

# Ökonomische Bewertung der Tanne

Herbert Borchert und Stefan Friedrich

**Schlüsselwörter:** Sturmschaden, Sturmwurfisiko, Tanne, Fichte, Überlebenswahrscheinlichkeit, Erwartungswert

**Zusammenfassung:** Im Zuge der Klimaänderung wird die Fichte in Süddeutschland wohl erheblich an Fläche verlieren. Derzeit werden Fichtenreinbestände in großem Umfang in Mischwälder umgebaut, in denen auch die Weißtanne neben Fichte und Buche einen größeren Anteil haben soll. Vor allem in den für die Fichte noch verbleibenden Anbaugeländen stellt sich die Frage, welche Vorzüge aus wirtschaftlicher Sicht die Tanne gegenüber der Fichte hat. Der Holzpreis, die Massenleistung und die schwierigeren Verjüngungsmöglichkeiten sprechen nicht für eine wirtschaftliche Überlegenheit der Tanne. Das Sturmwurfisiko der beiden Baumarten unterscheidet sich nach Auswertung der Inventurdaten aus dem bayerischen Staatswald jedoch signifikant. Obwohl Sturmwurfereignisse in reinen Fichtenbeständen und in Mischbeständen aus Fichte und Tanne gleich häufig sind, treten in Fichten-Tannen-Mischbeständen und Tannenreinbeständen deutlich geringere Schäden auf. Fichten-Tannen-Bestände scheiden deshalb seltener vorzeitig aus als Bestände aus reiner Fichte. Dieses unterschiedliche Sturmwurfisiko wurde ökonomisch bewertet, indem aus den Inventurdaten Überlebenswahrscheinlichkeiten abgeleitet und die Erwartungswerte der Bodenertragswerte kalkuliert wurden. Es zeigte sich, dass unter Berücksichtigung des Ausfallrisikos ein gemischter Bestand aus Fichte und Tanne selbst bei einer etwas geringeren Wuchsleistung einem Fichtenreinbestand ökonomisch ebenbürtig ist. Allerdings hängt der langfristige wirtschaftliche Erfolg in weit höherem Maße von der Höhe der Kosten für die Bestandesbegründung ab.

Die Fichte gilt als der Brotbaum der Forstwirtschaft in Mitteleuropa. Sie wird dort im Zuge der Klimaänderung wohl erheblich an Fläche verlieren. Die Tanne bedeckt in Bayern nur zwei Prozent der Waldfläche. Ihr künftiges potentiell Anbaugelände wird sich häufig mit dem überschneiden, das für die Fichte überhaupt noch übrig bleibt. Es stellt sich deshalb die Frage, ob es auch aus wirtschaftlicher Sicht Vorzüge der Tanne gegenüber der Fichte gibt. Die Weißtanne wuchs in Bayern in der Vergangenheit eher etwas langsamer als die Fichte.

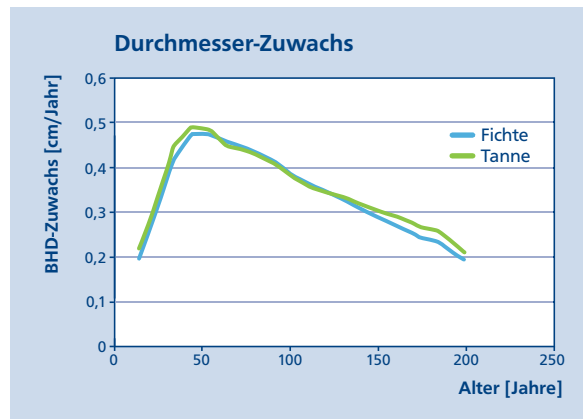


Abbildung 1: Der durchschnittliche BHD-Zuwachs von Fichte und Tanne über dem Alter auf mehr als 50.000 Stichprobenflächen der Betriebsinventuren im bayerischen Staatswald, auf denen beide Baumarten in der Oberschicht gemischt vorkamen.

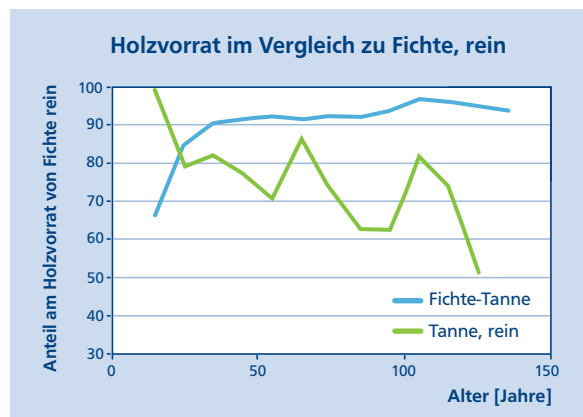


Abbildung 2: Die Höhe des Holzvorrates in Fichten-Tannen-Beständen und in reinen Tannen-Beständen im Verhältnis zu dem in reinen Fichten-Beständen im bayerischen Staatswald außerhalb der Alpen; nur Stichprobenflächen mit reiner Fichte wurden einbezogen, wenn in demselben Waldort Fichte und Tanne auch gemischt bzw. Tanne rein vorkam.

Zwar zeigen sich im Dickenwachstum der Bäume kaum Unterschiede, wie eine Auswertung von mehr als 50.000 Stichprobenflächen im bayerischen Staatswald ergab (Abbildung 1).

Auf diesen Stichprobenflächen kamen Fichte und Tanne in der Oberschicht gemeinsam vor, hatten daher beide die gleichen Standortbedingungen. Die Vorräte in reinen Fichten-Beständen sind allerdings etwas hö-

her als die in Fichten-Tannen-Mischbeständen und deutlich höher als die in reinen Tannen-Beständen (Abbildung 2).

