

Tornado- und Downburstschadensskala für Holzgewächse, basierend auf der Skalierung nach TORRO angepasst für Mitteleuropa (TorDACH)

Martin Hubrig
(Freiberuflicher Diplom-Forstwirt und Assessor des Forstdienstes)

Zusammenfassung

Diese Schadensskala, die auf der Skalierung nach TORRO basiert, soll dem Praktiker erstmals die Möglichkeit einer im Nachhinein-Abschätzung von Sturmintensitäten anhand an Holzgewächsen aufgetretenen Sturmschäden geben. Im Gegensatz zu Bauwerken ist eine genaue Zuordnung von an Holzgewächsen aufgetretenen Sturmschäden zu diesen entsprechenden Windgeschwindigkeitsbereichen viel komplizierter. Für eine Beurteilung sind daher möglichst genaue Kenntnisse der Stabilitätseigenschaften, der Resistenz und mögliche Schadensbilder von Holzgewächsen gegenüber starken Stürmen erforderlich.

Diese hängen von vielen verschiedenen Faktoren ab. Hierzu gehören die Baumart und Taxonomie, die Herkunft, das Wurzelsystem, die Baumhöhe, die Kronen- und Stammform, der Standort, Holzeigenschaften, das Alter, die Vitalität, mögliche Schwächung durch Holzfehler, Krankheiten und Holzfäulen und bei Waldbeständen Bestandescharakteristika.

Es werden die drei aus der Literatur bekannten Arten von Sturmschäden, der Stammbruch, der Sturmwurf und die Druckschäden, beschrieben. Ergänzt werden diese durch zwei sehr seltene Schadensarten, die bei starken Tornados auftreten: *Entrindung* und *Herausreißen*. Anhand der Schadensart unter Berücksichtigung der zuvor beschriebenen Holzgewächs-, bzw. Waldbestandeigenschaften lassen sich Rückschlüsse auf die Größenordnung der Windgeschwindigkeit des Sturmereignisses ziehen. Auf diese Weise ist eine Differenzierung von T0 (einzelne Äste brechen) bis zu T6 (kein heimisches Holzgewächs übersteht) möglich. Wenn man das Kriterium Entrindung als Schadensart hinzunimmt, kann je nach Intensität der Entrindung bis auf T9 - Schäden geschlossen werden.

Abstract

This damage-scale, based on TORRO-scale, shall give the practitioner the possibility of an „afterwards-estimation“ of storm intensity from storm damage at woody plants. In contrast to buildings an exact classification of storm damage at woody plants to the corresponding wind speed area is much more complicated. For estimation a precise knowledge about the stability of woody plants, its resistance against strong storms and possible damage types is necessary.

These depend on many factors. To these belong the tree species and taxonomy, the provenance, the root-system, the tree height, the crown and stem form, the location, wood characteristics, the age, the vitality, possible weakening in cause of wood defects, diseases and wood rots and in the case of forest stands stand parameters.

There is given a description of the known types of damages from storm: Windbreak, windblow and pressure damage. These will be completed by two very rare damage types, which occurs by strong tornadoes: *Debarking* and *pulling out*. In view of the facts described before, you can draw conclusions to the wind speed area of a storm event. So it is possible to make distinctions from T0 = (single branches breaks) to T6 (no indigenous woody plant will survive). If you add the criterion „debarking“ as a type of damage, you can draw conclusions according to the intensity of debarking until T9 damage.

Zweck der hier vorgestellten Skala

Hiermit soll dem Praktiker vor Ort eine Möglichkeit zur „Im Nachhinein-Einschätzung“ von Sturmintensitäten anhand der Schäden an Holzgewächsen gegeben werden. Während dies für Gebäude anhand der gegenüber der Fujita-Skala deutlich feiner skalierten TORRO-Skala, die von Dotzek et. al. 2000 für mitteleuropäische Verhältnisse angepasst wurde, bereits ziemlich genau möglich ist, fehlt eine einigermaßen fundierte Einschätzung für Holzgewächse bisher.

