

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 120 (1969)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Sturmschaden und Fäule  
**Autor:** Bazzigher, G. / Schmid, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-767746>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.03.2025

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

## Sturmschaden und Fäule

Von G. Bazzigher<sup>1</sup> und P. Schmid<sup>2</sup>

Oxf. 421.1:443.3

Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf

### 1. Einleitung

Den Winterstürmen 1967 fielen ausgedehnte Waldungen im schweizerischen Mittelland zum Opfer. Katastrophal haben sich vor allem die Flächenwürfe ausgewirkt. Die Schadenssumme für die Schweiz beträgt etwa 220 Millionen Franken (Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf, 1967).

Die unmittelbarste Ursache liegt sicherlich im besonderen Charakter der Sturmböen. Wirbelwindartige Winterstürme von solcher Heftigkeit sind in unseren Zonen selten, doch hat es sie in längeren oder kürzeren Intervallen immer wieder gegeben, und auch in Zukunft ist mit derartigen Stürmen zu rechnen. Das Sturmrisiko ist bei der Planung einer möglichst optimalen Bewirtschaftung in Rechnung zu stellen. Wir alle müssen uns deshalb mit den Ursachen auseinandersetzen, die für die Sturmanfälligkeit der Bäume verantwortlich sind. Beobachtungen und Erhebungen können Hinweise auf mögliche Ursachen geben; die allgemeinen Untersuchungen von Bossard (1967) haben bereits viele Zusammenhänge erhellt.

Sicher waren lokal auftretende Sturmspitzen, vernäbte, flachgründige oder besonders leichte Böden oft für den Windwurf verantwortlich. Ein weiterer Grund ist in der besonderen Sturmanfälligkeit einzelner Bäume zu suchen. Wenn diese geworfen oder gebrochen werden, entstehen Lücken, Angriffspunkte, die bei späteren Windstößen zum Flächenschaden führen können. Es ist ja wiederholt beobachtet worden, daß dem Flächenschaden ein Initialbruch oder -wurf vorausging.

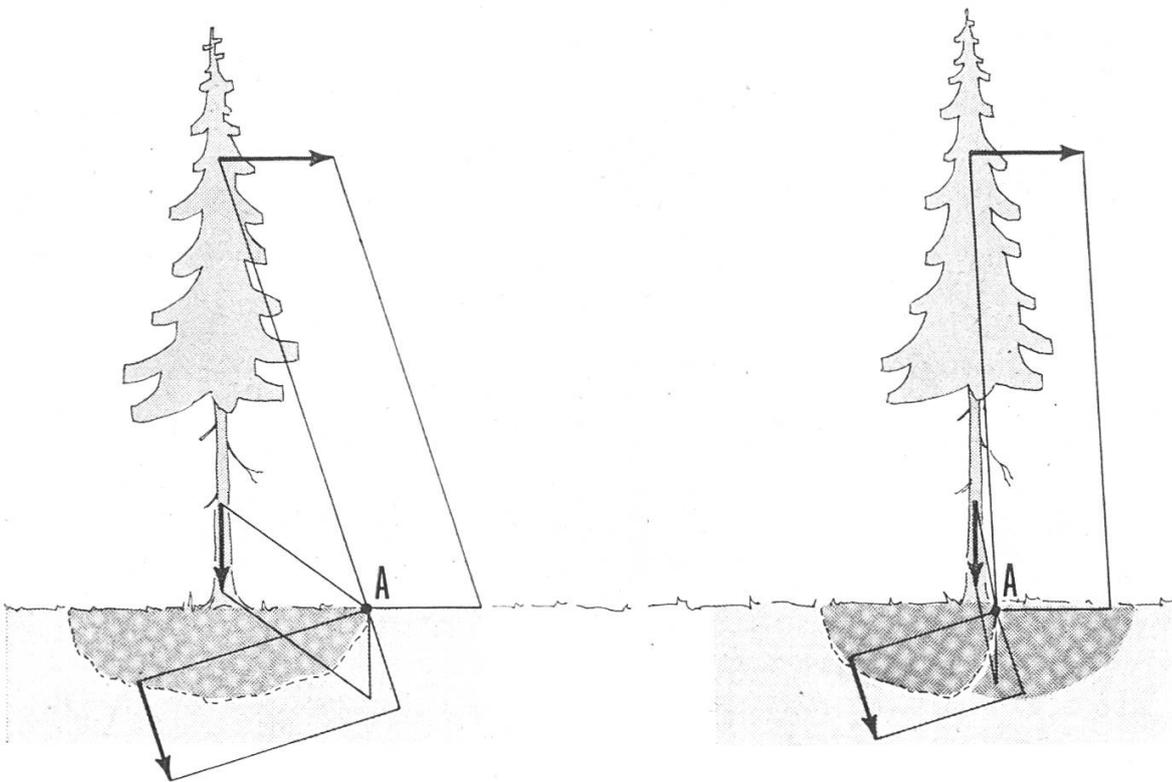
In dichtem Bestand schlank aufgewachsene Bäume, die vor kurzem freigestellt wurden, sind dem Zugriff der Winde stärker ausgesetzt und knicken bei Stürmen besonders leicht. Da sowohl die Biegefestigkeit der Stämme als auch das auf den Schaft ausgeübte Biegemoment nach unten stark zunehmen, kann der Bruch praktisch in jeder möglichen Höhe erfolgen, im allgemeinen allerdings erst unterhalb der grünen Krone.

Einzelne Bäume können im weiteren geworfen werden, weil sie auf

<sup>1</sup> Phytopathologie.