Die Erzeugerpreise für das Stammholz der Weißtanne entsprachen seit 1990 im Mittel genau denen der Fichte (Abbildung 3). Beide Zeitreihen korrelieren fast vollständig positiv miteinander ( $r=0,95$ ).

Die Weißtanne ist in einem Baumarten-Portfolio nicht anders zu bewerten als die Fichte. Eine Mischung von Tanne und Fichte dämpft offensichtlich nicht die Marktrisiken der Forstbetriebe, wie es für andere Baumarten-Mischungen beschrieben wurde (Knoke 2008). Die Zeitreihen der Preise in Abb. 3 überraschen etwas, weil die Forstbetriebe beim Verkauf meist Preisabschläge für Tanne vereinbaren. Die niedrigeren Preise der Tanne für Stammholz normaler Qualität gegenüber Fichte werden jedoch durch geringere Anteile schlechter Qualitäten bei der Tanne kompensiert.

Die Waldverjüngung ist bei der Weißtanne infolge starker Wildverbissbelastung häufig schwieriger als bei der Fichte. Einzig die häufig genannte größere Standfestigkeit der Tanne bei Stürmen bleibt als ein wirtschaftliches Argument für den Tannenanbau. Die bisherigen Klimaprognosen deuten nicht auf eine Zunahme extremer Winterstürme hin. Unzweifelhaft wird es bei einer Klimaerwärmung jedoch mehr Gewitterstürme geben, da diese eng mit der Temperatur korreliert sind. Der Holzpreis, der Verjüngungserfolg und das Wachstum der Tanne im Vergleich zur Fichte können keine wirtschaftliche Überlegenheit der Tanne begründen. Im Folgenden wird deshalb analysiert, ob die größere Sturmfestigkeit der Tanne den wirtschaftlichen Erfolg steigern kann.

### Datengrundlage

Die Sturmwurftrisiken wurden auf der Grundlage der im bayerischen Staatswald erhobenen Inventurdaten analysiert. Bei den permanenten Betriebsinventuren im bayerischen Staatswald wird bei der Wiederholungsaufnahme vermerkt, ob Bäume, die seit der letzten Inventur ausgeschieden sind, Opfer eines Windwurfs wurden. Sturmwürfe sind im Gegensatz zu Sturmbruch auch nach Aufarbeitung anhand der angeschobenen Stöcke und Wurzelteller häufig zu erkennen. Die Tanne dürfte auf Grund ihres Wurzelsystems im Vergleich zur Fichte stabiler bei drohendem Sturmwurf als bei drohendem Bruch sein, insofern ist die Begrenzung auf

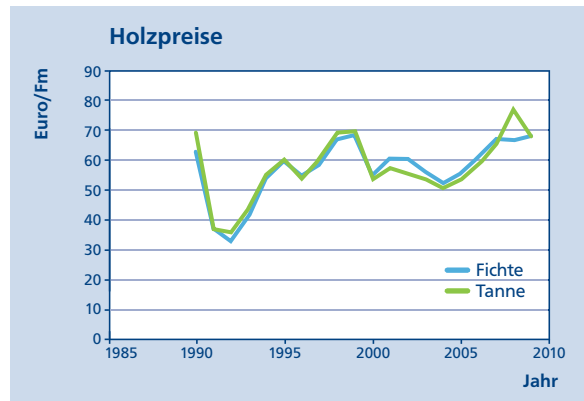


Abbildung 3: Entwicklung der Preise für Stammholz der Stärke 2b von Fichte und Tanne im Staatswald Bayerns (unentrindet, frei Waldstraße)

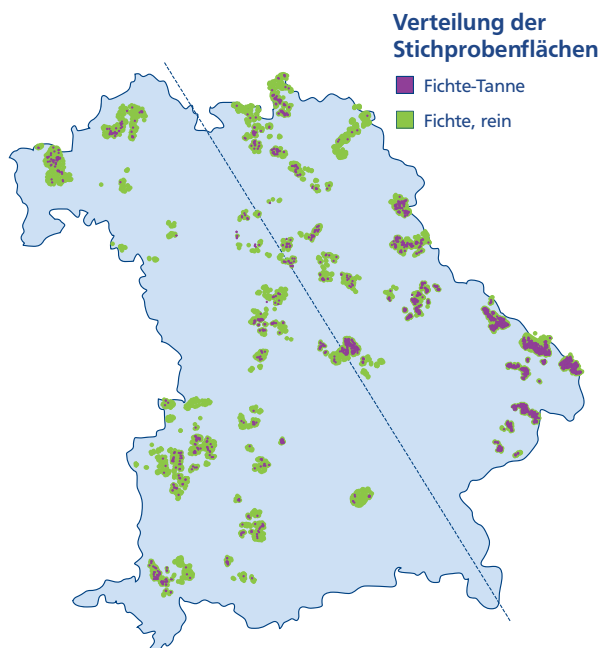


Abbildung 4: Die Verteilung der Stichprobenflächen mit reiner Fichte (Anteil  $\geq 80$  Prozent) und von Fichte und Tanne. Die Linie zeigt die Grenze zwischen den Straten West und Ost.

Wurfrisiken bei dieser Analyse zweckmäßig. Die Inventurdaten wurden im Zeitraum von 1985 bis Ende 2006 aufgenommen. Der Datensatz umfasst keine Stichprobenflächen aus dem Alpenraum. Abbildung 4 zeigt die Verteilung der Stichprobenflächen.