Wege zur hier vorgestellten Skala

Die hier vorgestellte Tornado- und Downburst-Schadensskala für Holzgewächse basiert auf Analogieschlüssen zwischen aufgetretenen Gebäudeschäden und Schäden an Holzgewächsen. Diese wurden bei Vor-Ort-Recherchen innerhalb mehrerer Schadensbereiche, die durch verschiedene schwere lokale Sturmereignisse verursacht wurden, gezogen.

Aufgrund der Lage von Holzgewächsen und betroffenen Gebäuden innerhalb dieser Schadensbereiche war in allen untersuchten Fällen davon auszugehen, dass Einwirkdauer, Art des Windes und Windgeschwindigkeit an diesen jeweils in derselben Größenordnung lagen.

Die Gebäudeschäden waren zum Zeitpunkt der Recherchen überwiegend bereits behoben, oder durch begonnene Aufräumarbeiten zumindest minimiert und verändert. Daher mussten für die Einschätzung der Intensität Zeitungsbilder, Fotos, die Betroffene gemacht hatten oder Augenzeugenberichte herangezogen werden. In den betroffenen Waldteilen hatten zwar auch teilweise bereits Aufräumarbeiten begonnen, doch gab es hier noch genügend unbeeinflusste Bereiche.

Einigermaßen zutreffende Windmessungen lagen nicht vor, da sich in keinem der Fälle ein Windmessgerät im Bereich der intensivsten Schäden befand.

Untermuert und zu den untersten Schadensintensitätsstufen hin ergänzt werden diese Einschätzungen anhand mehrfacher Beobachtung verschieden intensiver, bei großflächigen Wintersturmereignissen aufgetretenen Schäden. Für diese Ereignisse lagen oftmals Windgeschwindigkeitsangaben vor, die zumindest in der Größenordnung auch für die betroffenen Waldteile als repräsentativ gelten dürften. Als weitere Indizien flossen Erkenntnisse, die der forstlichen Literatur zu entnehmen sind, ein.

Schwierigkeiten einer genauen Ermittlung anhand aufgetretener Schäden

Für eine Eingrenzung von Schadensintensitätsstufen bedarf es:

- der Abschätzung, wie resistent die fraglichen Individuen gegenüber hohen Windlasten sind. Hier gibt es große Unterschiede zwischen den Holzgewächsen, die auf verschiedene Parameter, wie Art, Alter, Herkunft, Standort und sonstigen Wuchsbedingungen (z. B. Bestandescharakteristika) zurückzuführen sind,
- Der Kenntnis über die möglichen Arten von Sturmschäden an den Holzgewächsen selbst,
- einer Analyse des Witterungsverlaufs, denn unterschiedliche meteorologische Gegebenheiten bedingen, dass dieselbe Windgeschwindigkeit unterschiedliche Schäden am gleichen Individuum zur Folge haben kann.

Anders als bei Gebäuden stellt sich die im Nachhinein-Ermittlung von Windgeschwindigkeitsbereichen anhand der Schäden an Holzgewächsen als sehr kompliziert dar:

Ein Baum reagiert sehr sensibel auf Veränderung der auf ihn einwirkenden Windgeschwindigkeit: Je stärker der Wind ist, desto mehr weichen die beweglichen Teile eines Baumes diesem aus. Bis hin zu dickeren Ästen stellen sich dessen Triebe in die Windrichtung ein, weichen dem Stoß aus, vermindern ihre Querschnittsfläche, erleichtern der Luft das seitliche Abstreichen und reduzieren den sogenannten luftverdünnten Raum auf ein Minimum, wodurch der Sogeffekt erheblich gemindert wird. Hierdurch entziehen sich die auf den Baum einwirkenden Kräfte einer genauen Berechnung.

