

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 120 (1969)

Heft: 3-4

Artikel: Über den Einfluss von Stammform und Standort auf die Sturmfestigkeit der Fichte

Autor: Prpi, B.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767724>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Über den Einfluß von Stammform und Standort auf die Sturmfestigkeit der Fichte

Von *B. Prpić*, Zagreb

(Aus dem Institut für Waldbau der ETH, Zürich)

Oxf. 181.23:421.1

1. Einleitung und Problemstellung

Die heftigen Stürme, welche am 21., 23. und 28. Februar sowie am 13. März 1967 das Alpengebiet heimgesucht haben, verursachten auch im Revier Albisriederberg des Lehrwaldes der ETH erhebliche Schäden. Die gesamte Masse des Sturmholzanfalles betrug rund 2800 Vorratsfestmeter. Von den Baumarten erlitt eindeutig die Fichte den Hauptschaden, entfallen doch 90% der Windfallmenge auf diese Holzart. Betroffen wurden vorwiegend Fichtenreinbestände auf ungeeigneten Standorten sowie nicht richtig gepflegte Bestände.

Im Bericht über die Sturmschäden im Lehrrevier schrieb Leibundgut: «Die Hauptschäden konzentrieren sich auf ganz bestimmte Standorte: Areale des natürlichen Stieleichen-Hagebuchen-Waldes und des Ahorn-Eschen-Waldes. Die Sturmschäden erstrecken sich zur Hauptsache auf jene Bestände, welche bereits in der Bestandesbeschreibung des Wirtschaftsplanes als labil oder kritisch bezeichnet sind. In den rechtzeitig und intensiv gepflegten Beständen traten höchstens Streuschäden auf. Die konzentrierten Windwürfe erfaßten vor allem Bestände, welche bereits bei der Schaffung des Lehrrevieres als zu spät durchforstet und als wenig entwicklungsfähig bezeichnet wurden.»

Eine sorgfältige Kartierung der Sturmschäden ließ dann auch im Vergleich mit der Vegetations- und Bodenkarte die für den Fichtenanbau ungeeigneten Standorte erkennen. Die Hauptschäden fielen mit dem Areal des natürlichen Stieleichen-Hagebuchen- und Ahorn-Eschen-Waldes zusammen. Die umgelegten Stämme auf diesen, durch physiologisch flachgründige, vergleyte Böden charakterisierten Standorten wiesen tellerförmige Wurzelstöcke mit sehr kurzen Senkwurzeln auf. Eine solch ausgesprochen flache Ausbildung des für die Fichte auch bei ungehemmter Entwicklung charakteristischen Senkerwurzelsystems zeigt, daß die Wachstumsbedingungen in größeren Tiefen, im vorliegenden Fall von mehr als 60 cm, für das Wurzelwerk ungünstig sind. Charakteristische Eigenschaften solcher Böden sind dichte Lagerung, Vernässung und ungünstiger, durch Sauerstoffmangel und Kohlendensäureanreicherung gekennzeichneter Lufthaushalt. Aus der extrem

flachen Bewurzelung der Fichte in diesen Böden ergibt sich eine schwache Verankerung der Stämme und damit eine erhöhte Sturmgefährdung. Auf solchen Standorten können auch durch rechtzeitig einsetzende und fachgerechte Pflege keine stabilen Fichtenbestände erzogen werden; die Fichte bleibt, besonders in Reinbeständen, stark sturmgefährdet.

Das Ziel dieser Untersuchung bestand einmal darin, die Unterschiede in der Stammform zwischen den während der Stürme geworfenen und den stehengebliebenen Fichtenstämmen in verschiedenen Beständen des gleichen Standortes (frischer Buchenmischwald) festzustellen. Dann galt es, die Stammformen der geworfenen Stämme auf ungünstigen (Stieleichen-Hagebuchen-Wald, Ahorn-Eschen-Wald) und auf benachbarten, geeigneten Fichtenstandorten miteinander zu vergleichen. Als für den Fichtenanbau günstigen Standort wurde einer gewählt, auf dem von Natur aus frischer Buchenmischwald gedeihen würde. Auf diesem, durch tiefgründigere, besser durchlüftete Böden charakterisierten Standort ist es möglich, durch Pflegemaßnahmen weitgehend sturmfeste Fichtenbestände zu erzielen.