Im Erhebungszeitraum der Daten betrafen starke Stürme vor allem den Westen Bayerns. Ostbayern wurde kurz vorher (1984) und unmittelbar danach (2007) von Orkanen heimgesucht. Aus diesem Grund wurden die Daten entlang einer Geraden zwischen Bamberg und Landshut nach West und Ost getrennt. Für Fichten-Reinbestände gab es circa 29.000 Stichprobenflächen, für

reine Fichten-Bestände in der Nachbarschaft von Tanne circa 3.500 und für Fichten-Tannen-Bestände mit ähnlichem Alter beider Baumarten etwa 3.000 Stichprobenflächen mit im Durchschnitt 81 Prozent Anteil von Fichte und Tanne an der Grundfläche. Fichte und Tanne unterschieden sich im Alter um maximal 30 Prozent. Stichproben mit reiner Tanne gab es nur knapp 600, davon lagen fast drei Viertel im Osten Bayerns. Der Zeitraum zwischen den beiden Inventuren betrug im Mittel zehn Jahre. Als Reinbestand wurden Stichproben-

flächen von Fichte oder Tanne klassifiziert, wenn ihr Anteil 80 Prozent oder mehr betrug. Stichprobenflächen mit reiner Fichte wurden nur mit Flächen mit Fichte-Tanne oder reiner Tanne verglichen, wenn in demselben Waldort auch die Tanne vorkam. Auf diese Weise sollten mögliche Standortsunterschiede als Grund für eine unterschiedliche Standfestigkeit der Baumarten weitgehend ausgeschlossen werden.

Als Maßstab für die ökonomische Bewertung wurde der Bodenertragswert<sup>1</sup> verwendet. Der Kalkulation wurde ein Zinssatz von zwei Prozent zugrunde gelegt. Als Kulturkosten wurden 3.500 Euro pro Hektar veranschlagt. Verwaltungskosten wurden außer Acht gelassen. Bei der Berechnung der Holzerlöse wurden die von den Bayerischen Staatsforsten während der letzten fünf Jahre erzielten durchschnittlichen Holzpreise herangezogen. Für die Erntekosten wurden Leistungszahlen der maschinellen Holzernte und Stundensätze nach Pausch und Ponitz (2002) sowie nach Lüthy (1997), korrigiert von Pausch, verwendet. Das Wachstum eines Fichten-Reinbestandes wurde mit dem Programm SILVA modelliert. Dabei wurde ein nährstoffreicher Standort im Alpenvorland zugrunde gelegt. Das Wachstum eines Fichten-Tannen-Bestandes wurde modelliert, indem die Vorratswerte des Fichten-Reinbestandes entsprechend dem in Abbildung 2 dargestellten Verhältnis reduziert wurden. Die Risiken von Sturmschäden wurden berücksichtigt, indem die Erwartungswerte der Bodenertragswerte berechnet wurden. Dazu wurden die möglichen Abtriebserlöse mit den Wahrscheinlichkeiten für das Ausscheiden eines Bestandes infolge eines Sturmwurfereignisses bzw. für das Überleben des Bestandes während des folgenden Jahrzehntes gewichtet. Im Falle des Ausscheidens auf Grund von Sturmwurf wurde der erntekostenfreie Abtriebserlös um die Hälfte reduziert (Dieter 1997, S. 97). Zur Herleitung der bedingten Wahrscheinlichkeiten für das Überleben von Beständen sei auf Dieter (1997, S. 29) verwiesen.

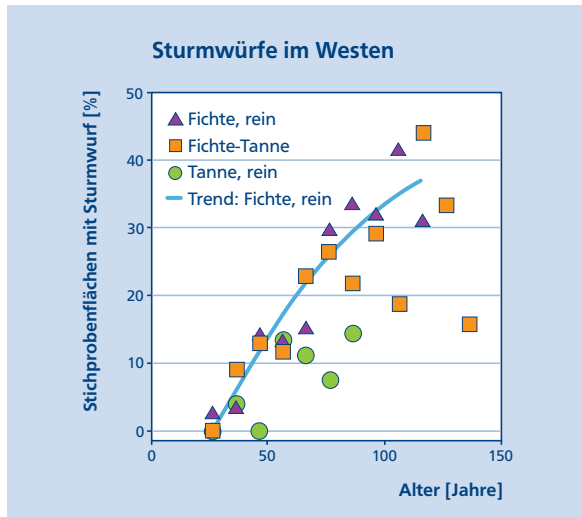


Abbildung 5: Die Häufigkeit von Sturmwürfen zwischen zwei Inventuren in reinen Fichten-Beständen, Fichten-Tannen-Beständen und Tannen-Beständen im Westen Bayerns über dem Alter am Beginn der Periode; nur Stichprobenflächen mit reiner Fichte wurden einbezogen, wenn in demselben Waldort auch Tanne vorkam.

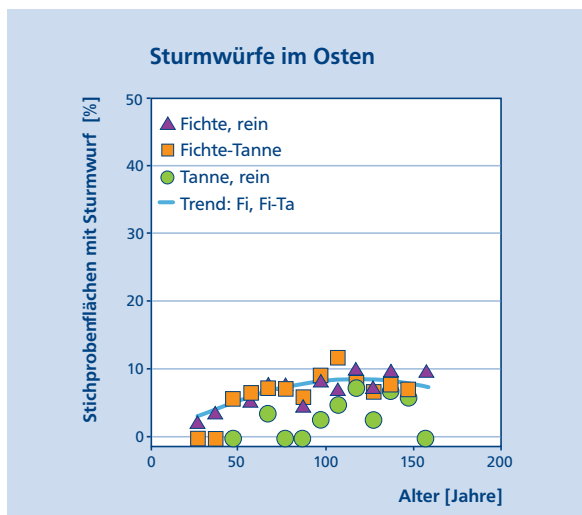


Abbildung 6: Die Häufigkeit von Sturmwürfen zwischen zwei Inventuren in reinen Fichten-Beständen, Fichten-Tannen-Beständen und Tannen-Beständen im Osten Bayerns über dem Alter am Beginn der Periode; nur Stichprobenflächen mit reiner Fichte wurden einbezogen, wenn in demselben Waldort auch Tanne vorkam

## Ergebnisse

Sturmwürfe waren im Westen und Osten Bayerns unterschiedlich häufig (Abbildungen 5 und 6).

