

Abstract in English

Because of the great impact of storm damage on the ecology and management of forests we analyzed a previously unpublished database. The long-term experimental growth and yield plots of Southwest Germany were analyzed with two main objectives:

- 1) Evaluation and enhancement of an existing storm damage model for storm Lothar in Southwest Germany with these new data.
- 2) Development of a new explanatory and prognostic model for storm damage based on long-term damage data of experimental growth and yield plots in Southwest Germany, under special consideration of the impact of silvicultural interventions on storm risk.

The applied methods include classification and regression trees and regression models (generalized linear models).

Results for objective 1 were that the effects already included in the existing model represent well the trends also in the data of the experimental plots. However, the model tended to overestimate storm damage. While investigating potentials for enhancement, especially the variables describing silvicultural treatments (thinnings etc.) helped improve the model accuracy.

Results for objective 2 can be summarized as follows:

- Effects of tree species and tree height are the most determining factors for the explanation of storm damage, also when it comes to analyzing damage by multiple storm events simultaneously.
- The significant impact of silvicultural interventions (about 20%) was best quantified by the relative removals of the five or ten years prior to the storm event.
- Another strong effect, the thinning quotient, indicates that removing dominant trees especially in older stands destabilizes a forest significantly.
- Tree- and stand-level slenderness ratios showed contradictory results when it comes to storm damage analyses. Consequently, we estimate slenderness indicators as inappropriate for storm damage analysis of the available database in which storm damage as broken and uprooted trees was not coded separately.
- Storm damage of Douglas-fir was found as high as that of Norway spruce. The damage proportions of Douglas-fir were even higher than those of Norway spruce. However, this is most likely due to differing site conditions. A generally higher damage potential of Douglas-fir compared to Norway spruce is thus not likely.

In the concluding remarks we discuss the transferability and generality of our findings. From the results, we draw conclusions for minimizing storm damage in forest management as well as for storm damage research.

Kurzfassung in Deutsch

Aufgrund der großen Bedeutung von Sturmschäden für die Waldbewirtschaftung wurde eine bislang noch nicht zur Analyse von Sturmschäden ausgewertete Datengrundlage, die langfristigen waldwachstumskundlichen Versuchsflächen in Baden-Württemberg, analysiert. Die zwei Hauptziele der vorliegenden Dissertation lauteten:

- 1) Evaluierung und Erweiterung eines bestehenden Sturmschadensmodells für Sturm Lothar in Baden-Württemberg (Schmidt 2006, Schmidt et al. 2010) anhand waldwachstumskundlicher Versuchsflächendaten
- 2) Erstellen eines neuen Erklärungs- und Prognosemodells für Sturmschäden anhand langfristiger Sturmschadensdaten waldwachstumskundlicher Versuchsflächen in Baden-Württemberg mit besonderer Berücksichtigung der Schadabhängigkeit von der waldbaulichen Behandlung.

Bei der Auswertung kamen CART-Methoden (classification and regression trees, Entscheidungsbäume) und statistische Modellierung zum Einsatz.

Die wesentlichen Ergebnisse bezüglich der Evaluierung des vorhandenen Modells anhand von Versuchsflächendaten für Sturm Lothar (Ziel 1) lieferten die Erkenntnis, dass die im Modell enthaltenen Effekte auch die Trends in den Versuchsflächendaten korrekt wiedergeben. Insgesamt überschätzte das vorhandene Modell das Sturmrisiko auf den Versuchsflächen jedoch mäßig. Im Zuge der Modellerweiterung wurde festgestellt, dass insbesondere die eingriffsbasierten Variablen deutliche Modellverbesserungen erlauben.

Im Zuge der Erstellung des Erklärungs- und Prognosemodells für Sturmschäden anhand langfristiger Versuchsflächendaten (Ziel 2) zeigten sich folgende Ergebnisse:

- Die Baumarten- und Baumhöheneffekte haben auch für die Erklärung von Sturmschäden mehrerer Sturmereignisse den größten Einfluss.
- Der erhebliche Einfluss (ca. 20%) der waldbaulichen Eingriffe ließ sich vorwiegend durch die relative Entnahmestärke während der fünf bzw. zehn Jahre vor dem Sturmereignis quantifizieren.
- Die Wirkung des Durchforstungsquotienten im Modell weist insbesondere bei größeren Bestandeshöhen (Vorratspflege) auf labilisierende Einflüsse von Eingriffen ins Herrschende hin.
- Die einzelbaum- und bestandesweisen h/d-Werte lieferten widersprüchliche Ergebnisse. H/d-Werte werden generell als ungeeignet für die Beschreibung von Sturmschäden bzw. Windwurfschäden eingestuft. Eine Trennung von Bruch- und Wurfschäden war im Datenmaterial nicht dokumentiert und daher in der Analyse nicht abbildbar.
- Die Sturmgefährdung der Douglasie erscheint auf der Grundlage der Versuchsflächendaten mindestens ebenso hoch wie die der Fichte. Die deutlich höheren Schadensanteile bei Douglasie im Vergleich mit denen der Fichte sind mutmaßlich auf standörtliche Verhältnisse zurückzuführen, so dass die Annahme generell höherer Sturmschadensdisposition für Douglasie verfrüht wäre.

Im Anschluss wird die Übertragbarkeit der Ergebnisse diskutiert. Aus den Ergebnissen werden Schlussfolgerungen für die waldbauliche Behandlung aus Sicht der Sturmrisikominimierung sowie für die Sturmschadensforschung abgeleitet.

Résumé en Français

Vu l'importance des dégâts de tempête dans les écosystèmes forestiers, une base de données assez importante sur les placettes expérimentales de croissance à long terme en Bade-Wurtemberg a été pour la première fois exploitée de façon systématique du point de vue des aléas climatiques.

Les deux principaux objectifs de la présente thèse doctorale consistaient en :

Objectif n° 1 : l'évaluation et l'élargissement d'un modèle statistique initial (Schmidt 2006, Schmidt et al. 2010) sur les dégâts de tempête de 1999 en Bade-Wurtemberg, à l'aide de la base de données des placettes expérimentales.

Objectif n° 2 : la mise en place d'un nouveau modèle explicatif et prospectif sur les dégâts de tempête sur le long terme, issus des placettes expérimentales de croissance en Bade-Wurtemberg, stockées dans la base de données de l'Institut de la recherche forestière du Land de Bade-Wurtemberg (F.V.A.) – en prenant particulièrement en considération les effets de la sylviculture sur le risque de dégâts.

Les analyses étaient effectuées avec des méthodes CART (« classification and regression trees », arbres de décision) et de la modélisation statistique.

Les principaux résultats de l'évaluation du modèle initial (objectif n° 1) démontraient clairement que les effets intégrés au modèle étaient bien présents et pertinents pour les données traitées. Dans l'ensemble, le modèle initial avait tendance à surestimer le risque de dégâts. Au cours des travaux d'élargissement du modèle, on a dû noter que ce sont surtout les variables décrivant les interventions sylvicoles qui contribuaient à améliorer la signification statistique.

Dans le cadre de l'établissement du nouveau modèle (objectif n° 2) les résultats suivants ont été démontrés :

- Les variables les plus explicatives en termes de dégâts de tempête causés par plusieurs événements ont été l'essence et la hauteur du peuplement ou de l'arbre. Ceci a été largement vérifié au cours des travaux doctoraux.
- L'impact significatif des interventions sylvicoles sur le risque de chablis ou de volis (env. 20 % du total) était très clairement lié aux volumes prélevés en éclaircie les 5 ou 10 ans précédents les événements.
- Le coefficient d'éclaircie a montré que le prélèvement des arbres dominants conduit à une déstabilisation importante du peuplement restant, surtout quand la hauteur du peuplement est assez importante.
- Les coefficients de forme de l'arbre et des peuplements (le ratio hauteur / diamètre) aboutissaient des résultats très contradictoires. Le coefficient de forme est jugé inapproprié pour quantifier le risque de dégâts. Une différenciation entre chablis et volis n'a pas été effectuée dans la base de données. Il a donc été impossible de distinguer entre les deux.
- Le risque de dégât du douglas apparaissait au moins aussi grand que celui de l'épicéa. Les dégâts du douglas observés sur le terrain sont plus importants que ceux de l'épicéa. Mais

ceci pourrait être lié aux conditions stationnelles – l’hypothèse d’un risque généralement plus prononcé du douglas est donc prématurée.

Suite aux résultats des travaux de recherche, on a abouti à des conclusions pour une meilleure gestion forestière, fondée sur la minimisation des dégâts de tempête et sur une réorientation de la recherche sur les dégâts de tempête en forêt. La valeur universelle et la transmissibilité des résultats sont discutées.