Gegenteilige Effekte können durch sehr plötzlich einsetzende Sturmböen mit extrem hohen Windgeschwindigkeiten eintreten. In diesem Fall haben die beweglichen Teile des Baumes nicht mehr die Zeit, sich auf den Winddruck einzustellen. Auch eine Aufschaukelung, bzw. Resonanzbewegungen der Bäume können das Schadensbild verstärken, bzw. stärkere Windschäden hervorrufen, als dies durch den bloßen Staudruck einer bestimmten Windgeschwindigkeit verursacht würde.

Ein weiterer wichtiger Effekt für die Erhöhung des Schadenspotentials gegenüber der bloßen Windgeschwindigkeit muss darin gesehen werden, dass der Wind nicht nur über Druck- und Sogkräfte auf seine Umgebung wirkt. Durch mitgeführte Partikel oder Gegenstände (Äste und andere Trümmerteile, aber auch durch intensiven Niederschlag wie Starkregen und insbesondere Hagel) wird dessen Wirkung erheblich verstärkt, so z.B. der direkte Staudruck.

Aufgrund der Komplexität dieser Sachverhalte ist erkennbar, dass die im folgenden vorgestellte Skala nicht messtechnisch oder aufgrund physikalischer Berechnungen ermittelt wurde, sondern auf jahrelanger Beobachtung von Schadensbildern beruht. Es handelt sich also um eine gutachterliche Einschätzung.

Zur Gewinnung exakter Aussagen, ab welchen Windgeschwindigkeiten es bei bestimmten Bäumen zu genau definierten Schadensausprägungen kommt, könnten meiner Meinung nach nur Großversuche an Holzgewächsen im Windkanal unter in-situ - Bedingungen in Frage kommen. Dennoch dürfte die hier vorgestellte Skala der Realität wesentlich näher kommen als die Ausführungen, die in der TORRO-Skala, angepasst für Mitteleuropa, für Holzgewächse gemacht wurden.

Parameter zur Beurteilung der Resistenz von Bäumen gegenüber Windlasten

Es gibt große Unterschiede in der Festigkeit zwischen den verschiedenen Baumarten, deren Ursachen mannigfaltig sind. Die Schwankungsbreite zwischen den verschiedenen Individuen innerhalb einer Art kann jedoch ebenfalls sehr groß sein. Dies ist durch unterschiedlichen Habitus aufgrund verschiedener Herkunft (Provenienz oder Rasse) einer Art, aber auch diverser Umwelteinflüsse und Wuchsbedingungen zu begründen. Eine genauere Betrachtung der im folgenden Text aufgeführten Parameter, die unterschiedliche Standfestigkeiten von Holzgewächsen gegenüber Windlasten charakterisieren, wird daher immer erforderlich sein.

- Baumart, Taxonomie: Laubbäume sind – auch im belaubten Zustand und damit auch während der Vegetationsperiode – im allgemeinen sturmfester als Nadelbäume. Im Winter ist der Festigkeitsvorteil von Laubbäumen gegenüber den Nadelbäumen noch deutlicher, da erstere aufgrund des dann nicht vorhandenen Laubes weniger Windwiderstand aufweisen.
- Herkunft (Provenienz): Es können große innerartliche Variabilitäten vorkommen, die häufig herkunftsbedingt sind. Bei vielen Baumarten haben sich regionale oder lokale Rassen ausgebildet, die sich an dort vorherrschende Umweltbedingungen gut angepasst haben.
- Wurzelsystem: Das Wurzelsystem hat einen hochsignifikanten Einfluß auf die Standfestigkeit. Generell gilt die Regel: Je tiefer ein Wurzelsystem in die Erde reicht und je schwerer dieses in Relation zur Baumhöhe und Kronenvolumen ist, desto fester ist der Baum verankert.
- Baumhöhe, Baumgröße: Große Bäume sind nicht sturmfester als kleine. Fast immer das Gegenteil ist der Fall. Großen Festigkeiten großer Stammdurchmesser (gesundes Holz vorausgesetzt) und großen, fest im Boden verankerten Wurzeltellern stehen aufgrund überproportional größerer Kronenvolumina dieser Bäume überproportional große Einwirkflächen für Windlasten entgegen. Darüber hinaus nimmt mit zunehmender Baumhöhe in der Regel auch die Windgeschwindigkeit, denen Bäume und vor allem höher gelegene Kronenteile ausgesetzt sind, zu.
- Die morphologischen Merkmale von Einzelbäumen (Formigkeit von Stamm und Krone, Wurzelsystem) oder der Aufbau und die Zusammensetzung von Waldrändern haben einen hohen Einfluss auf die mögliche Resistenz gegenüber schweren Stürmen. Da bei