2. Arbeitsmethode und statistische Auswertung der Ergebnisse

Die windgeschädigten Bestände, in denen die Untersuchungen durchgeführt wurden, befinden sich im Revier Albisriederberg des Lehrwaldes der ETH. Sie stocken vorwiegend auf ebenem Gelände oder an leicht geneigten O-, NO- und N-exponierten Hängen zwischen 600 und 800 m ü. M. auf Standorten des Stieleichen-Hagebuchen-Waldes, des Ahorn-Eschen-Waldes und des frischen Buchenmischwaldes. Die Böden sind schwach bis stark vergleyte Braunerden (frischer Buchenmischwald) und mehr oder weniger grundwassernahe, lehmige Braunerden (Stieleichen-Hagebuchen-Wald, Ahorn-Eschen-Wald).

Die 225 im Untersuchungsgebiet beschädigten Stämme — davon 202 Fichten — wurden getrennt nach Abteilung, Waldgesellschaft und Baumart den folgenden drei Schadenkategorien zugeteilt:

- geworfene Stämme,
- gebrochene Stämme,
- gestoßene Stämme.

An den dem Aussehen nach gesunden Stämmen wurden folgende Größen gemessen:

- Brusthöhendurchmesser $d_{1,3}$ in cm,
- Durchmesser in der Hälfte der Totalhöhe $d_{0,5 h}$ in cm,
- Durchmesser 20 cm über der Bodenoberfläche $d_{0,2}$ in cm,
- Totalhöhe h in m,
- Höhe des Kronenansatzes in m,
- mittlerer Durchmesser und Tiefe des Wurzelstockes in cm,
- Richtung des Windwurfs.

Von allen in 13 Abteilungen (Abt. 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 33) betroffenen Fichtenbeständen wurden zwei besonders stark geschädigt. In diesen, im Areal des frischen Buchenmischwaldes stockenden Beständen wurden zum Vergleich der geworfenen mit den stehengebliebenen Stämmen noch zusätzliche Untersuchungen durchgeführt. Mit Hilfe von Zufallszahlen (Random numbers) wurden in unmittelbarer Nähe der geworfenen Stämme (total 46) noch stehende, unversehrte Stämme (total 50) ausgewählt und gleich wie die am Boden liegenden vermessen, mit der Einschränkung, daß Durchmesser und Tiefe des Wurzelstockes nicht ermittelt werden konnten. Baumhöhe und Kronenansatz wurden mit dem Höhenmesser Haga, der Mittelhöhendurchmesser mit dem Spiegelrelaskop von Bitterlich gemessen.

In der waldbaulichen Planung des Lehrrevieres der ETH für den Zeitraum 1962 bis 1968 lautet die Beschreibung für diese zwei eingehender untersuchten Bestände:

Abteilung 7, Bestand c

Fläche: Etwa 400 a, davon Schadenfläche etwa 150 a.

Lage: Ebenes bis schwach nach NO geneigtes Gelände; 620–630 m ü. M.

Boden: Auf der Moräne skelettreiche, tiefgründige und gut drainierte Braunerde.

Bestand: H (0,8) 95 Fi, 5 Ta, Bu, As 80j. 37 m

(0,9) —

(0,5) 30 Ta, 60 Bu, 10 BAh 1–5 m

Normal geschlossenes Fichtenbaumholz mit einzelnen kleinen Lücken. Die Kronenausformung ist befriedigend, die Stammformen sind gut. Unterschicht nur gruppenweise vorhanden. In den letzten sechs Jahren wurden keine Durchforstungen durchgeführt.

Abteilung 15, Bestand a I

Fläche: Etwa 48 a, davon Schadenfläche etwa 20 a.

Lage: Mäßig steiler, nach NO geneigter muldenförmiger Hang, der von zahlreichen Rinnsalen entwässert wird; 745–800 m ü. M.

Boden: Tonreiche, feuchte, lokal zur Vernässung neigende Braunerden.