<sup>1</sup> Der Bodenertragswert ist der Gegenwartswert aller künftigen Ein- und Auszahlungen aus dem Wald mit unendlichem Zeithorizont. Dabei wird von einem noch unbestockten Waldboden ausgegangen.

Im Westen stieg der Anteil der innerhalb eines Jahrzehnts von Sturmwurf betroffenen Stichprobenflächen mit dem Alter der Bestände auf Werte von teilweise mehr als 40 Prozent an, im Osten blieb er meist unter zehn Prozent. Der Zusammenhang der Sturmwurf-Häufigkeit mit dem Alter war im Westen insbesondere bei den Fichten-Reinbeständen sehr eng, im Osten dagegen kaum ausgeprägt. Gleichwohl besteht eine kausale Beziehung vorrangig mit der Baumhöhe (König 1995; Schmidt et al. 2006). Die Baumhöhe korreliert eng mit dem Alter. Für die ökonomischen Betrachtungen wird jedoch der Alterszusammenhang benötigt. Werden alle im Westen gelegenen Fichten-Reinbestände, von denen Wiederholungsaufnahmen vorliegen, in die Auswertung einbezogen, ist der Zusammenhang mit dem Alter noch enger (Abbildung 7). In der Altersspanne von etwa 60 bis 120 Jahren, in der meist die Endnutzungsentscheidung fällt, verlaufen beide Kurven nahezu identisch. In Fichten-Tannen-Beständen im westlichen Teil Bayerns streuten die Werte über dem Alter stärker. Dies dürfte auf dem geringen Stichprobenumfang beruhen.

Sturmwürfe waren in Fichten-Tannen-Beständen offensichtlich nicht weniger häufig als in Fichten-Reinbeständen. Die Stichprobenflächen mit reiner Tanne waren im Westen seltener von Sturmwurf betroffen. Allerdings war hier die Zahl der Stichproben zu gering, um daraus Schlüsse ziehen zu können.<sup>2</sup> Häufig wurden bei den Sturmwürfen nicht alle Bäume geworfen. Meistens war nur ein geringer Teil der Grundfläche betroffen (Abbildung 8).

Abbildung 8: Die Häufigkeit von Stichprobenflächen mit Sturmwurf verteilt über dem Schadensausmaß in reinen Fichten-Beständen und Fichten-Tannen-Beständen im Westen Bayerns; der Anteil der geworfenen Grundfläche steht für das Schadensausmaß.<sup>3</sup>

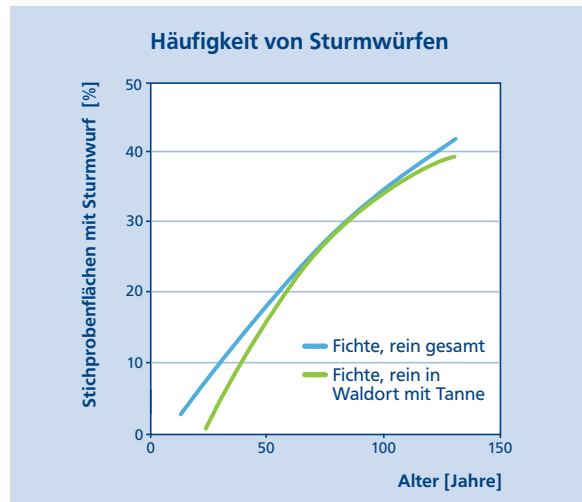
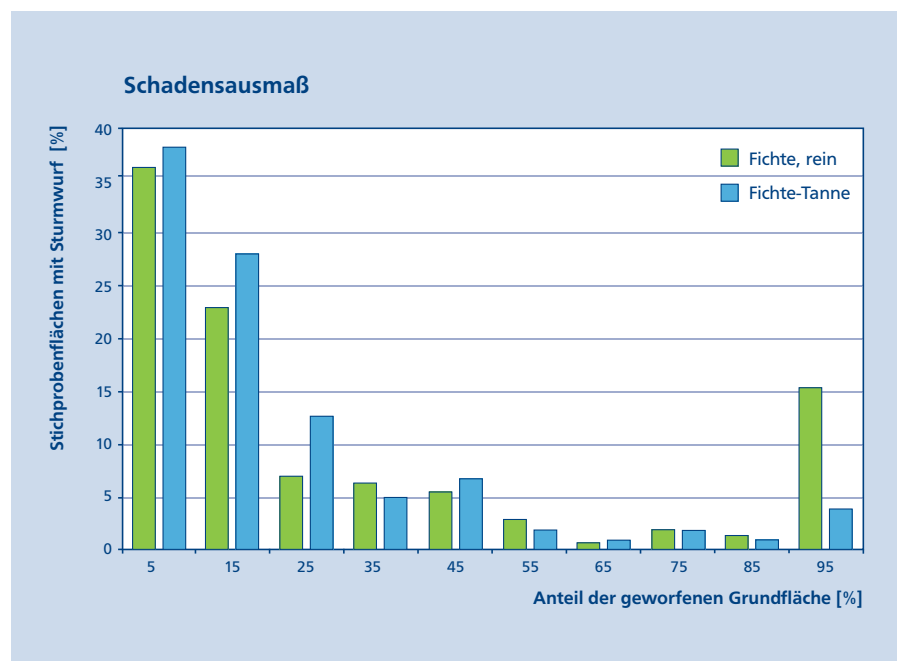


Abbildung 7: Die Häufigkeit von Sturmwürfen zwischen zwei Inventuren in reinen Fichten-Beständen im Westen Bayerns über dem Alter am Beginn der Periode; eine Trendlinie bezieht sich auf alle Stichprobenflächen mit reiner Fichte (N=14.942, R<sup>2</sup>=0,98), die andere nur auf Flächen, bei denen in demselben Waldort auch Tanne vorkam (N=762, R<sup>2</sup>=0,89).

