - + Waldart
    - + Bodensubstrat
    - + Bodenfeuchte
    - + Topex\_500/Topex1000
  - Durchführung schrittweise Rückwärtseliminierung durch SAS führt zu keiner weiteren Prädiktoreneliminierung. Linearkombinationen bestehen für zwei Bodentypen.

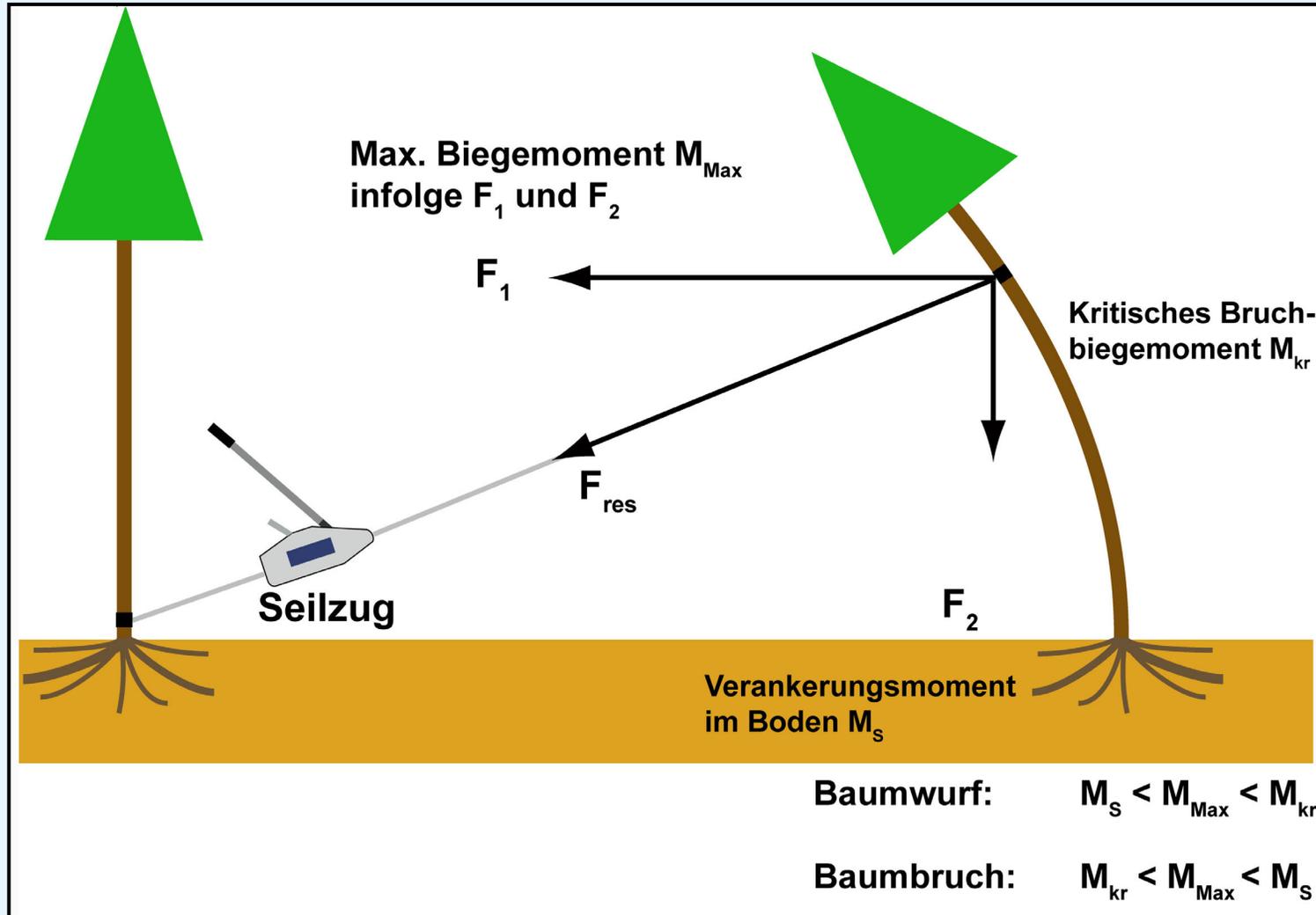


## Statistische Sturmschadensmodelle

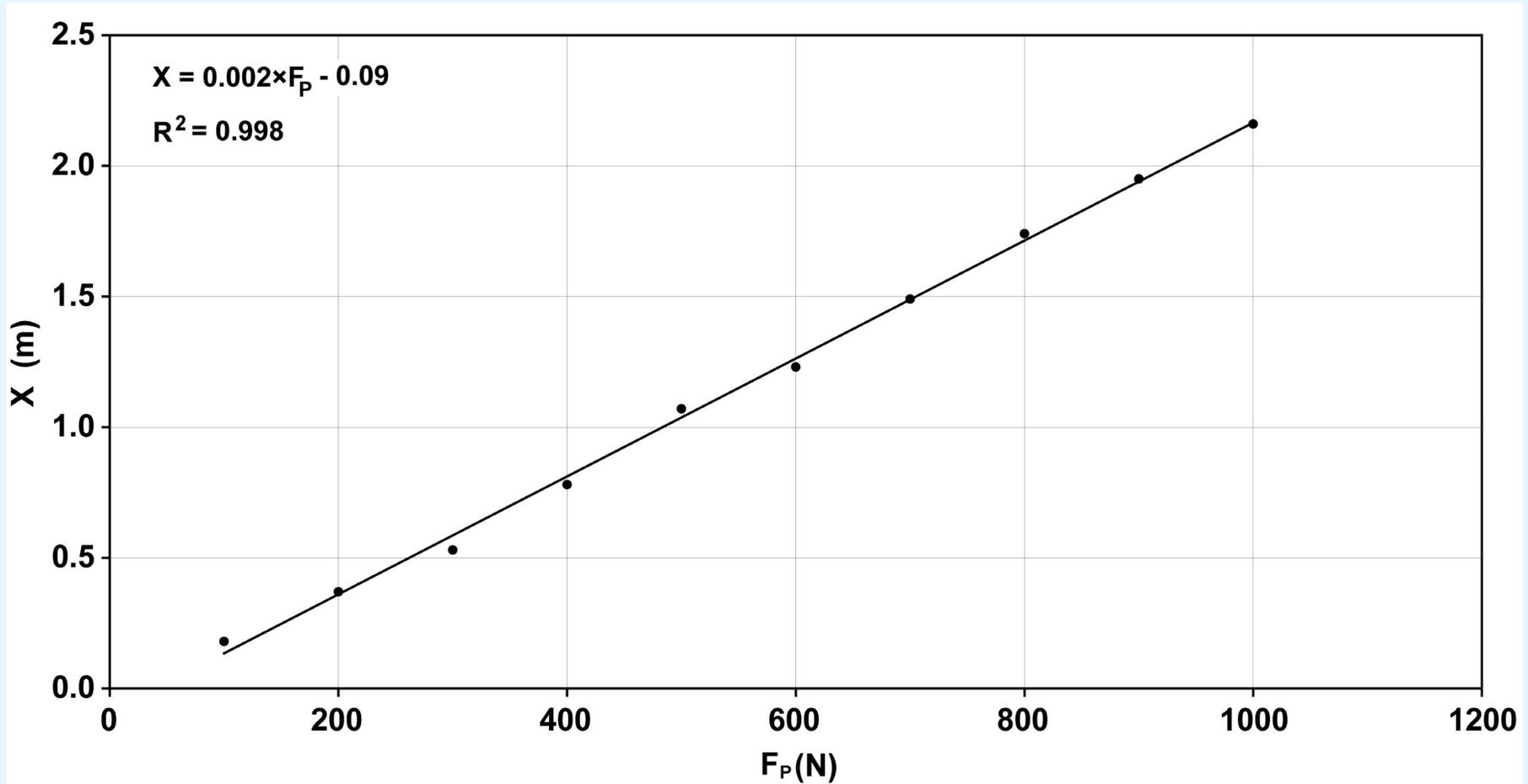
- Weitere statistische Methoden, die für die Analyse von Sturmschäden zur Anwendung kommen sollen:
  - Klassifikations- und Regressionsbäume,
  - Neuronale Netze.