Bestand: F (0,8) 100 Fi (Bu) etwa 90j.

Bu

Kurzkroniges, normal- bis lockergeschlossenes Fi-Baumholz. Der Buchenunterstand ist nicht als Verjüngung brauchbar. Der Bestand wurde in den letzten Jahren nicht durchforstet.

Für die statistische Auswertung wurden die geworfenen und stehengebliebenen Stämme als zwei Kollektive aufgefaßt und für jedes, getrennt

nach Waldgesellschaft und Bestand, mit einem Rechenautomaten CDC 1604A folgende Größen berechnet:

- unechter Formquotient $k = d_{0,5 h} / d_{1,3}$
- Wurzelanlaufquotient $q_{wa} = d_{1,3} / d_{0,2}$
- Schlankheitsgrad = $h / d_{1,3}$
- Kronenanteil = $\text{Kronenlänge} / h \times 100$
- Wurzeltiefequotient $q_{wt} = \text{Wurzelstockdurchmesser} / \text{Wurzelstocktiefe}$

Als wichtigste Kennzeichen zur Differenzierung der erwähnten Kollektive faßten wir den Form- und den Wurzelanlaufquotienten sowie den Schlankheitsgrad auf.

3. Ergebnisse

3.1 Baumartenanteile und Gesundheitszustand

90% aller in den Schadenflächen gemessenen Bäume waren Fichten. Von den andern Baumarten wurden noch Tanne und Buche geschädigt, während Esche, Bergahorn, Eiche, Birke, Aspe und Föhre nicht oder nur indirekt durch fallende Fichten geschädigt wurden.

Von den geworfenen Fichten waren 61,5% dem Aussehen nach gesund, von den gebrochenen Stämmen dagegen nur 46%. Die Bruchstelle lag bei den gesunden Bäumen in sehr unterschiedlicher Höhe zwischen 2 und 21 m, vorwiegend jedoch in einer Höhe von 16 m.

3.2 Angaben über die Fallrichtung

Die Schadenstürme vom 21., 23. und 28. Februar warfen die Stämme in Richtung WSW, der Sturm vom 13. März dagegen vorwiegend nach SW. Der Unterschied zwischen den beiden Wurfrichtungen betrug 21°. In einem Teil der Abteilung 7 lag das Holz nach dem letzten Sturm aber in SO-Richtung, das heißt in einer gegenüber den andern Flächen um etwa 90° verschobenen Richtung. Diese Erscheinung läßt sich durch einen außerordentlichen Windrichtungswechsel, wie er während solch heftigen, böigen Stürmen oft vorkommt, erklären.

3.3 Formunterschiede zwischen den geworfenen und stehengebliebenen Fichtenstämmen verschiedener Bestände des gleichen Standortes

Die Mittelwerte und Varianzen des Form- und des Wurzelanlaufquotienten, des Schlankheitsgrades und des Kronenanteils der stehenden und liegenden Stämme in den Abteilungen 7 (Bestand c) und 15 (Bestand a I) wurden in Tabelle I zusammengestellt.

In beiden Beständen hatten die geworfenen Stämme einen größeren Formquotienten k , Wurzelanlaufquotienten q_{wa} und Schlankheitsgrad als die stehenden, unversehrten Stämme. Für den Bestand a I (Abteilung 15) sind die Unterschiede zwischen den erwähnten Größen der liegenden und stehenden Stämme signifikant. Der berechnete t-Wert des Form- und des

Tabelle 1

Charakteristiken der stehenden und geworfenen Stämme verschiedener Bestände
des gleichen Standortes

Merkmal	Abt. und Bestand	stehende Stämme			geworfene Stämme		
		N	\bar{x}	s^2	N	\bar{x}	s^2
Formquotient k	7 c	24	0,627	0,002	20	0,640	0,002
	15 a 1	26	0,613	0,002	29	0,673	0,002
Wurzelanlauf- quotient q_{wa}	7 c	24	0,639	0,006	20	0,665	0,010
	15 a 1	26	0,591	0,007	29	0,651	0,006
Schlankheitsgrad	7 c	24	80,394	169,067	20	86,451	204,874
	15 a 1	26	74,344	120,497	29	83,636	117,774
Kronenanteil	7 c	24	37,613	104,242	20	37,136	22,117
	15 a 1	26	35,846	93,029	29	43,861	58,422

N = Anzahl vermessene Stämme, \bar{x} = arithmetisches Mittel,
 s^2 = Schätzungswert der Varianz.