Einzelbäumen und Waldrändern meistens eine höhere Stabilität gegenüber Stürmen zu beobachten ist, eignen diese sich gut zur Differenzierung stärkerer Sturmereignisse.

- Der Standort hinsichtlich der Verankerungsmöglichkeit von Bäumen im Boden steht eignet sich gut zur Differenzierung schwächerer Sturmereignisse. Hierzu sind möglichst genaue Kenntnisse der vorliegenden Bodentypen und Bodenarten erforderlich. Auf allen skelettarmen Böden mit überwiegend feinen Bodenarten (Schluff- oder Tonfraktionen überwiegen) ist von einer Bodenaufweichung und damit Labilisierung bei starken oder langanhaltenden und damit ergiebigen Niederschlägen auszugehen. Bei stärkeren Stürmen tritt ein Nivellierungseffekt zwischen labilen und stabilen Standorten ein.
- Bestandescharakteristika, wie Bestandesart- und Bestandesaufbau, Bestandesalter, Einfluss der Bestandesbehandlung (z.B. Durchforstungszustand) und Baumartenzusammensetzung eignen sich gut zur Differenzierung schwächerer Sturmereignisse.
- Holzeigenschaften: Relevant sind hier die Festigkeitsparameter Druck-, Zug- und Biegefestigkeit.
- Baumalter: Bei älteren Bäumen ist Vorsicht beim Rückschluss von der Schadensintensität auf die zuvor auf diese einwirkende Windintensität geboten. In höherem Alter vermehrt auftretende Holzfehler und Holzfäulen setzen die Stabilität signifikant herab.
- Vitalität: Generell ist der Gesundheitszustand von Bäumen, insbesondere der Wurzelzustand und die Stabilitätsminderung durch Holzfäulen ein wichtiges Indiz zur Beurteilung der Standfestigkeit.

Ursachen von Sturmschäden

Nach einer Untersuchung von GRAVENHORST et. al. (1991) reicht bei starken Stürmen die bloße Windgeschwindigkeit aus, um für Schäden verantwortlich zu sein. Die Dauer und die Windrichtung ist bei sehr starken Stürmen von untergeordneter Bedeutung für die Ursache hoher Sturmschäden.

Arten von Sturmschäden

Stammbruch

Bei Stammbruch wird aufgrund von mechanischer Überbeanspruchung der Stamm, der Stock oder die Wurzel gebrochen, wobei aber zumindest Teile des Wurzelwerkes in ihrer ursprünglichen Lage im Boden verbleiben. Bei Schäden an Stamm- und Krone werden Schaft-, Wipfel-, Ast- und Stauchbrüche (Faserstauchungen) unterschieden.

Die Brucharten überwiegen auf stabilen Standorten. Auf diesen sind die Bäume aufgrund der Bodeneigenschaften in der Lage, sich fest zu verankern. Dies sind z.B. lockere, tiefgründige, höchstens unwesentlich hydromorphe Sandböden, Böden mit skelettreichem, aber gut durchwurzelbarem Untergrund oder tief durchwurzelte, in sommerlichen Witterungsperioden ausgetrocknete Böden (Lößböden).

Sturmschäden in Form von Stock- oder Stammbrüchen treten vorwiegend bei kurzzeitigen, großen dynamischen Windbelastungen – den hier betrachteten Tornados und Downbursts – auf, weil dann der Winddruck die Biegefestigkeit der Baumstämme überschreitet.

