

# Factors influencing tree regeneration after windthrow in Swiss forests

**Doctoral Thesis**

**Author(s):**

Priewasser, Kathrin

**Publication date:**

2013

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-009930708>

**Rights / license:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Diss. ETH No. 21011

**FACTORS INFLUENCING TREE REGENERATION AFTER  
WINDTHROW IN SWISS FORESTS**

A dissertation submitted to  
ETH ZURICH

for the degree of  
Doctor of Sciences

presented by  
KATHRIN PRIEWASSER  
MSc in Geography, University of Zurich  
born January 17<sup>th</sup>, 1982  
Austria

accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. Harald Bugmann, examiner  
Dr. Thomas Wohlgemuth, co-examiner  
Dr. Peter Brang, co-examiner  
Dr. Timo Kuuluvainen, co-examiner

2013

## Summary

Severe wind damage is one of the most important disturbance agents in European forest ecosystems. In a biodiversity context, wind disturbance is viewed as an enrichment, because increased light availability and modified microclimatic conditions promote plant diversity in the years following the disturbance. However, severe damage to mountain forests transiently reduces the protective effect of forests against natural hazards like avalanches or rockfall, and generally leads to economic loss. The frequency of wind disturbance, most often in the frame of European winter storms, has increased in the recent years, and thereby the damaged forest area. The natural regeneration ability of windthrown forests and the factors explaining the variability of regeneration are, therefore, of considerable interest (*Chapter I*).

The quantity of lying and standing deadwood is changed strongly by windthrow and after subsequent salvage logging. It is an important component of forest ecosystems, since many deadwood-associated species depend on the presence of deadwood. Also for tree regeneration success, deadwood can be crucial. Yet, little is known about deadwood quantity and quality after windthrow in Central Europe and how much deadwood is left after salvage logging (*Chapter II*).

Another factor clearly changing after windthrow is the cover of ground vegetation. Due to increased light availability, fast growing species can rapidly form dense vegetation cover that significantly suppresses tree regeneration. One example of such a species is bracken (*Pteridium aquilinum* L.). It is assumed that bracken suppresses tree regeneration especially through the release of phytotoxic compounds (allelopathy). Regeneration failure of beech (*Fagus sylvatica* L.)

and sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) in dense bracken stands has not been investigated for allelopathy yet, although beech forests are frequent in Europe (*Chapter III*).

*Chapter I.* Natural tree regeneration was recorded in 2010 and 2011 in 90 windthrow gaps (each  $\geq 3$  ha) in Switzerland. The forest gaps were caused by two severe storms in 1990 (Vivian) and 1999 (Lothar). Soil pH, vegetation cover, post-storm treatment ('salvage-logging' or 'no timber harvesting') and elevation were the four most important predictors explaining the variability of sapling density. Although general trends could be detected, the heterogeneity among forest gaps was large. In contrast to conventional wisdom on forest succession after disturbance, late-successional tree species dominated in a majority of gaps 10 to 20 years after wind disturbance regarding sapling density.

*Chapter II.* Deadwood amount and quality were investigated on the same gap sample as the natural tree regeneration in *Chapter I*. A special focus was on the post-storm treatments 'salvage-logging' or 'no timber harvesting'. The study revealed surprisingly high deadwood volumes ( $74.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) in salvage-logged forest gaps. This value distinctly exceeds the proposed minimum deadwood volumes for forest stands in a conservation context. Additionally, a wide variety of decay stages and diameter classes (10 to  $\geq 70$  cm) was found in both salvage-logged and unharvested gaps, suggesting considerable habitat diversity for deadwood-associated species irrespective of the treatment. Since it takes a few decades until deadwood turns into a suitable seedbed, the storm- induced deadwood pieces that were up to a maximum of 20 years old did not provide an appropriate substrate for tree establishment yet.

*Chapter III.* To test causes of regeneration failure in dense bracken stands, germinating seeds of beech and sycamore were exposed to bracken leachates in a greenhouse experiment. Moreover, seedlings exposed to bracken leachates in the greenhouse experiment were compared with seedlings grown in shadow or with bracken rhizomes in a common garden experiment. Except for a significantly but only slightly reduced germination rate of beech in the bracken treatment, no other allelopathic influences of bracken were found in either experiment. In contrast, strong evidence for light competition was detected as probably one of the most important factors causing regeneration failure of beech and sycamore in dense bracken stands during the first vegetation period.

Overall, the two studies based on the data inventory of the 90 forest gaps (*Chapter I and II*) revealed general driving forces of natural tree regeneration, as well as the insight that current logging practices in Switzerland leave enough and diverse deadwood ensuring habitat diversity for deadwood-associated species. Moreover, in contrast to the assumption that bracken causes tree regeneration failure through the release of phytotoxic compounds, the third chapter showed that mainly light competition led to lower growth performance in beech and sycamore.

## Zusammenfassung

Windwurf ist eine der wichtigsten Störungen in den Waldökosystemen Europas. In den Jahren nach der Störung führen erhöhte Lichtverfügbarkeit sowie veränderte mikroklimatische Bedingungen zu einer erhöhten Pflanzenvielfalt, weshalb Windschäden für die Natur als Bereicherung angesehen werden können. In den Bergen hingegen ist die Schutzwirkung der Wälder gegen Lawinen oder Steinschlag durch Sturmschäden oft stark oder zumindest vorübergehend beeinträchtigt. Zudem verursachen grosse Schäden wirtschaftliche Verluste. Die Zahl der Winterstürme in Europa hat in den letzten Jahren zugenommen und somit auch das Ausmass an Schäden in den Wäldern. Die natürliche Regenerationsfähigkeit von geschädigten Wäldern sowie die Faktoren, die die Verjüngungsvariabilität der Bäume erklären, sind daher von grossem Interesse (*Kapitel I*).