Wurzelanlaufquotienten schwankt zwischen dem t-Betrag $2P = 0,01$ und $2P = 0,005$ nach den Tabellen der Student-Verteilung. Der Unterschied im Schlankheitsgrad ist zwischen dem t-Betrag $2P = 0,005$ und $2P = 0,001$ statistisch noch stärker gesichert. Dagegen läßt sich anhand der vorliegenden Stichproben zwischen dem Form- und dem Wurzelanlaufquotienten sowie dem Schlankheitsgrad im Bestand c (Abteilung 7) mit $2P = 0,05$ ein Unterschied statistisch nicht sichern.

Im Bestand a 1 (Abteilung 15) betrug der Kronenanteil der stehenden Stämme 35,8% und war damit kleiner als derjenige der geworfenen Stämme, wo er 43,9% ausmachte. Der Unterschied ist mit dem t-Test stark signifikant. Der Kronenanteil für geworfene und stehende Stämme im Bestand c (Abteilung 7) dagegen war beinahe gleich (vgl. Tabelle 1). Der Unterschied erwies sich mit dem F-Test dennoch signifikant, was auf eine bedeutende Variabilität dieser Größe innerhalb des Kollektivs hinweist.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß der Fichtenbestand a 1 in der Abteilung 15 vorwiegend während des Sturmes vom 23. Februar geschädigt wurde; 46 der insgesamt 56 Stämme fielen bei diesem Sturm. Obwohl der orkanartige Sturm vom 13. März fast sechs Stunden mit einer Windgeschwindigkeit von mehr als 150 km/h wütete, verursachte er am verbliebenen Bestand nur noch geringe Schäden. Dagegen erlitt der Fichtenbestand c in der Abteilung 7 fast den ganzen Schaden während dieses letzten Sturmes. Man kann dies mit der Sturmfestigkeit der im Bestand a 1, Abteilung 15, nach den ersten Stürmen stehengebliebenen Stämmen erklären. Dank dem tiefliegenden Schwerpunkt – worauf die geringe Größe des Form- und des Wurzelanlaufquotienten sowie der kleine Schlankheitsgrad hinweisen – blieben nahezu alle Stämme trotz der Heftigkeit des letzten Sturmes in diesem bereits aufgerissenen Bestand unbeschädigt.

3.4 Formunterschiede der geworfenen Fichtenstämme verschiedener Waldgesellschaften

Die Eindringtiefe der Senkwurzeln in den Boden ist ein Merkmal, welches die Fichte verschiedener Waldgesellschaften deutlich kennzeichnet. Da wir es bei unseren Untersuchungen mit ungleichaltrigen Fichtenbeständen und dadurch mit unterschiedlichen Stamm- und Wurzelsystemdimensionen auf demselben Standort zu tun hatten, war ein direkter Vergleich der absoluten Werte nicht möglich. Deshalb wurde eine relative Größe, der Wurzeltiefequotient q_{wt} , angewandt. Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, betrug dieser im frischen Buchenmischwald 2,45; in den zwei anderen Waldgesellschaften war er beträchtlich größer, in beiden jedoch beinahe gleich (6,26 im Stieleichen-Hagebuchen-Wald und 6,00 im Ahorn-Eschen-Wald). Der Unterschied zwischen dem Wurzeltiefequotienten der Stämme aus dem frischen Buchenmischwald und demjenigen der Stämme aus den beiden andern Waldgesellschaften ist mit dem t-Test stark signifikant, während sich der geringe Unterschied zwischen dem Stieleichen-Hagebuchen-Wald und dem Ahorn-Eschen-Wald statistisch nicht sichern läßt.