<sup>2</sup> Meß- und Ertragskunde; mathematische Statistik.

besonders stark vernäbten oder flachgründigen Kleinstandorten stehen, während die benachbarten Bäume bessere Bedingungen für die Wurzelverankerungen aufweisen. Sehr oft wurden aber auch gut verankerte Bäume geworfen. Bei genauerem Zusehen konnte festgestellt werden, daß bei diesen meist nur ein Teil des Wurzelballens ausgehoben wurde. Der Stammfuß lag nämlich direkt auf dem Boden oder in nur geringer Höhe. Hier mußten eine oder mehrere Wurzeln auf der dem Wind abgekehrten Seite gebrochen sein. Zwischen dem eigentlichen Wurf, bei dem der Baum mit seinem gesamten Wurzelteller ausgehoben wird, und dem Stockbruch oder Stammbruch bestehen Übergänge, bei denen mehr oder weniger dicke Wurzeln gebrochen und ein Teil des Wurzelballens ausgehoben werden.



*Fig. 1*

Die Biegemomente des Windes, der Schwerkraft und der Haftreibung.

Les moments de flexion du vent, de la gravitation et du frottement à l'état de repos.

Eine statische Betrachtung der Kraftwirkungen zeigt, daß ein Baum sehr viel leichter fallen wird, wenn eine Wurzel im kritischen Bereich nicht standhält (Fig. 1). Sobald an einer Stelle A das resultierende Biegemoment — also die Differenz zwischen dem Drehmoment des Windes einerseits und den Drehmomenten des Gewichtes und der Haftung des Wurzelballens im Boden andererseits — größer wird als die Biegefestigkeit der Wurzel, wird letztere an dieser Stelle gebrochen und der Baum umgelegt. Das resultierende Biegemoment ist in der Nähe des Stammes am größten. Wenn die Wurzel geschwächt ist, wird der Bruch daher hier erfolgen.

Darüber hinaus erhöht die Schwächung irgendwelcher Wurzeln die Sturmanfälligkeit, weil dadurch der auszuhebende Wurzelballen verkleinert wird. Bei böigen Stürmen können Trägheitskräfte die Windwirkung erhöhen. Länger andauernde Böen können die Haftung des Wurzelballens im Boden beträchtlich verkleinern und zu Ermüdungsbrüchen führen.

Bei einigen Kontrollen konnten wir unter dem ausgehobenen Teil des Wurzelballens dicke gebrochene Wurzeln finden. Diese waren oft von Fäulnis befallen, obwohl der Stock an der Schnittfläche gesund war. Die vorliegende Untersuchung soll abklären, wie bedeutsam die Schwächung von Stamm und Wurzeln durch Fäulepilze für Windwurfschäden ist.

Ohne die Mithilfe unserer Mitarbeiter wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen. Wir möchten ihnen allen dafür danken. G. Beda und W. Bossard verdanken wir ihre kritischen Bemerkungen.

## 2. Die Erhebungen

Nach den Winterstürmen 1967 wurden 39 Waldkomplexe (Probewaldungen) von 1 bis 3 ha Fläche mit relativ großen Sturmschäden in den Kantonen Zürich und Zug aufgesucht (Kartenskizze Fig. 2) und darin alle einzeln gebrochenen oder geworfenen Bäume ausgezählt. Flächenschäden haben wir nicht berücksichtigt, da sich in diesen viele sekundär entstandene Schäden befinden, die keine Hinweise auf die primären Ursachen mehr liefern können. Bei einzeln geschädigten Bäumen im Waldesinnern können retrospektiv wenigstens teilweise die Kausalzusammenhänge erkannt werden.

Entsprechend ihrer Bodenbeschaffenheit im Wurzelraum wurden die Waldungen grob in vier Kategorien eingeteilt:

- a) Staub- und Tonböden mit langandauernder Staunässe (2 Waldungen),
- b) Ton-Staub-Böden mit wenig Sand und Steinen (23 Waldungen),
- c) Staubböden mit Sand und (oder) Steinen (9 Waldungen),
- d) sandige, kiesige Böden (5 Waldungen).

Der zahlenmäßig in den Kategorien a und d schwachen Vertretung werden wir bei der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse Rechnung tragen müssen.

Bei den untersuchten Waldungen handelt es sich um Bestände im Alter von 40 bis 90 Jahren. Die Baumartenzusammensetzung der Bestände haben wir durch Auszählen der Baumarten auf Sichtprobeflächen ermittelt. Insgesamt sind zu diesem Zweck 9503 Bäume, durchschnittlich 244 pro Waldkomplex, ausgezählt worden.

Alle einzeln geschädigten Bäume wurden auf ihre Baumart, auf die Art des Schadens und darauf angesprochen, ob an sichtbaren Bruchstellen Fäulebefall festgestellt werden konnte oder nicht. Bezüglich der Schadenart unterschieden wir zwischen Stammbruch, Stockbruch, Wurzelbruch und Wurf (Fig. 3). Das Auseinanderhalten dieser verschiedenen Schäden könnte