Dabei unterscheiden sich reine Fichten- und Fichten-Tannen-Bestände deutlich. Reine Fichten-Beständen wurden viel häufiger vollständig geworfen. Die Grundfläche der geworfenen Bäume in den vom Sturmwurf betroffenen Stichprobenflächen mit Fichte-Tanne war im Westen mit 23 Prozent hochsignifikant<sup>4</sup> niedriger als in denen mit reiner Fichte (35 Prozent). Innerhalb der Fichten-Tannen-Bestände war in etwa der Hälfte der Fälle (52 Prozent) nur die Fichte vom Sturmwurf betroffen. In wenigen Fällen (elf Prozent) war allein die Tanne be-

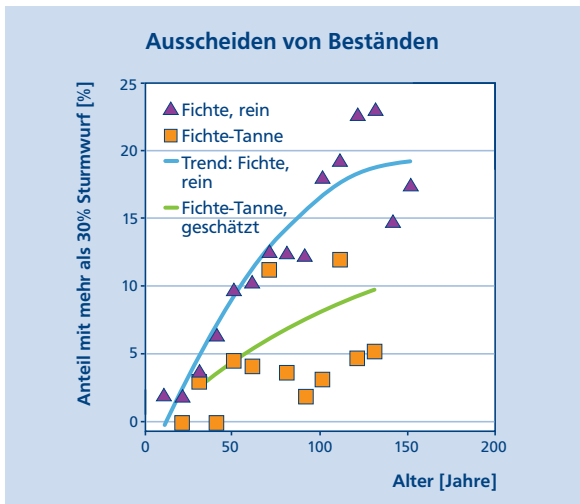


Abbildung 9: Die Häufigkeit von Sturmwürfen mit mehr als 30 Prozent betroffener Grundfläche zwischen zwei Inventuren in reinen Fichten-Beständen und Fichten-Tannen-Beständen im Westen Bayerns über dem Alter am Beginn der Periode

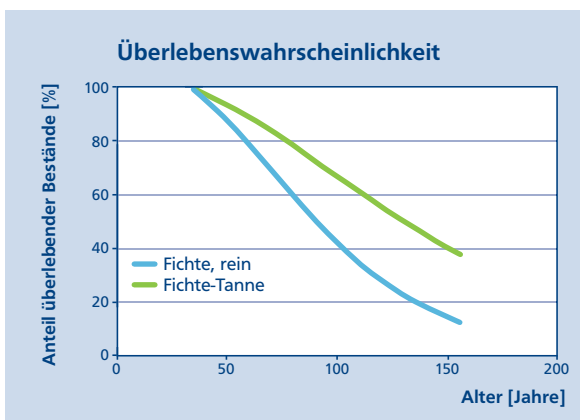


Abbildung 10: Die geschätzte Überlebenswahrscheinlichkeit über dem Alter für reine Fichten-Bestände und Fichten-Tannen-Bestände im Westen Bayerns unter Sturmwurfrisiken

troffen. Im Osten Bayerns wurde in den gemischten Beständen sogar in 59 Prozent der Fälle allein die Fichte geworfen. Ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Umfang der vom Sturmwurf betroffenen Grundfläche und dem Baumartenanteil in den gemischten Beständen war nicht zu erkennen. In den Tannen-Reinbeständen im Westen Bayerns unterschied sich der vom Sturmwurf betroffene Anteil an der Grundfläche nicht signifikant von dem in den gemischten Beständen. Nehmen wir an, dass nur Bestände mit einem Schadensausmaß von mehr als 30 Prozent der Grundfläche einen Sturmwurf nicht überleben werden, ergibt sich die in Abbildung 9 dargestellte Häufigkeit für das Ausschneiden der Bestände.

Die Häufigkeiten bei den Fichten-Tannen-Beständen streuen erheblich. Dies ist auf die geringe Zahl der Fälle mit größerem Schadensausmaß zurückzuführen.<sup>5</sup> Aus diesem Grund wurde die Ausgleichskurve für die Fichten-Tannen-Bestände nicht aus der Punktelwolke in Abbildung 9 geschätzt. Stattdessen wurde von der Häufigkeit von Sturmwürfen in den reinen Fichtenbeständen ausgegangen (siehe Abbildungen 5 und 7), weil sich Fichten-Tannen-Bestände darin offensichtlich nicht von reinen Fichten-Beständen unterschieden. Diese Häufigkeit wurde mit der durchschnittlichen Häufigkeit von Fällen mit mehr als 30 Prozent betroffener Grundfläche in Fichten-Tannenbeständen (23 Prozent der Fälle) multipliziert. Aus den Kurven in Abbildung 9, die das Ausschneiden der Bestände infolge eines Sturmwurfs beschreiben, lassen sich die in Abbildung 10 dargestellten Kurven von Überlebenswahrscheinlichkeiten errechnen.