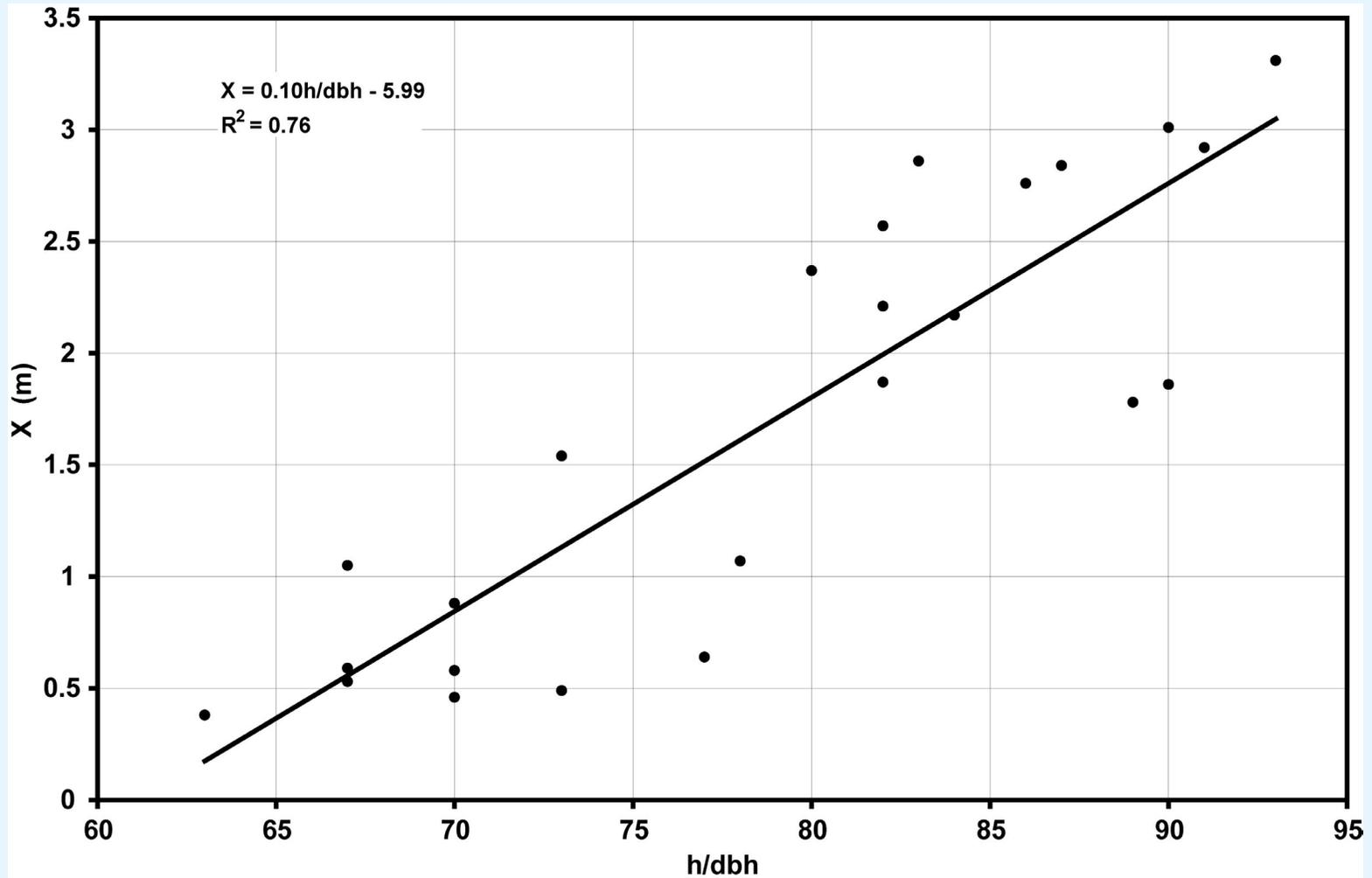
## Zugversuche – Waldkiefer Hartheim



## Zugversuche – Zugkraft $F_P$ und Auslenkung $X$

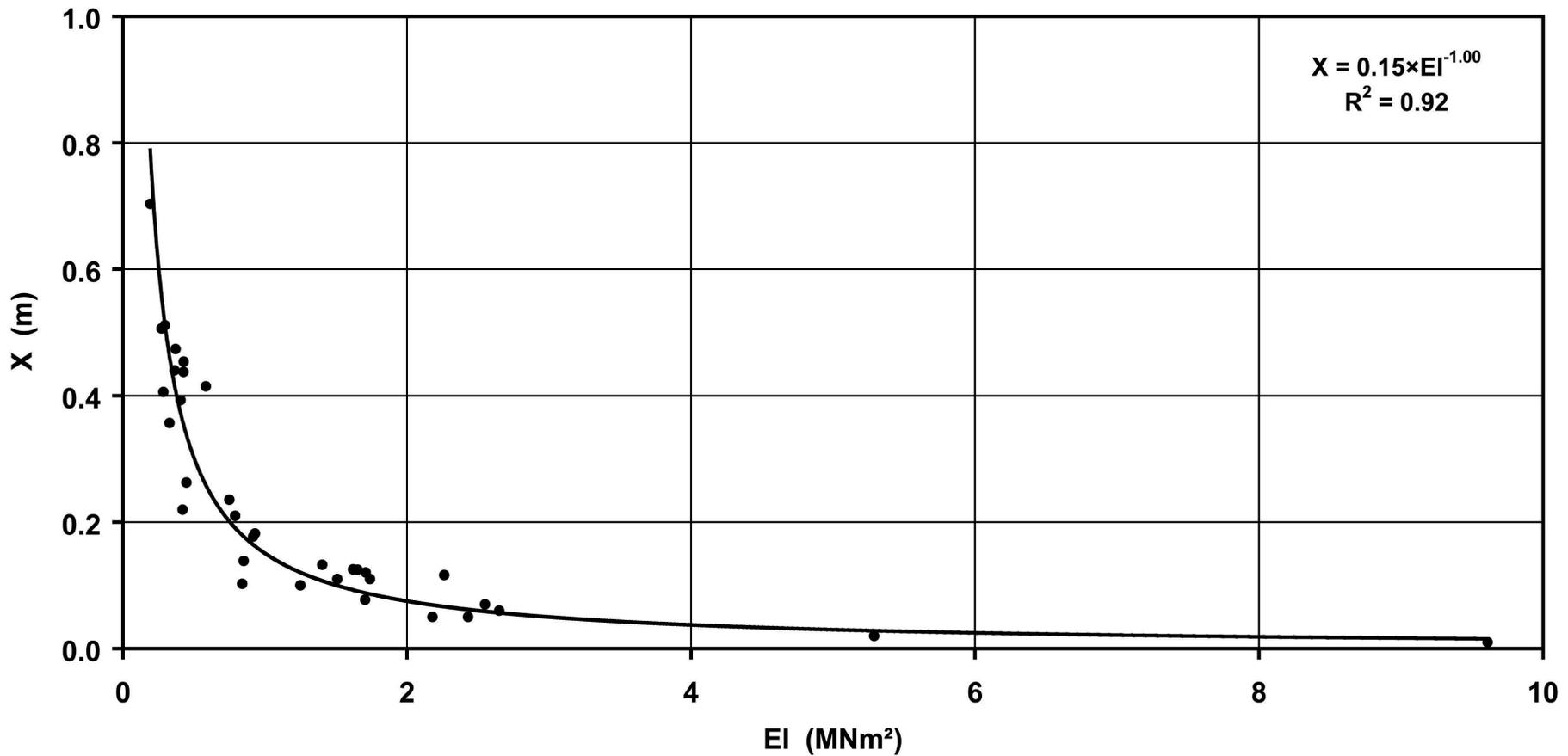


## Zugversuche – Baumparameter $h/dbh$ und Auslenkung $X$



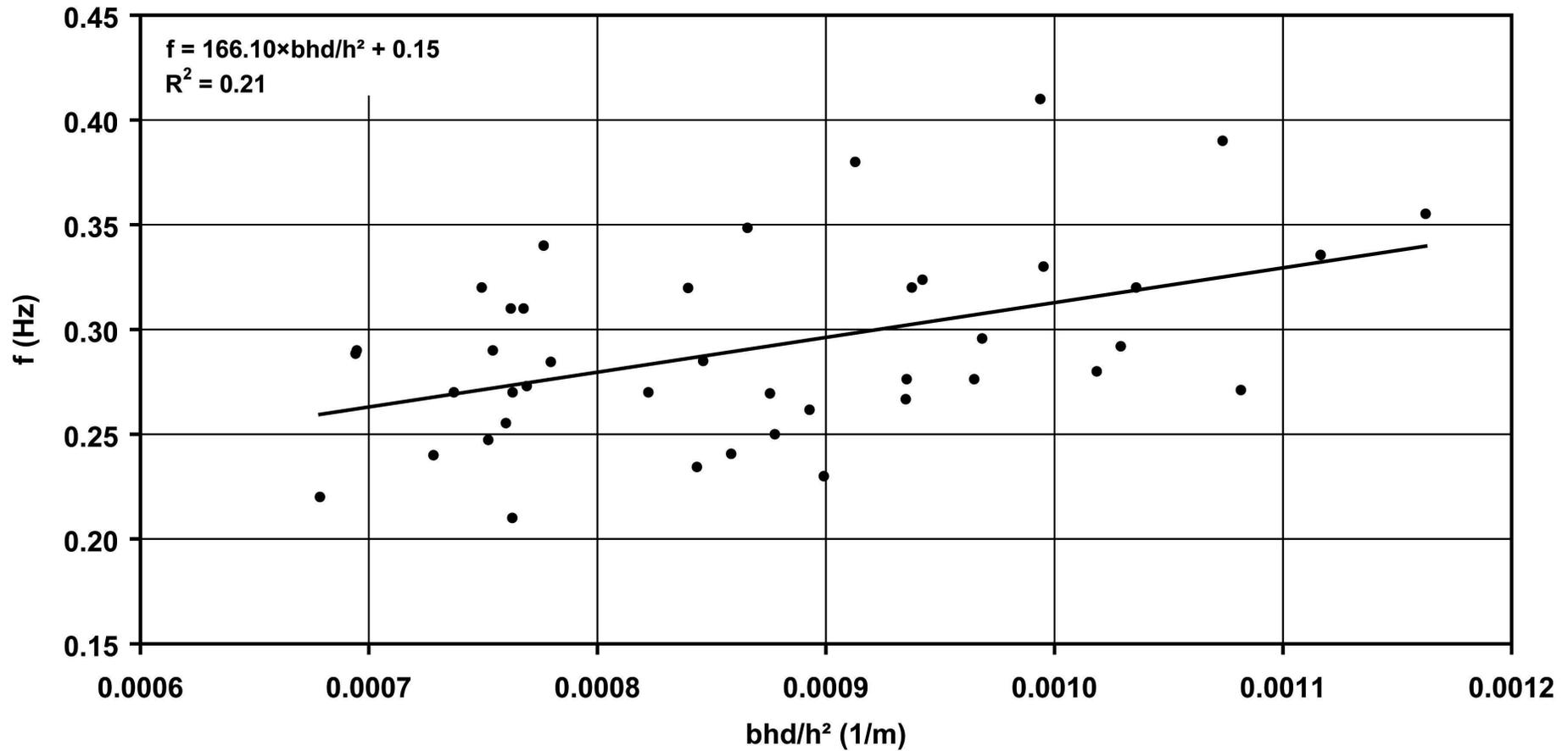


## Zugversuche – Biegesteifigkeit EI und Auslenkung X





## Zugversuche – Baumparameter $bhd/h^2$ und Frequenz Grundschiwingung $f$





## Literatur I

- Franklin, J., 1998: Predicting the distribution of shrub species in southern California from climate and terrain-derived variables. *J. Veg. Sci.* 9, 733-748.
- Fridman, J., Valinger, E., 1998: Modelling probability of snow and wind damage using tree, stand, and site characteristics from *Pinus sylvestris* sample plots. *Scand. J. For. Res.* 13, 348-356.
- Hanewinkel, M., 2004: A neural network approach to identify forest stands susceptible to wind damage. *For. Ecol. Manag.* 196, 227-243.