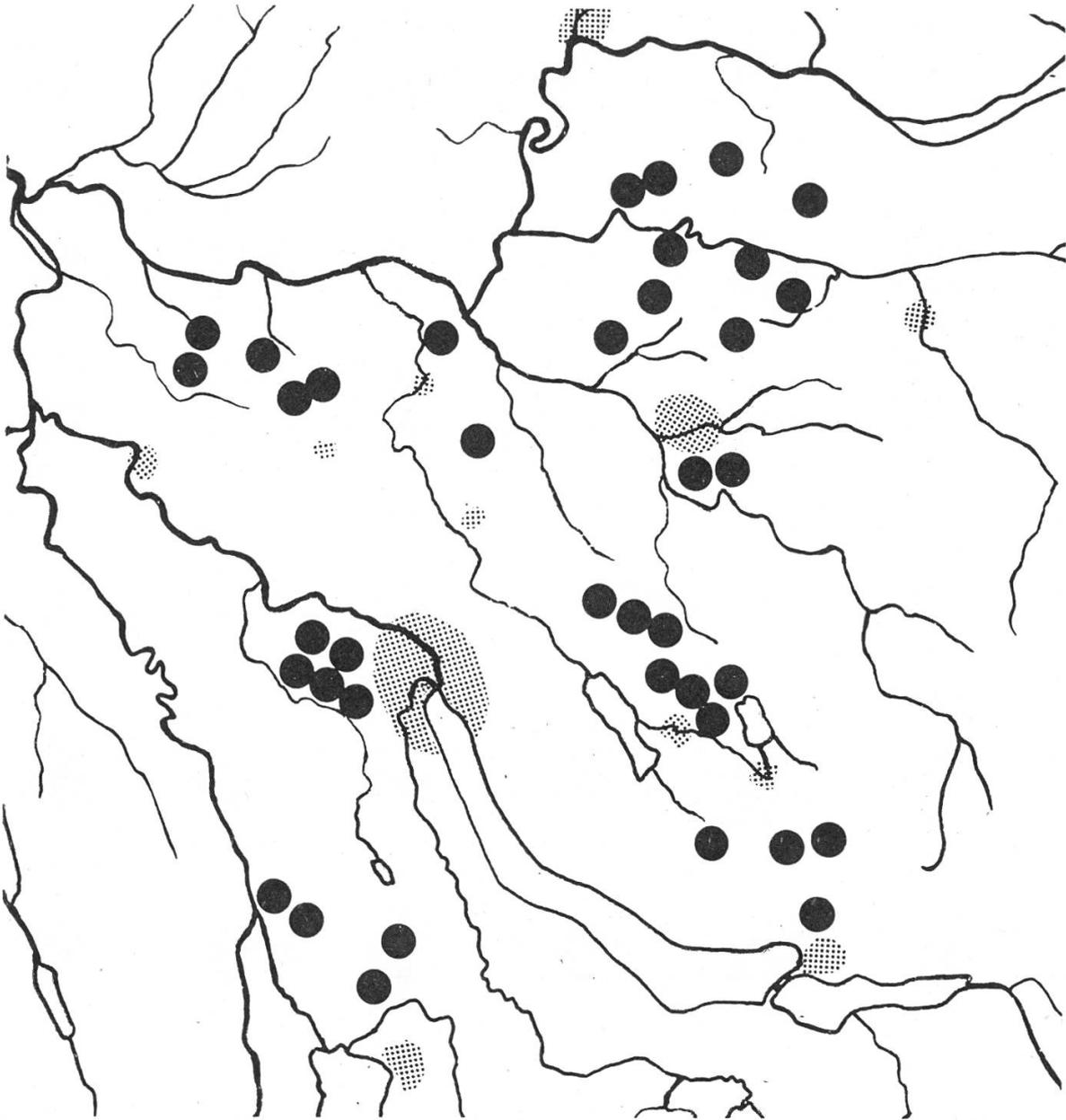


Fig. 2

Karte des Untersuchungsgebietes. — Carte de la région examinée.

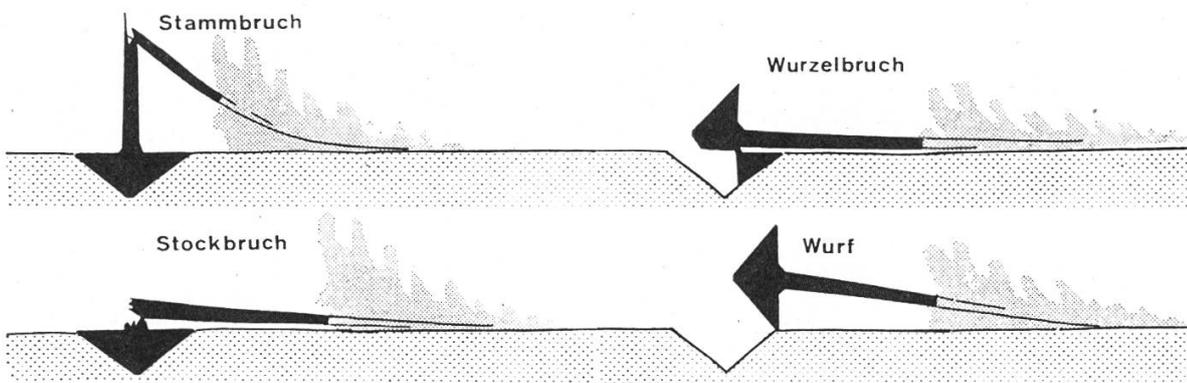


Fig. 3

Schematische Darstellung der Schadenarten.  
Représentation schématique des genres de dégât.

in Grenzfällen schwierig werden. Die Unterscheidung zwischen Stamm- und Stockbruch hat aus dem Grund keine Schwierigkeiten bereitet, weil keine Stammbrüche in sehr geringer Höhe über dem Boden gefunden wurden. Übergänge von Wurzelbruch zu Stockbruch richtig einzustufen, hat uns ebenfalls keine Schwierigkeiten bereitet. Beim Stockbruch bleibt der Wurzelteller im Boden oder wird höchstens leicht angehoben. Hingegen kann Wurzelbruch in vielen Fällen nicht ohne weiteres vom Wurf unterschieden werden. Eine genauere Untersuchung des Wurzelwerkes auf Bruchstellen ist notwendig. Diese befinden sich im allgemeinen in dem durch den ausgehobenen Wurzelteller überdachten Teil der Grube. Dort findet man in der Regel gebrochene Haupt- oder Nebenwurzeln. Man wird übrigens bei jedem geworfenen Baum vereinzelt etwa fingerdicke, gebrochene Wurzeln finden, was wir selbstverständlich nicht als Wurzelbruch taxieren. Es kann jedoch vorkommen, daß die Festigkeit vieler peripherer Wurzeln aus irgendwelchen Gründen stark reduziert war und somit eine Situation entstanden ist, die statisch einer wesentlichen Verkleinerung des Wurzeltellers entspricht. Solche Fälle gelten für unsere Taxierung als Wurzelbruch.

Auch bei der Beurteilung des Fäulebefalls kann es Zweifelsfälle geben. Schon im Anfangsstadium mit nur schwacher oder schwierig feststellbarer Verfärbung können Fäuleerreger bereits beträchtliche Veränderungen der Bruchfestigkeit des Holzes verursacht haben. In diesem Stadium wird die Fäule meist übersehen. Weit häufiger wird die Fäule jedoch aus einem anderen Grunde übersehen: Der Beobachter neigt im allgemeinen dazu, beim Auffinden von gebrochenen, gesunden Wurzeln nicht weiter nachzuprüfen und übersieht dann vielleicht weitere gebrochene Wurzeln, die faul sind. Gesamthaft gesehen müssen wir deshalb festhalten, daß der Fäulebefall in unseren Untersuchungen eher unterbewertet wurde.