Der unechte Formquotient k der geworfenen Fichtenstämme im frischen Buchenmischwald war etwas kleiner als derjenige der Stämme aus dem Stieleichen-Hagebuchen-Wald und beträchtlich kleiner als bei den Bäumen des Ahorn-Eschen-Waldes (vgl. Tabelle 2). Anhand der vorliegenden Stichproben läßt sich mit dem t-Test ein Unterschied jedoch nicht sichern.

Dagegen war der Wurzelanlaufquotient q_{wa} im frischen Buchenmischwald statistisch gesichert größer als der der Stämme aus den beiden andern Waldgesellschaften. Mit den vorliegenden Stichproben läßt sich zwischen den Wurzelanlaufquotienten der Fichtenstämme im Stieleichen-Hagebuchen-Wald und Ahorn-Eschen-Wald mit dem t-Test kein signifikanter Unterschied feststellen.

Der Schlankheitsgrad der Stämme aus dem frischen Buchenmischwald betrug 82,3. Er war größer als derjenige der Stämme aus dem Stieleichen-

Tabelle 2
Charakteristiken der geworfenen Stämme verschiedener Standorte

Merkmal	Frischer Buchenmischwald		Stieleichen-Hagebuchen-Wald		Ahorn-Eschen-Wald	
	Anzahl der vermessenen Fichtenstämme N					
	43		11		19	
	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2	\bar{x}	s^2
Formquotient k	0,648	0,003	0,650	0,003	0,669	0,002
Wurzelanlaufquotient q_{wa}	0,658	0,008	0,578	0,005	0,640	0,007
Schlankheitsgrad	82,289	260,751	75,846	192,078	78,324	111,474
Wurzeltiefequotient q_{wt}	2,453	0,540	6,263	7,162	6,003	2,205
Kronenanteil	40,127	52,678	42,116	17,642	44,697	81,915

N = Anzahl der vermessenen Stämme, \bar{x} = arithmetisches Mittel,
 s^2 = Schätzungswert der Varianz

Hagebuchen-Wald (75,8) und dem Ahorn-Eschen-Wald (78,3). Ein Unterschied ließ sich aber mittels t-Tests für diesen Kennwert nicht sichern.

Der Kronenanteil nahm vom Ahorn-Eschen-Wald über den Stieleichen-Hagebuchen-Wald zum frischen Buchenmischwald nahezu gleichmäßig ab (vgl. Tabelle 2); die festgestellten Unterschiede sind signifikant.

4. Diskussion der Ergebnisse und waldbauliche Folgerungen

Der Vergleich der an geworfenen und stehenden Bäumen in verschiedenen Beständen (a I, Abt. 15; c, Abt. 7) der gleichen Waldgesellschaft (frischer Buchenmischwald) ermittelten Kennwerte — Formquotient, Wurzelanlaufquotient, Schlankheitsgrad, Kronenanteil — ergab, daß die Werte für die stehenden Stämme durchweg kleiner, wenn auch nicht überall statistisch gesichert (Bestand c), waren als diejenigen für die geworfenen Stämme. Das heißt, die geworfenen Stämme waren vollholziger und schlanker und hatten auch einen größeren Kronenanteil (ausgenommen Bestand c) als die noch stehenden. Die Bäume, deren Schwerpunkt in größerer Höhe lag, waren

weniger sturmfest als diejenigen, die dank tiefliegendem Schwerpunkt trotz heftigen Stürmen stehengeblieben sind.

Die waldbauliche Folgerung aus dieser zwar nicht neuen, aber doch in der Praxis viel zu wenig beachteten Erkenntnis ist, daß wir bei der Erziehung von Fichtenbeständen weniger auf Schlankheit und Vollholzigkeit der einzelnen Stämme als auf Sturmfestigkeit des gesamten Waldgefüges achten müssen. Diese Forderung stellt auch Leibundgut («Die Waldpflege», 1966), wenn er die Schadenverhütung als erste Maßnahme der Waldpflege nennt und schreibt: «Uns interessieren widerstandsfähige, also weitgehend krisensichere Bestände mit hoher Ertragsleistung.» Dies läßt sich aber nur erreichen durch konsequente Anwendung der heute in der Schweiz gültigen waldbaulichen Regeln, angefangen bei der Pflege des Jungwuchses bis zur Lichtwuchsdurchforstung.