Sowohl Sturmschäden wie auch nachfolgende Räumungsaktivitäten verändern das Totholzvolumen in Wäldern deutlich. Totholz ist eine wichtige Komponente in Waldökosystemen, da das Vorkommen und Überleben vieler Arten vom Totholz abhängig ist. Ferner kann Totholz in einigen Wäldern für eine erfolgreiche Baumverjüngung entscheidend sein. Bisher ist wenig über die Totholzmenge und –qualität nach Windwurf in Mitteleuropa bekannt, wie auch darüber, wie viel Totholz tatsächlich nach anschliessenden Räumungsaktivitäten noch vorhanden ist (*Kapitel II*).

Ein weiterer Faktor, der sich nach Windwurf oft ändert, ist der Deckungsgrad der Bodenvegetation. Schnellwüchsige Pflanzen können durch die erhöhte Lichtverfügbarkeit nach Sturmschäden rasch dichte Vegetationsteppiche bilden,

welche die Baumverjüngung beeinträchtigen. Ein Beispiel für eine solche Pflanzenart ist der Adlerfarn (*Pteridium aquilinum* L.). Es wird angenommen, dass der Adlerfarn vor allem durch die Freisetzung phytotoxischer Stoffe (Allelopathie) das Wachstum von Bäumen hemmt. Der Ausfall von natürlich verjüngten Buchen (*Fagus sylvatica* L.) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.) in dichten Adlerfarnbeständen wurde bisher noch nicht bezüglich einer allelopathischen Wirkung des Adlerfarns untersucht, obwohl Buchenwälder in Europa stark verbreitet sind (*Kapitel III*).

*Kapitel I.* In den Jahren 2010 und 2011 wurde die natürliche Baumverjüngung von 90 Windwurfflächen (jede Fläche  $\geq 3$  ha) in der Schweiz erfasst. Die untersuchten Windwurfflächen wurden durch die zwei schweren Stürme Vivian (1990) und Lothar (1999) verursacht. Der Boden pH, die Bodenvegetationsbedeckung, die Behandlung nach dem Sturmschaden („Räumung des Totholzes“ oder „keine Räumung des Totholzes“) und die Höhe über Meer stellten sich als die vier wichtigsten erklärenden Faktoren für die Variabilität der Baumdichten auf den Windwurfflächen heraus. Obwohl wir Tendenzen der Naturverjüngung sichtbar machen konnten, war die Heterogenität zwischen den einzelnen Windwurfflächen sehr hoch. Wenn man die Baumdichten betrachtet, dominierten im Gegensatz zu traditionellen Sukzessionstheorien in den jungen sich entwickelnden Wäldern 10 oder 20 Jahre nach dem Windwurf Nicht-Pionierbaumarten.

*Kapitel II.* Das Totholzvolumen sowie die Totholzqualität wurden in derselben Stichprobe untersucht wie die Baumverjüngung in *Kapitel I*. Ein spezieller Fokus lag auf dem Vergleich zwischen geräumten und belassenen Flächen. Geräumte Flächen zeigten ein erstaunlich hohes Totholzvolumen von  $74.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Dieser Wert übertrifft deutlich das vorgeschlagene Mindest-Totholzvolumen in Wäldern im Zusammenhang mit einer nachhaltigen Erhaltung der Artenvielfalt. Zudem

wurde eine hohe Variabilität an Abbaustufen sowie Durchmesserklassen des Totholzes ermittelt, was eine hohe Variabilität an Habitaten für totholzassoziierte Arten vermuten lässt. Da es einige Jahrzehnte dauert, bis Totholz zu einem geeigneten Keimungssubstrat wird, war das erfasste Totholz, welches höchstens 20 Jahre alt war, noch nicht geeignet für die Baumverjüngung.

*Kapitel III.* In diesem Kapitel untersuchten wir die Auswirkungen von Adlerfarn auf Buche und Bergahorn. Um Ursachen für die Ausfälle der Naturverjüngung in dichten Adlerfarnbeständen zu finden, wurden Samen und Keimlinge von Buche und Bergahorn in einem Gewächshausexperiment phytotoxischen Stoffen des Adlerfarns ausgesetzt. Die Wachstumsleistung der Bäumchen, die den phytotoxischen Stoffen des Adlerfarns ausgesetzt waren, wurde mit der von Bäumchen verglichen, die in einem Gartenexperiment unter Schatten oder im Kontakt mit Adlerfarnrhizomen wuchsen. Ausser einer signifikanten, jedoch nur geringen Reduktion der Keimungsrate bei Buchen wurden keine weiteren allelopathischen Effekte des Adlerfarns gefunden. Hingegen stellte sich die Lichtkonkurrenz als einer der wahrscheinlich wichtigsten Faktoren heraus, der den Ausfall von Buche und Bergahorn in dichten Adlerfarnbeständen während der ersten Vegetationsperiode verursacht.

Die Studien zu den 90 Windwurfflächen in *Kapitel I* und *II* zeigen wichtige Einflussfaktoren für die Naturverjüngung auf, und dass die gegenwärtige Bewirtschaftung von Windwurfflächen in der Schweiz eine ausreichende Menge an diversem Totholz hinterlässt, was eine grosse Zahl an vielfältigen Habitaten für totholzassoziierte Arten gewährleistet. Im Gegensatz zu der Annahme, dass Adlerfarn vor allem durch das Freisetzen von phytotoxischen Stoffen die natürliche Verjüngung hemmt, stellt sich in *Kapitel III* vielmehr die Konkurrenz um das Licht als treibender Faktor heraus.