Aus zeitlichen und technischen Gründen war es uns bei diesen Erhebungen nicht möglich, Isolierungen und Bestimmungen der Fäuleerreger durchzuführen.

### 3. Die Ergebnisse

#### 3.1 Die Schadenhäufigkeit

Unsere Erhebungen geben keine Anhaltspunkte über die absolute Häufigkeit der Schäden. Eine derartige Untersuchung hätte einen bedeutend größeren Aufwand erfordert und hätte keine wesentlich besseren Aussagen über die Ursachen der Einzelwürfe gebracht. Hingegen kann die relative Schadenhäufigkeit der verschiedenen Baumarten untereinander verglichen werden. In Tab. I wird der Anteil einer Baumart unter allen geschädigten Bäumen demjenigen Anteil gegenübergestellt, den diese Baumart in den Beständen einnimmt. Je kleiner der Quotient aus diesen beiden Anteilen ist, desto weniger geschädigt ist die betreffende Baumart. Ein großer Quotient einer Baumart kann dadurch verursacht sein, daß die betreffenden Bäume

aus irgendwelchen Gründen weniger standfest sind als andere oder daß sie in den besonders gefährdeten Waldungen häufiger vorkommen. Eine Entscheidung ist möglich, wenn die Baumartenprozentage in jeder der 39 Probewaldungen einzeln berechnet werden. Soweit möglich, wurde in jeder Waldung jede Baumart mit jeder anderen verglichen. Für jede Baumart wurde gezählt, wie oft sie bei diesen Vergleichen schlechter abgeschnitten hat.<sup>3</sup> Die relative Häufigkeit dieser Fälle für alle Probewaldungen — der Gefährdungsindex einer Baumart — ist ebenfalls in Tab. 1 ersichtlich (Fig. 4). Die Baumarten sind in der Reihenfolge ihrer Sturmgefährdung angeordnet. Diese Rangfolge kann nicht mehr dadurch verfälscht sein, daß eine Baumart in besonders gefährdeten Waldungen häufiger vorkommt als andere. Sie kann aber noch teilweise durch Zufall bedingt sein. Daher wurde mit einem Vorzeichentest geprüft, ob die Rangunterschiede statistisch signifikant sind oder nicht.

Die Fichte ist die im Untersuchungsgebiet am meisten gefährdete Baumart. Ihr folgt im zweiten Rang die Tanne. Dieser Unterschied ist aber sta-

*Tab. 1*  
Häufigkeit und Sturmgefährdung der Baumarten  
Fréquence et exposition aux dégâts du vent des essences

<i>Baumarten</i>	<i>Baumartenanteil in %</i>		<i>Schadenquotient</i>	<i>Gefährdungsindex %</i>
	<i>Bestand</i>	<i>Schaden</i>		
Fichte	73,30	83,0	1,13	71
Tanne	5,52	6,0	1,08	66
Birke	0,12	0,4	3,33	43
Eiche	0,87	0,3	0,35	40
Buche	6,30	3,0	0,48	38
Föhre	12,00	7,0	0,58	37
Esche	0,86	0,2	0,24	25
Lärche	0,48	0,1	0,21	25
Ahorn	0,16	0	0	—
Douglasie	0,14	0	0	—
Hagebuche	0,12	0	0	—
Weymouthsföhre	0,06	0	0	—
Kirschbaum	0,04	0	0	—
Bergulme	0,02	0	0	—
Schwarzerle	0,01	0	0	—
Anzahl ausgezählte Bäume	100 % = 9503	100 % = 969		

<sup>3</sup> Aus statistischen Gründen dürfen nicht einfach die beiden Quotienten miteinander verglichen werden. Die genauere Begründung wird in einer statistischen Arbeit veröffentlicht.

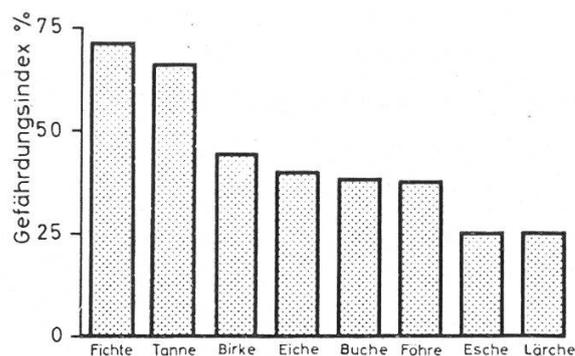


Fig. 4

Der Gefährdungsindex der Baumarten.

L'index de mise en danger des essences.

tistisch nicht signifikant. Alle anderen Baumarten sind bedeutend weniger sturmgefährdet als Fichten und Tannen. Buche und Föhre schneiden signifikant besser ab als die Fichte (Überschreitungswahrscheinlichkeit  $P < 0,01$ ). Lärche, Esche und Ahorn unterscheiden sich wenig in ihrer Sturmgefährdung und schneiden noch merklich besser ab als Birke, Eiche, Buche und Föhre. So hat die Buche zum Beispiel in 5 von 6 Fällen schlechter abgeschnitten als die Lärche, in 5 von 6 Fällen schlechter als die Esche und in allen 4 Fällen schlechter als der Ahorn. Diese Unterschiede sind statistisch jedoch nicht signifikant und wir müssen uns daher in diesen Fällen ein abschließendes Urteil vorbehalten. Bei Douglasie und Weymouthsföhre wurden keine Schäden festgestellt, ebensowenig bei einigen weiteren Laubholzarten. Diese Baumarten kommen jedoch nur in wenigen Beständen vor.