Um die rein gefühlsmäßig recht schwierige Beurteilung der Standfestigkeit eines Fichtenbestandes in bezug auf den Wind zu erleichtern, eignet sich die Anwendung der Werte Wurzelanlaufquotient und Schlankheitsgrad. Wie durch die vorliegende Untersuchung gezeigt wird, können aufgrund derselben sturmfeste Fichtenstämme von sturmempfindlichen zuverlässig unterschieden werden. Die zur Ermittlung dieser Werte notwendigen Elemente (h , $d^{1,3}$, $d^{0,2}$) sind leicht zu messen, und auch die Berechnung bietet keine Schwierigkeiten. Für Standorte des frischen Buchenmischwaldes im Lehrrevier der ETH zum Beispiel können Fichten, deren Wurzelanlaufquotient kleiner als 0,62 ist und deren Schlankheitsgrad den Betrag von 80 nicht überschreitet, als sturmsicher angesehen werden. Es ist wichtig, daß für die Abschätzung beide Werte in Betracht gezogen werden. Für andere Standorte gelten selbstverständlich andere, für den jeweiligen Fall zu bestimmende Werte. Allgemein gilt: Je kleiner Wurzelanlaufquotient und Schlankheitsgrad sind, um so günstiger ist die Stammform der Fichte bezüglich Sturmfestigkeit.

Weiter kann für die Praxis gelten, daß ein Fichtenreinbestand auf dem Standort des frischen Buchenmischwaldes dann als sturmsicher angesehen werden darf, wenn die Grundflächensumme der Fichtenstämme, bei welchen die Werte des Wurzelanlaufquotienten und des Schlankheitsgrades die erwähnten, noch für die Sturmfestigkeit genügenden Grenzwerte nicht übersteigen, von der Grundflächensumme des Gesamtbestandes abgezogen, die kritische Grundfläche nach Assmann («Waldetragskunde», 1961) nicht unterschreitet. Die kritische Grundfläche nach Assmann entspricht derjenigen Grundfläche, bei deren Einhalten gerade noch 95 % des standörtlich möglichen Höchstzuwachses erreicht werden. Wenn wir bei der Ausführung der Pflegemaßnahmen auch diese Regel beachten, werden wir die Forderung nach krisensicheren und zugleich hohe Erträge liefernden Beständen erfüllen können.

Betrachtet man die Kollektive der geworfenen Fichtenstämme der drei

verschiedenen Standorte (frischer Buchenmischwald, Stieleichen-Hagebuchen-Wald, Ahorn-Eschen-Wald), so fällt auf, daß deutliche, stark signifikante Unterschiede vor allem in der Bewurzelungstiefe, ausgedrückt durch den Wurzeltiefequotienten q_{wt} , auftreten. Im frischen Buchenmischwald wurzelt die Fichte dank der eingangs erwähnten günstigeren Bodenbeschaffenheit bedeutend tiefer als im Stieleichen-Hagebuchen-Wald und auf dem Ahorn-Eschen-Standort, wo wegen der schlechten Bodendurchlüftung die Wachstumsbedingungen für die Fichtenwurzeln ungünstig sind. Bezeichnend sind auch die Unterschiede zwischen den Wurzelanlaufquotienten q_{wa} der verschiedenen Waldassoziationen. Obwohl die geworfenen Stämme im Stieleichen-Hagebuchen-Wald und im Ahorn-Eschen-Wald statistisch gesichert kleinere, das heißt günstigere, Wurzelanlaufquotienten und damit einen standfesteren Stammunterteil hatten als diejenigen des frischen Buchenmischwaldes, wurden sie gerade wegen der sehr flachen Bewurzelung trotzdem umgelegt. Die Kronenanteile sind bei den geworfenen Bäumen aller drei Waldgesellschaften wesentlich höher als die der stehengebliebenen Stämme in den Beständen c (Abteilung 7) und a 1 (Abteilung 15). Betrachtet man nur die geworfenen Stämme, so haben diejenigen des frischen Buchenmischwaldes den kleinsten Kronenanteil, die der andern beiden Waldgesellschaften einen nicht viel, immerhin aber statistisch gesichert höheren. Daraus kann man schließen, daß die Fichte auf diesen ihr nicht zusagenden Standorten eine längere Krone ausbildet, das heißt, sie wird astiger, was ihre Windanfälligkeit noch steigert.