Diese sind so zu interpretieren, dass ein heute begründeter Bestand, der Sturmwurfrisiken unterliegt, wie sie in den vergangenen zwei Jahrzehnten im Westen Bayerns bestanden, mit einer Wahrscheinlichkeit von 65 Prozent nach 75 Jahren noch existiert und das folgende Jahrzehnt überleben wird. Ein Fichten-Tannen-Bestand wird mit einer Wahrscheinlichkeit von 82 Prozent nach 75 Jahren noch bestehen und das folgende Jahrzehnt überleben. Dabei wurde unterstellt, dass Sturmwürfe erst ab einem Alter von 40 Jahren beginnen, auch wenn nach den Inventurdaten in Einzelfällen auch in jüngerem Alter Fälle von Sturmwurf vorkamen. Dabei kann es sich auch um Nachhiebsreste gehandelt haben. Gleichung für die Wahrscheinlichkeit P des Ausschneidens eines Bestandes über dem Alter (Abbildung 9):

$$P(\text{Fichte, rein}) = -0,00001 \times \text{Alter}^2 + 0,0031 \times \text{Alter} - 0,0483$$

$$P(\text{Fichte-Tanne}) = -0,000003 \times \text{Alter}^2 + 0,0012 \times \text{Alter} - 0,0113$$

<sup>2</sup> Auf 12 von 158 Stichprobenflächen mit reiner Tanne kamen im Westen Bayerns Sturmwurfschäden vor.

<sup>3</sup> Nur Stichprobenflächen mit reiner Fichte wurden einbezogen, wenn in demselben Waldort auch Tanne vorkam. Die Grundfläche bezieht sich auf den Beginn der Periode.

<sup>4</sup> Irrtumswahrscheinlichkeit bei zweiseitigem t-Test < 1 Prozent

<sup>5</sup> In 22 von 95 Flächen mit Sturmwurf war mehr als 30 Prozent der Grundfläche betroffen. Im Westen Bayerns gab es insgesamt 447 Stichprobenflächen mit Fichte-Tanne.

Ohne Berücksichtigung von Sturmwurftrisiken errechnen sich die in Abbildung 11 dargestellten Bodenertragswerte.

Die höheren Ertragswerte in den reinen Fichten-Beständen beruhen allein auf ihrer höheren Wuchsleistung. Der beste Zeitpunkt für die Endnutzung der Bestände wäre ein Alter von 75 Jahren, weil dann die höchsten Bodenertragswerte erzielt werden könnten. Werden die Sturmwurftrisiken berücksichtigt, ergeben sich die in Abbildung 12 dargestellten Kurven für die Erwartungswerte.

Die zu erwartenden Ergebnisse sind niedriger als die ohne Berücksichtigung einer Sturmwurfgefährdung. Hier ist der Kurvenverlauf für die reinen Fichten-Bestände und die Fichten-Tannen-Bestände bis zur Kulmination im Alter von 75 Jahren nahezu identisch. In höheren Altern sind die gemischten Bestände den reinen Fichten-Beständen sogar überlegen. Zusammenfassend ist festzustellen, dass gemischte Bestände aus Fichte und Tanne auf Grund ihrer größeren Stabilität bei Stürmen ihre etwas geringere Wuchsleistung im Vergleich zu reinen Fichten-Beständen kompensieren können. Der wirtschaftliche Erfolg beider Bestandesformen unterscheidet sich unter Berücksichtigung der Sturmwurftrisiken kaum.

Wie Abbildung 13 zeigt, spielen andere Bedingungen eine weit größere Rolle: Lässt sich ein Bestand über Naturverjüngung begründen, kann der Erfolg um ein beträchtliches Maß gesteigert werden. Ist die Begründung nur im Wege der Pflanzung möglich und bedarf die Kultur auch noch eines Zaunschutzes, ist das wirtschaftliche Ergebnis fast null.

### Diskussion

Die permanenten Waldinventuren im bayerischen Staatswald stellen eine umfangreiche Datenquelle für die Analyse von Sturmwurftrisiken dar. Die Sturmwurf-schäden lassen sich bei dieser Analyse nicht bestimmten Stürmen und damit bekannten Sturmstärken zuordnen, wie es Schmidt et al. (2006) im Fall des Orkans Lothar im Jahr 1999 möglich war. Sie beziehen sich auf das Sturmgeschehen, das in einem längeren Zeitraum in einem Gebiet auftritt. Die großen regionalen Unterschiede in der Häufigkeit der Sturmwürfe zeigen, dass selbst ein Zeitraum von etwa zwei Jahrzehnten, aus dem die Daten stammen, knapp bemessen ist, um die Sturmwurftrisiken abzubilden, denen die Waldbestände

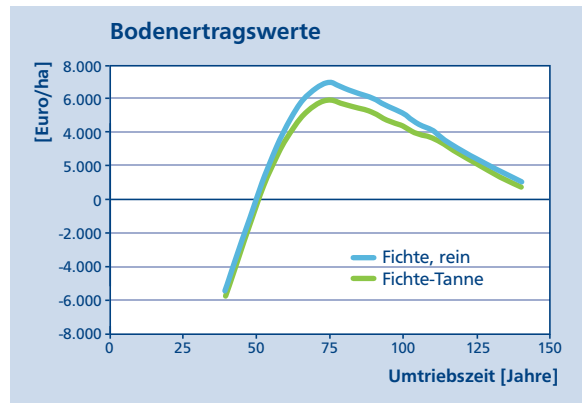


Abbildung 11: Die möglichen Bodenertragswerte in reinen Fichtenbeständen und Fichten-Tannen-Beständen auf einem wuchskräftigen Standort im Alpenvorland ohne Berücksichtigung von Risiken über der Umtriebszeit in Jahren