In Tab. 2 ist die Rangfolge der vier Hauptbaumarten in den Bodenkategorien wiedergegeben worden. Auf allen Bodenarten haben sich Föhren und Buchen bedeutend besser bewährt als die Tannen, und diese meist etwas besser als die Fichten.

Tab. 2

Gefährdungsindex der Baumarten nach Bodenkategorien

Index de mise en danger des essences suivant la nature du sol (catégories)

Baumarten	Bodenkategorien			
	Staunaß	Ton/Staub	Staub/Sand	Sand/Kies
Fichte	71 %	71 %	70 %	74 %
Tanne	57 %	66 %	62 %	75 %
Buche	40 %	44 %	46 %	0 %
Föhre	40 %	41 %	21 %	42 %

### 3.2 Die Schadenart

Die relativen Häufigkeiten von Stammbruch, Stockbruch, Wurzelbruch und Wurf sind aus Tab. 3 und Fig. 5 ersichtlich.

Tab. 3  
Prozentualer Anteil der Schadenarten  
Pourcentage des genres de dégât

Schadenart	Baumarten					
	Fichte	Tanne	Buche	Föhre	übrige	alle
Stammbruch	11 0/0	16 0/0	25 0/0	12 0/0	20 0/0	12 0/0
Stockbruch	17 0/0	3 0/0	3 0/0	2 0/0	0 0/0	14 0/0
Wurzelbruch	66 0/0	74 0/0	69 0/0	70 0/0	60 0/0	67 0/0
Wurf	6 0/0	7 0/0	3 0/0	16 0/0	20 0/0	7 0/0
Anzahl ausgezählte Bäume	100 0/0 = 802	100 0/0 = 58	100 0/0 = 32	100 0/0 = 67	100 0/0 = 10	100 0/0 = 969

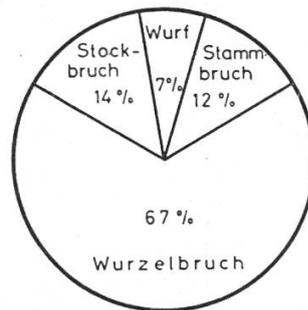


Fig. 5  
Die relative Häufigkeit der Schadenarten.  
La fréquence relative des genres de dégât.

Auffallend ist besonders der große Anteil an Wurzelbruch und die geringe Häufigkeit von eigentlichen Würfeln. Wer nicht darauf achtet, ob starke Wurzeln gebrochen wurden, würde 74 0/0 anstatt 7 0/0 der Schäden als Würfe zählen — und damit eine mögliche Ursache für die Sturmschäden übersehen. Offenbar war beim überwiegenden Teil der gefälltten Bäume die Schwäche des Wurzelwerkes für die zu geringe Standfestigkeit verantwortlich oder doch zumindest mitverantwortlich.

Bei allen Baumarten zählen ungefähr 70 0/0 aller Schäden zu den Wurzelbrüchen. Hingegen wurden Stockbrüche praktisch nur bei Fichten festgestellt (17 0/0). Bei den Föhren sind die Prozentzahlen für Wurf und bei den Buchen diejenigen für Stammbruch relativ groß.

Die so festgestellten Unterschiede zwischen den Baumarten können

jedoch leicht zu falschen Interpretationen führen. So könnte die relative Häufigkeit der Stammbrüche bei der Buche deshalb groß sein, weil Buchenstämme eine geringere Biegefestigkeit aufweisen als die Stämme von Fichten, Tannen und Föhren. Die relative Häufigkeit der Stammbrüche könnte aber auch einfach deshalb groß sein, weil die Buchen eine bessere Standfestigkeit aufweisen und Stockbrüche, Wurzelbrüche und Würfe daher seltener sind. Eine Entscheidung ist möglich, wenn die Häufigkeit der Stammbrüche einer Baumart mit ihrem Anteil in den Beständen verglichen wird. Wir haben daher für jede Schadenart die Auswertemethode angewandt, die im letzten Kapitel für die Gesamtzahl der Schäden benützt wurde. Dadurch wird zugleich der den Vergleich störende Einfluß der Standortsunterschiede weitgehend ausgeschaltet.

Die Resultate dieser Auswertung sind in Tab. 4 wiedergegeben: Tannen sind etwas stärker stammbruchgefährdet als Föhren, Fichten und Buchen. Die Buche ist also nicht am meisten stammbruchgefährdet, wie das aus Tab. 3 hätte gefolgert werden können, sondern am wenigsten stark. Die neue Auswertung bestätigt, daß die Fichte viel stärker stockbruchgefährdet ist als die übrigen Baumarten. Fichten und Tannen erweisen sich als sehr stark wurzelbruchgefährdet. Hingegen sind Föhren und Buchen signifikant weniger wurzelbruchgefährdet als Fichten. Auch durch Wurf sind Tannen und Fichten etwas stärker gefährdet als Föhren und Buchen.

Tab. 4  
Gefährdungsindex nach Schadenart  
Index de mise en danger suivant le genre de dégât

Baumarten	Stammbruch	Stockbruch	Wurzelbruch	Wurf
Fichte	49 0/0	65 0/0	65 0/0	50 0/0
Tanne	61 0/0	42 0/0	68 0/0	57 0/0
Buche	46 0/0	35 0/0	35 0/0	46 0/0
Föhre	53 0/0	23 0/0	35 0/0	47 0/0
übrige	40 0/0	52 0/0	34 0/0	50 0/0

### 3.3 Fäule

Bei 56 0/0 aller durch den Sturm gebrochenen oder geworfenen Bäume wurde Fäule an den Bruchstellen beobachtet. Mehr als die Hälfte aller einzeln gefällten Bäume waren also durch Fäulnis geschwächt und an einer derart geschwächten Stelle gebrochen. Bei all diesen Bäumen war die Fäule am Bruch mitverantwortlich.