Formquotient und Schlankheitsgrad der geworfenen Fichtenstämme aus den drei Waldassoziationen weisen untereinander keine signifikanten Unterschiede auf und sagen deshalb als Kriterien für die Sturmfestigkeit der Fichte auf verschiedenen Standorten in dieser Untersuchung nichts aus.

Résumé

De l'influence de la forme de la tige et de la station sur la résistance au vent de l'épicéa

L'examen des peuplements endommagés par les ouragans de mars-avril 1967 dans la forêt d'enseignement de l'EPF a donné, après dépouillement des mesures effectuées sur quelque 200 tiges versées et 50 intactes, les résultats qui suivent.

1. Sur les stations de la hêtraie mélangée des sols frais, les épicéas renversés présentent des coefficients de forme, d'empatement et d'élancement, ainsi que des fractions de houppier plus élevés que les tiges avoisinantes du même peuplement, demeurées intactes. La sensibilité au vent de l'épicéa dépend notamment de la localisation du centre de gravité, celui-ci étant d'autant plus élevé que la tige est élancée et que son diamètre est soutenu, entre autres.

2. Les coefficients d'empatement ($d_{1,3} / d_{0,2}$) et d'élancement ($h / d_{1,3}$), qu'il est aisé de déterminer, permettent d'estimer convenablement la stabilité de peuplement.

ments d'épicéas sur la base des valeurs maximales admissibles, à établir pour chaque station. De façon générale, la forme de la tige est d'autant plus favorable que sont réduits ces coefficients.

3. Le coefficient d'enracinement (diamètre/profondeur de l'appareil racinaire) est beaucoup moins élevé chez les arbres renversés des stations de la hêtraie mélangée que chez ceux de la chênaie à charme et de la frênaie mêlée d'érable. L'épicéa s'enracine profondément sur les stations lui convenant (hêtraie mélangée), d'où une stabilité relativement bonne, tandis que son système racinaire demeure très superficiel sur les stations non appropriées (chênaie à charme, frênaie mêlée d'érable), où cet ancrage déficient le rend très menacé.

4. La fraction de cime est plus élevée chez les épicéas renversés que chez les tiges intactes, plus élevée également chez les arbres renversés sur les stations de la chênaie à charme et de la frênaie mêlée d'érable que sur la hêtraie mélangée. De façon générale, la résistance au vent de l'épicéa est d'autant plus limitée que sa cime est grande et que son ancrage est mauvais. D'importantes différences entre associations végétales n'ont pas été notées dans l'étude des coefficients de forme et d'élancement.

5. Des interventions culturales correctes, entreprises assez tôt, peuvent permettre de créer sur les stations de la hêtraie mélangée des sols frais des pessières résistant au vent dans une large mesure. Les stations de la chênaie à charme et de la frênaie mêlée d'érable ne sont par contre pas du tout appropriées à la culture de l'épicéa, leurs sols étant lourds, gorgés d'eau et mal aérés. *Traduction : J.-F. Matter*

Literatur

Assmann, E.: Waldertragskunde. München, 1961

Bosshard, W.: Erhebungen über die Schäden der Winterstürme 1967. SZF Nr. 12, 1967

Emrović, B., Glavač, V., und Pranjić, A.: Über die Stammform der spitzblättrigen Esche (*Fraxinus angustifolia* Vahl) in verschiedenen Auenwaldgesellschaften des Savagebietes in Kroatien (Jugoslawien). SZF Nr. 3, 1964

Grünig, P.: Die Sturmschäden in unseren Wäldern. Der praktische Forstwirt für die Schweiz, 1967

Köstler, J. N.: Die Wurzeln der Waldbäume. Hamburg und Berlin, 1968

Leibundgut, H.: Die Waldpflege. Bern, 1966

Leibundgut, H.: Zu den Sturmschäden vom Nachwinter 1967. SZF Nr. 12, 1967