- Hanewinkel, M., 2005: Neural Networks for Assessing the Risk of Windthrow on the Forest Division Level: A Case Study in Southwest Germany. *Eur. J. Forest. Res.* 124, 243-249.
- Lanquaye-Opoku, N., Mitchell, S.J., 2005: Portability of stand-level empirical windthrow risk models. *For. Ecol. Manag.* 216, 134-148.
- Jalkanen, A., Mattila, U., 2000: Logistic regression model for wind and snow damage in northern Finland based on the National Forest Inventory data. *For. Ecol. Manag.* 135, 315-330.
- Lindemann, J.D., Baker, W.L., 2002: Using GIS to analyse a severe forest blowdown in the Southern Rocky Mountains. *Int. J. Geogr. Info. Sci.*, 16, 377-399.
- Lohmander, P., Helles, F., 1987: Windthrow Probability as a function of Stand Characteristics and Shelter. *Scand. J. For. Res.* 2, 227-238.
- Mayer, P., Brang, P., Dobbertin, M., Hallenbarter, D., Renaud, J.-P., Walthert, L., Zimmermann, S., 2005: Forest storm damage is most frequent on acidic soils. *Ann. For. Sci.* 62, 303-311.
- McKenzie, D., Peterson, D.L., Agee, J.K., 2000: Fire frequency in the interior Columbia River Basin: building regional models from fire history data. *Ecol. Appl.* 10, 1497-1516.
- Mitchell, S.J., Hailemariam, T., Kulis, Y., 2001: Empirical modeling of cutblock edge windthrow risk on Vancouver Island, Canada, using stand level information. *For. Ecol. Manag.* 154, 117-130.
- Millington, J.D.A., 2005: Wildfire risk mapping: considering environmental change in space and time. *J. Med. Ecol.* 1, 33-42.
- Ni Dhubhain, A., Walshe, J., Bulfin, M., Keane, M., Mills, P., 2001: The initial development of a windthrow risk model for Sitka spruce in Ireland. *Forestry* 74, 161-170.



## Literatur II

- Poli, S., Sterlacchini, S., 2007: Landslide representation strategies in susceptibility studies using weights-of-evidence modelling technique. *Nat. Resources Res.* 16, 121-134.
- Romero-Calcerrada, R., Novello, C.J., Millington, J.D.A., Gomez-Jimenez, I., 2008: GIS analysis of spatial patterns of human-caused wildfire ignition in the SW of Madrid (Central Spain). *Landscape Ecol.* DOI 10.1007/s10980-008-9190-2.
- Schmidt, M., Bayer, J., Kändler, G., 2006: Sturm ‚Lothar‘ – Ansatz einer inventurbasierten Risikoanalyse. DVFFA – Sektion Ertragskunde, Jahrestagung 2006, 5-20.
- Scott, R.E., Mitchell, S.J., 2005: Empirical modelling of windthrow risk in partially harvested stands using tree, neighbourhood, and stand attributes, *For. Ecol. Manag.* 218, 193-209.
- Schütz, J.-P., Götz, M., Schmid, W., Mandallaz, D., 2006: Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silvi-culture. *Eur. J. Forest. Res.* 125, 291-302.
- Valinger, E., Fridman, J., 1997: Modelling probability of snow and wind damage in Scots pine stands using tree characteristics, *For. Ecol. Manag.* 97, 215-222.
- Zahiri, H., Palamara, D.R., Flentje, P., Brassington, G.M., Baafi, E., 2006: A GIS-based Weights-of-Evidence model for mapping cliff instabilities associated with mine subsidence. *Environ. Geol.* 51, 377-386.