Die in Fig. 6 dargestellten Prozentzahlen für die einzelnen Baumarten zeigen, daß unter den gefällten Bäumen die Fäule bei Fichten etwa dreimal häufiger festgestellt wurde als bei Tannen, Buchen und Föhren. Wird die

Zahl der Bäume einer Baumart, bei denen Fäule an Bruchstellen beobachtet wurde, mit dem Anteil der betreffenden Baumart in den Beständen verglichen (Tab. 5), so zeigt sich, daß bei Fichten die Fäule fünfmal häufiger Schäden mitverursacht hat als bei den anderen Baumarten.

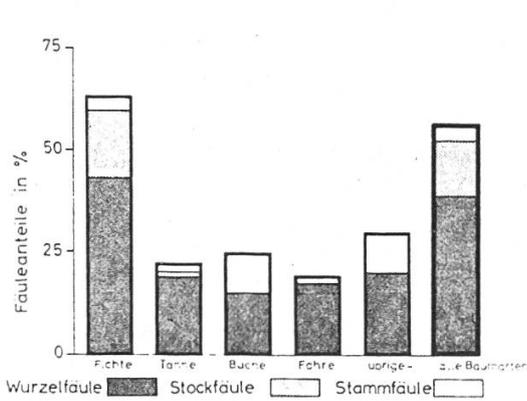


Fig. 6

Anteil der festgestellten Wurzel-, Stock- und Stammfäulen am Sturmschaden.

Participation des pourritures constatées aux racines, à la souche et à la tige dans les dégâts du vent.

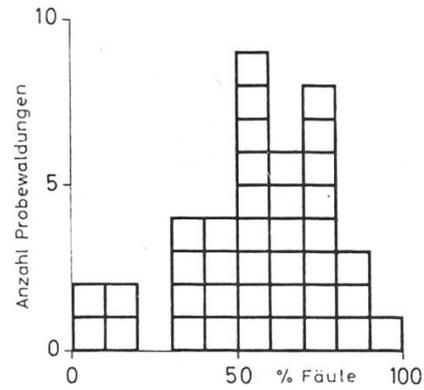


Fig. 7

Anteil der Fäule am Sturmschaden in den einzelnen Probewaldungen.

Participation de la pourriture aux dégâts du vent dans les divers boisés examinés.

Tab. 5

Häufigkeit und Fäulegefährdungsindex der Baumarten  
Fréquence et index de l'exposition à la pourriture des essences

Baumarten	Baumartenanteil in %		Fäulequotient	Fäulegefährdungsindex %
	Bestand	gebrochene Bäume mit Fäule		
Fichte	73,30	93,2	1,27	72
Tanne	6,52	2,4	0,43	43
Buche	6,30	1,5	0,24	35
Föhre	12,00	2,4	0,20	30
übrige	2,88	0,5	0,17	—
Anzahl ausgezählte Bäume	100 % = 9503	100 % = 545		

Die einzelnen Waldungen wiesen einen sehr verschieden großen Anteil an Fäule auf. Fig. 7 zeigt die Häufigkeit verschiedener Fäuleprozente. Während 12 Bestände einen Fäuleanteil von 0 bis 50% aufwiesen, haben 27 Bestände einen Fäuleanteil von 50 bis 100%. Werden nur die Fichten betrachtet, so liegt der Fäuleanteil bei 9 Beständen unter, bei 30 Beständen jedoch höher als 50% (Fig. 8). Die extremen Fäuleanteile sind 11 und 95%.

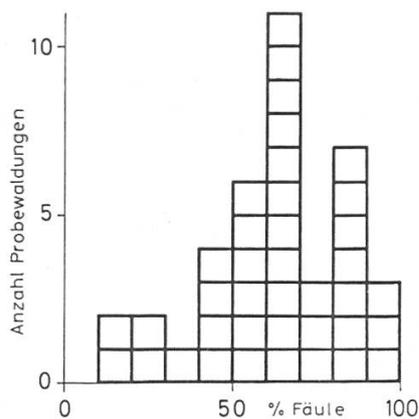


Fig. 8

Anteil der Fäule an den sturmgeschädigten Fichten in den einzelnen Probewaldungen.

Participation de la pourriture aux dégâts du vent subis par les épicéas dans les divers boisés examinés.

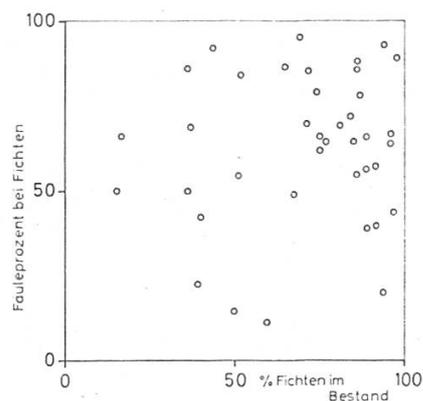


Fig. 9

Anteil der Fäule an den sturmgeschädigten Fichten in Abhängigkeit vom Fichtenanteil im Bestand.

Participation de la pourriture aux dégâts du vent subis par les épicéas, dans sa dépendance du dosage d'épicéa dans le peuplement.

Das Fäuleprozent für den Durchschnitt aller Baumarten war in Mischbeständen natürlich geringer als in fast reinen Fichtenbeständen. Wir konnten aber nicht nachweisen, daß das Fäuleprozent der Fichten in Mischbeständen geringer war als in Fichtenbeständen (Fig. 9).

Auch die von uns gewählte grobe Bodentypisierung kann die großen Unterschiede zwischen den Waldungen nicht erklären. Die Fäuleprozente für Fichte in den vier Bodenkategorien sind nicht signifikant voneinander verschieden und zeigen nicht einmal eine deutliche Tendenz.

Die Zusammenhänge sind offenbar nicht einfach, und nur eine viel umfassendere Untersuchung könnte vielleicht Einflüsse von Standortsfaktoren, Mischungsverhältnissen und Bestandesgeschichte nachweisen.

Der Fäuleanteil ist beim eigentlichen Wurf natürlich 0, da in diesen Fällen keine Bruchstellen festgestellt werden können. Er ist bei Wurzelbrüchen sehr viel höher als bei Stammbrüchen, und Stockbruch konnte fast immer auf Fäule zurückgeführt werden (Tab. 6). Der Fäuleanteil bei Stamm- und Stockbrüchen ist bei Fichten größer als bei den anderen Baumarten. Besonders bemerkenswert aber ist der Unterschied bei den Wurzelbrüchen.