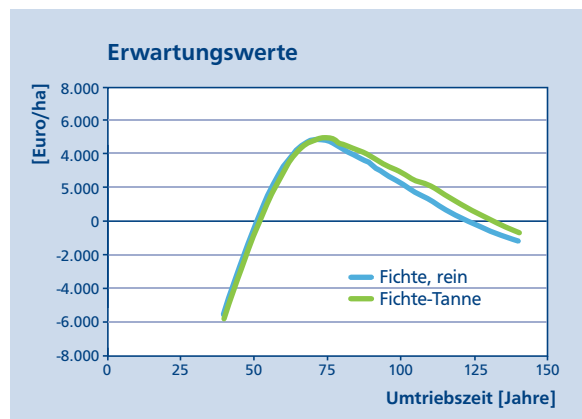


Abbildung 12: Die Erwartungswerte der Bodenertragswerte in reinen Fichtenbeständen und Fichten-Tannen-Beständen unter Sturmwurftrisiken über der Umtriebszeit in Jahren

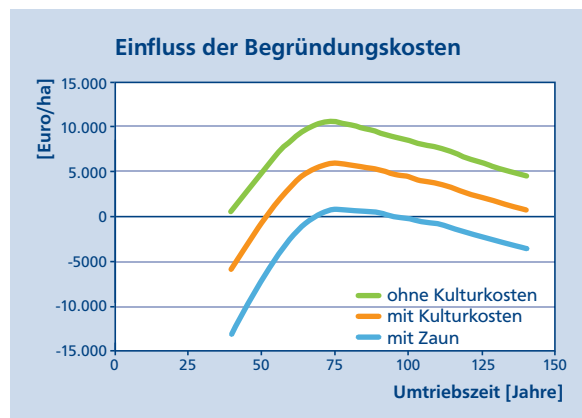


Abbildung 13: Die möglichen Bodenertragswerte in Fichten-Tannen-Beständen über der Umtriebszeit in Jahren ohne Berücksichtigung von Sturmwurftrisiken mit und ohne Ansatz von Kulturkosten sowie mit Ansatz von Kulturkosten und Zaunschutz, wobei Zaunkosten in Höhe von 4.000 Euro pro Hektar kalkuliert wurden.

langfristig unterliegen. Hätte der Datensatz Inventuren umfasst, die nach dem Orkan Kyrill zu Beginn des Jahres 2007 im Osten Bayerns durchgeführt wurden, wären vermutlich weniger starke regionale Unterschiede festgestellt worden. Auf Grund der unterschiedlichen geologischen Voraussetzungen dürften im Osten Bayerns skelettreiche und gut durchlüftete Waldböden häufiger sein. Deshalb ist eine größere Überlebenswahrscheinlichkeit der Bestände bei gleichen Windgeschwindigkeiten durchaus plausibel.

Der Zusammenhang zwischen Baumart und der Wahrscheinlichkeit eines Sturmwurfs wurde bei den bisherigen Arbeiten unterschiedlich bewertet. König (1995) stellte zwar einen signifikanten Einfluss der Bestandform fest. Die Baumhöhe, der Standort und der Zeitraum seit der letzten Durchforstung hatten jedoch einen weit aus stärkeren Einfluss (König 1995). Schmidt et al. (2006) ermittelten ein geringeres Risikoniveau der Tanne im Vergleich zur Fichte. Nach den Analysen von Albrecht (2009) erklärt die Baumart neben der Baumhöhe den größten Teil des Sturmschadensrisikos. Auch bei ihm erwies sich die Tanne als weit weniger gefährdet im Vergleich zur Fichte. Er bestätigte außerdem einen deutlichen Einfluss der vorausgegangenen waldbaulichen Behandlung. Selbst wenn der Einfluss der Baumart nicht erheblich sein sollte, kann dies doch, wie hier gezeigt, der ausschlaggebende Beitrag sein, der die Tanne der Fichte wirtschaftlich ebenbürtig macht.

Eine mögliche Verzerrung der Ergebnisse auf Grund unterschiedlicher Standorte sollte dadurch vermieden werden, dass Stichproben mit reiner Fichte nur berücksichtigt wurden, wenn in demselben Waldort auch die Tanne wuchs. Dennoch gibt es natürlich auch innerhalb des Waldortes Standortunterschiede und eine Verzerrung kann nicht vollständig ausgeschlossen werden. Das geringere Ausmaß der Sturmwurfschäden in Fichten-Tannen-Beständen beruht wohl vor allem auf der geringeren Betroffenheit der Tanne. Es wäre auch denkbar, dass auf Grund der Verflechtungen der Wurzelsysteme die Tannen in den gemischten Beständen die Fichten stärker im Boden verankern könnten. Das muss zwar weiterhin nicht ausgeschlossen werden. Das häufige selektive Ausscheiden der Fichte deutet jedoch darauf hin, dass dieser Effekt, wenn er bestehen sollte, eher gering ist. Weil der kausale Zusammenhang zum Sturmrisiko weniger auf dem Bestandesalter, sondern auf der Baumhöhe beruht, wird die Überlebenswahrscheinlichkeit je nach der Wuchsleistung in einem bestimmten Alter eher größer oder kleiner sein als hier dargestellt.