Da die Fichten sehr viel stärker durch Fäulnis bedroht sind als alle anderen Baumarten und gleichzeitig am meisten durch den Sturm gelitten haben, liegt die Frage nahe, ob die stärkere Fäulnisanfälligkeit der Fichte ihre größere Sturmanfälligkeit erklären kann oder ob auch ohne Fäule wesentliche Unterschiede zwischen den Baumarten festzustellen wären. Zu diesem Zweck wollen wir vereinfachend annehmen, daß alle diejenigen Bäume, bei denen Fäule an den Bruchstellen festgestellt wurde, ohne Fäule

Tab. 6

Anteil der Fäule an den Sturmschäden bei den einzelnen Schadenarten  
 Participation de la pourriture aux dégâts du vent chez les divers genres de dégât

Schadenart	% Fäule		
	Fichte	Übrige Baumarten	Alle Baumarten
Stammbruch	33	19	29
Stockbruch	95	75	94
Wurzelbruch	65	25	58

den Sturm überlebt hätten. Es soll also für jede Baumart die Zahl der nicht faulen gefallenen Bäume mit ihrem Anteil im Bestand verglichen werden. Aus Tab. 7 geht hervor, daß ohne Fäule Tannen und Birken immer noch besonders sturmgefährdet wären. Fichten hingegen wären etwa gleich sturmfest wie Buchen und Föhren.

Tab. 7

Häufigkeit und Sturmgefährdung der Baumarten, ohne Fäule  
 Fréquence et mise en danger par le vent des essences, sans pourriture

Baumarten	Baumartenanteil in %		Schadenquotient	Gefährdungsindex %
	Bestand	Gebrochene, nicht faule Bäume		
Fichte	73,30	69,36	0,94	52
Tanne	5,52	10,60	1,92	69
Birke	0,12	0,71	5,90	71
Eiche	0,87	0,24	0,28	22
Buche	6,30	5,67	0,90	46
Föhre	12,00	12,70	1,06	50
Esche	0,86	0,48	0,56	38
Lärche	0,48	0,24	0,48	38
übrige	0,55	0	0	—
Anzahl ausgezählte Bäume	100 % = 9503	100 % = 424		

### Diskussion und Zusammenfassung

Unsere Erhebungen können nur über einige Teilaspekte der Sturmschäden Aufschluß geben, und wir werden auch nur über diese speziellen Fragen diskutieren. Die Resultate der Untersuchung gelten streng genommen nur für das in die Beobachtungen einbezogene Gebiet und für die betref-

fende Zeitperiode. Das erklärt, warum sich unsere Untersuchungsergebnisse nur teilweise mit denjenigen decken, die bisher veröffentlicht wurden. Darüber hinaus muß aber festgestellt werden, daß sich viele Behauptungen, die in Abhandlungen über Windschäden aufgestellt wurden, auf unsystematische oder nicht zielgerichtete Beobachtungen stützen.

Die Fäule ist in ihrer Bedeutung für die Sturmschäden bisher nicht erkannt worden. Sie wird zwar von vielen Autoren erwähnt, es ist jedoch offensichtlich, daß dabei meist nur an Stock- und Stammbrüche gedacht wurde. Demgegenüber beweisen unsere Untersuchungen, daß die Fäule eine der wichtigsten Ursachen für die Windschäden ist. Bei 56% aller beobachteten, einzeln geworfenen oder gebrochenen Bäume konnte an wichtigen Bruchstellen an Stamm (3% aller Bäume), Stock (14%) oder Wurzel (39%) fortgeschrittene Fäule festgestellt werden. Da auch in unseren Untersuchungen Wurzelfäule leicht übersehen werden konnte, ist ihr Anteil in Wirklichkeit noch etwas größer. Der große Einfluß der Wurzelfäule kann nicht durch Überalterung der Bestände erklärt werden, da nur Waldungen im Alter zwischen 40 und 90 Jahren untersucht wurden.

Einzeln gefällte Bäume verursachen Lücken im Bestand, Angriffspunkte, die leicht zu Flächenwürfen führen können. Mehrere Autoren (Hess, 1916; Bosshard, 1967, und andere) haben berichtet, daß den Flächenschäden Einzelwürfe vorangegangen sind. Sofern diese Tatsache allgemein gilt, hat die Fäule für das Entstehen von Flächenschäden eine ebenso große Bedeutung wie für Streuschäden.

Die Fäule hat bei Fichten fünfmal häufiger Sturmschäden mitverursacht als bei anderen Baumarten. Die Häufigkeit der Fäule war darüber hinaus in den einzelnen Waldungen sehr unterschiedlich, wurden doch beispielsweise für die gebrochenen Fichten Prozentwerte zwischen 11 und 95 ermittelt. Die Ursachen für diese Unterschiede konnten nicht ermittelt werden. Die Zusammenhänge sind offenbar nicht einfach, und nur eine viel umfassendere Untersuchung könnte vielleicht Einflüsse von Standortsfaktoren, Mischungsverhältnissen und Bestandesgeschichte nachweisen.