Beinhofer (2010) stellte ebenfalls Kurven für die Überlebenswahrscheinlichkeit von Baumarten dar, die er aus unterschiedlichen Quellen abgeleitet hatte. Die von ihm für die Fichte gezeigte Kurve entspricht fast exakt der Kurve, die in Abbildung 10 die Überlebenswahrscheinlichkeit der Fichten-Tannen-Bestände beschreibt. Dabei berücksichtigt er nicht nur Sturmwurfrisiken, sondern auch andere Gefährdungen, denen die Fichte unterliegt. Die von ihm für die Fichte beschriebenen Überlebenswahrscheinlichkeiten sind also viel höher als die hier für die reinen Fichten-Bestände im Westen Bayerns geschätzten Wahrscheinlichkeiten. In Anbetracht der erheblichen regionalen Unterschiede, die bei einer Betrachtung von nur zwei Jahrzehnten bestehen können, sowie der Unterschiede zwischen gemischten und reinen Fichten-Beständen erscheinen die Unterschiede in den Kurven nicht widersprüchlich. Für die längerfristig bestehenden Sturmwurfrisiken in Süddeutschland dürfte die hier beschriebene Überlebenswahrscheinlichkeit der Fichte zutreffender sein.

Bei den vorstehenden Betrachtungen wird der schlagweise Hochwald als Bewirtschaftungsmodell zugrunde gelegt. Die Weißtanne vermag sich allerdings eher in Systemen mit langfristigen Verjüngungsverfahren oder in Plenterwäldern gegenüber anderen Baumarten zu behaupten. Für solche Bewirtschaftungssysteme gibt es andere ökonomische Bewertungskriterien als den Bodenertragswert (Knoke 1998; Borchert 2002). Soll das Risiko von Sturmwürfen dabei berücksichtigt werden, müsste es dort auf der Ebene der Einzelbäume zunächst in das Wachstumsmodell einbezogen werden. Ansätze dazu zeigte Müller (2002) auf. Auch das Erklärungsmodell von Schmidt et al. (2006) und eines von Albrecht (2009) beziehen sich auf Einzelbäume.

Das waldbauliche Ziel für die Standorte, die im Zuge der Klimaveränderung für die Fichte verbleiben, werden weder reine Fichten-Bestände noch Fichten-Tannen-Bestände, sondern eher Bestände aus Fichte, Tanne und Buche sein. In dieser Kombination mit Buche ergeben sich dann auch Vorteile auf Grund der unterschiedlichen Marktrisiken, denen die Baumarten ausgesetzt sind (Knoke 2008).

### Literatur

Albrecht, A. (2009): *Sturmschadensanalysen langfristiger waldwachstumskundlicher Versuchslächendaten in Baden-Württemberg*. Freiburger Forstliche Forschung Band 42, 174 S.

Beinhofer, B. (2010): *Zur Anwendung der Portfoliotheorie in der Forstwissenschaft – Finanzielle Optimierungsansätze zur Bewertung von Diversifikationseffekten*. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 208

Borchert, H. (2000): *Die Bestimmung der für Forstbetriebe ökonomisch optimalen Holznutzungsmengen – Ein kontrolltheoretischer Ansatz*. Dissertation Universität München, 176 S.

Dieter, M. (1997): *Berücksichtigung von Risiko bei forstbetrieblichen Entscheidungen*. Schriften zur Forstökonomie Band 16. Frankfurt a. M., J. D. Sauerländer's Verlag

Knoke, T. (1998): *Analyse und Optimierung der Holzproduktion in einem Plenterwald – zur Forstbetriebsplanung in ungleichhaltigen Wäldern*. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 170

Knoke, T. (2008): *Zur Rolle der Douglasie in einem finanziell optimierten Baumarten-Portfolio*. LWF Wissen 59, S. 83–87

König, A. (1995): *Sturmgefährdung von Beständen im Altersklassenwald – Ein Erklärungs- und Prognosemodell*. Frankfurt a. M., J. D. Sauerländer's Verlag, 194 S.

Lüthy, C. (1997): *Holzrücken mit Forwarder - Grundlagen zur Leistungsschätzung*. Wald und Holz 4, S. 33–35, zitiert und korrigiert nach bzw. von Pausch, R.

Müller, F. (2002): *Modellierung von Sturm-, Schnee- und Rotfäulerisiko in Fichtenbeständen auf Einzelbaumebene*. Dissertation TU München, 180 S.

Pausch, R.; Ponitz, K. (2002): *Leistung von Harvestern bei unterschiedlichen Hiebsbedingungen auf der Basis langfristiger Beobachtung*. Forst und Technik 4

Schmidt, M.; Bayer, J.; Kändler, G. (2006): *Sturm „Lothar“ - Ansatz einer inventurbasierten Risikoanalyse*. Vortrag auf der Jahrestagung der Sektion Ertragskunde des DVFFA

**Key words:** Storm damages, risk, spruce, fir, land expectation value, probability of survival

---

**Summary:** Because of climate change the area covered from spruce (*Picea abies*) will decrease considerable in Southern Germany. Currently forest owners convert pure spruce stands into mixed stands composed of spruce, beech (*Fagus sylvatica*) and fir (*Abies alba*). Particularly in the regions which remain suitable for spruce the question pose, if there are economic advantages of fir over spruce. The timber prices, timber growth and difficult regeneration conditions don't argue for an economic superiority of fir. The risk of storm damages differs between both tree species significantly as an analysis of forest inventory data from the Bavarian state forest show. Although the risk of being affected by a windstorm seems to be not lower in mixed stands of fir and spruce, pure stands of spruce suffer more damages. From forest inventory data the probability of survival of the stands and the land expectation value were calculated. The land expectation value was weighted with the probabilities of survival or loss caused by storm damages and the corresponding differences in the stumpage values. Considering the risk, mixed stands of spruce and fir can yield the same profit, even if the timber growth of mixed stands is somewhat lesser. But in the long term the profitability depends much more on the amount of regeneration costs.

---