Die beträchtlichen Unterschiede in der Sturmfestigkeit der verschiedenen Baumarten werden meistens mit dem artspezifischen Wurzelwerk in Zusammenhang gebracht. Es ist eine weitverbreitete Ansicht, daß Flachwurzler allgemein eine geringe, Pfahlwurzler hingegen eine hohe Standfestigkeit bei Stürmen zeigen. Diese Theorie glaubt man im Sturmverhalten der Fichte immer wieder bestätigt zu sehen. Bei der Tanne hingegen, die nach Köstler, Brückner und Bibelriether (1968) ein typisches Pfahlwurzelsystem hat, zeigt es sich immer wieder, daß die gemachten Erfahrungen nicht mit dieser Hypothese übereinstimmen (Hess, 1916; Bosshard, 1967; Volk, 1968, und andere). Schon Nördlinger (1884) weist aufgrund praktischer Erfahrungen darauf hin, daß man den Wert der Pfahlwurzel nicht überschätzen soll. Fritzsche (1933) hat in einer eingehenden und ausgezeich-

neten Untersuchung die theoretischen Grundlagen über die statische Beanspruchung der Waldbäume bei Stürmen zusammengetragen und insbesondere die mechanischen und physiologischen Bedingungen einer wirksamen Wurzelverankerung studiert. Er findet, daß die Pfahlwurzel höchst selten genügend Tiefe und Stärke aufweist und daß man ihre Wirksamkeit in der Regel zu hoch einschätzt. Auch unsere eigenen Untersuchungen konnten keine Zusammenhänge zwischen Wurzeltyp und Sturmempfindlichkeit auf vergleichbaren Standorten aufdecken.

Nach unseren Ergebnissen ist die Fichte am stärksten durch Stürme gefährdet. Ihr folgt mit nur geringer Abweichung die Tanne. Wesentlich kleiner ist die Sturmempfindlichkeit der Birke, Eiche, Buche und Föhre. Am kleinsten ist sie bei Lärche und Esche. Die Fichte weist somit von allen Baumarten die höchste Sturmanfälligkeit auf und ist gleichzeitig am stärksten durch Fäulepilze bedroht. Läßt sich diese höhere Sturmempfindlichkeit allein durch die größere Fäuleanfälligkeit erklären, oder gibt es noch andere wesentliche Unterschiede zwischen den Baumarten? Diese Frage können wir beantworten, wenn wir für jede Baumart die Zahl der sturmgeschädigten Bäume, die keinen Fäulebefall an den Bruchstellen aufweisen, mit dem Anteil der betreffenden Baumart im Bestand vergleichen. Tatsächlich bestehen auch dann noch Unterschiede in der Sturmanfälligkeit der Baumarten, wenn der Einfluß der Fäule ausgeschaltet wird. Gesunde Fichten, Föhren, Lärchen, Buchen, Eschen und Eichen sind nämlich weniger gefährdet als gesunde Tannen und Birken.

Wir haben also die Erklärung für die mit Abstand größte Sturmempfindlichkeit der Fichte unter allen Baumarten gefunden, und wenn Bosshard (1967) richtigerweise feststellt: «Es gibt kein Bestandesmerkmal, das sich deutlicher auf die Sturmempfindlichkeit ausgewirkt hätte als der Anteil der Fichte am Hauptbestand», so können wir nun abgewandelt sagen: *Es gibt kein Bestandesmerkmal, das sich deutlicher auf die Sturmempfindlichkeit ausgewirkt hätte als der Anteil fäulekranker Bäume im Bestand.*

## Résumé

### Dégâts du vent et pourriture

1. Des relevés concernant les dégâts faits par les tempêtes de l'hiver 1967 ont été faits dans 39 boisés, de 1 à 3 ha d'étendue l'un, des cantons de Zurich et de Zoug.

2. D'après les résultats par nous obtenus, c'est l'épicéa qui court le plus grand risque du fait de la tempête. Suit le sapin blanc, à peu d'écart. Le bouleau, le chêne, le hêtre et le pin sylvestre sont beaucoup moins mis en danger, qui est le moindre chez le mélèze et le frêne.

3. Chez 56 % de tous les arbres tombés isolément que nous avons examinés, une pourriture avancée est apparue aux principaux points de fracture, à la tige (3 %), à la souche (14 %) ou aux racines (39 %). L'importance de la pourriture aux racines ne peut pas être expliquée par un vieillissement excessif des peuplements: les boisés où s'est fait l'examen n'ont que de 40 à 90 ans.

4. Chez l'épicéa, la pourriture a été cinq fois plus souvent une des causes du dégât que chez d'autres essences. La fréquence de la pourriture était en outre très variable dans les divers boisés, le pourcentage allant de 11 à 95 % pour les épicéas cassés. La raison de ces différences n'a pu être établie. Il semble bien que les rapports sont tout sauf simples. Seule une enquête beaucoup plus étendue révélerait, peut-être, le rôle que jouent les facteurs de la station, les conditions de mélange et la genèse des peuplements.

5. L'épicéa est donc, de toutes les essences, la plus fortement mise en danger par les tempêtes et, en même temps, celle qui est la plus menacée par les champignons de pourriture. Cette plus grande réceptivité aux champignons de pourriture explique l'extension des dégâts dûs à la tempête. En se basant sur des calculs statistiques, on peut démontrer que le sapin et le bouleau seraient en plus grand péril que l'épicéa si la pourriture n'entraînait pas en jeu.

6. L'importance économique de la pourriture est donc plus considérable qu'on ne l'a admis auparavant. Il convient d'en tenir compte dans le choix de l'âge de régénération, celui des essences et les soins culturaux. *Traduction: E. Badoux*

### Literatur

*Bosshard, W.*, 1967: Erhebungen über die Schäden der Winterstürme 1967. Schweiz. Zeitschr. für Forstwesen, 118, 12, 806—820

*Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf*, 1967: Versuch einer Schätzung der Windfallschäden Februar/März 1967. Unveröffentlichter Bericht

*Fritzsche, K.*, 1933: Sturmgefahr und Anpassung. Thar. Forstl. Jb., 84, 1, 1—94

*Hess, R.*, 1916: Der Forstschutz. 4. Aufl., bearb. von *R. Beck*, 2. Bd. Verlag Teubner, Leipzig und Berlin, 461 S.

*Köstler, J. N., Brückner, E., und Bibelriether, H.*, 1968: Die Wurzeln der Waldbäume. Verlag Parey, Hamburg und Berlin, 284 S.

*Nördlinger, H.*, 1884: Lehrbuch des Forstschutzes. Verlag Parey, Berlin, 520 S.

*Volk, K.*, 1968: Über die Sturmschäden in Südbaden. Allg. Forst- u. Jagdztg., 139, 3, 45—56