Bei plötzlichen, sehr starken Windböen kann es sogar bei nicht fester Verankerung zu Stammbrüchen kommen, weil die Windlast nicht schnell genug auf die Wurzeln übertragen werden kann.

Generell: Je plötzlicher und stärker der Sturm, desto höher ist der Anteil an Stammbrüchen. Daher gilt die Regel, dass Stammbrüche im allgemeinen eher auf hohe bis sehr hohe Windintensitäten hindeuten.

Sturmwurf

Sturmwurf ist dann eingetreten, wenn die Wurzel eines Baumes ihre Lage verändert hat. Es reißen zuerst die luvseitigen Wurzeln, worauf die leeseitigen geknickt werden. Sturmwurf entsteht bei unzureichender Verankerung. Die Verankerung eines Baumes ist abhängig von der baumartenspezifischen Wurzelbildung, dem Standort und dem aktuellen Bodenzustand.

Bei der Wurzelbildung gibt es große Unterschiede zwischen verschiedenen Arten, aber auch innerhalb der gleichen Art aufgrund des Standorts, der Begründungsart, vorliegenden Wuchsbedingungen und genetischer Variabilität.

Labile Standorte sind alle stärker wasserbeeinflusste, skelettarme Böden, in denen die Wurzeln nur ungenügende Verankerungsmöglichkeiten finden. Dies gilt insbesondere dann, wenn feine Bodenarten der Schluff- und/oder Tonfraktionen überwiegen.

Der aktuelle Bodenzustand modifiziert die Verankerung von Wurzeln im Boden erheblich: Feuchte, aufgeweichte Böden – dies ist insbesondere nach längeren feuchten Witterungsperioden in den Wintermonaten der Fall, bieten dem Wurzelsystem weniger Halt.

Als stabil geltende Standorte wurden zuvor beim Stammbruch beschrieben.

Bei Brüchen im Wurzelbereich ist eine im Nachhinein-Unterscheidung, ob der Baum geworfen oder im Wurzelbereich gebrochen ist, aufgrund von nachträglichen Wurzelbrüchen beim Fallvorgang selbst, schwierig.

Daher wird in der Praxis nur zwischen Windwurf (im Falle eines Wurzelbruchs und des Sturmwurfs) und Windbruch (im Falle eines Stock- oder Stammbruchs) eines Baumes unterschieden.

Allgemein kann gesagt werden, dass Sturmwurf eher ein Indiz für geringere Windintensitäten ist.

Druckschäden

Ein seltener Sturmschadenstyp, der – jahreszeitenspezifisch – eher während der Vegetationsperiode, von Mai bis September, wenn ein starker Sturm die Bäume im Vollaft trifft, auftritt. Während dieser Zeit ist die Schnellkraft von Holzgewächsen herab-, die Biegefestigkeit jedoch heraufgesetzt. Beim Überschreiten der Holzfestigkeit verhindert die Schädigung der Holzstruktur ein Zurückschnellen des Baumes in die Ausgangslage. Permanent umgebogene oder schiefstehende Bäume sind die Folge.

Bei sehr plötzlichen, starken Windstößen – nach Analogieschlüssen an betroffenen Gebäuden ab T4 aufwärts – erleiden junge (unter 30 jährige), fest verwurzelte Bäume mit noch sehr hoher Biegefestigkeit irreversible Druckschäden, d. h. diese richten sich nach der Belastung nicht wieder auf.

Druckschäden kann man oft am Rand von Schadensschneisen beobachten. Offenbar reicht hier die Windintensität für ein Brechen der Bäume nicht aus. Daher müssen auch die Druckschäden mit der Ausnahme, wenn diese an jungen Bäumen und Sträuchern auftreten, als Indiz für geringere Windintensitäten gelten.

Entrindung

Bekannt ist die Entrindung stehender Baumteile bei verheerenden Tornados ($\geq T7/8$ oder $\geq F4$). Diese wird nicht durch die Windgeschwindigkeit unmittelbar, sondern durch die mit hoher Geschwindigkeit mitgeführten Kleintrümmer wie Staub, Sand, Steinchen und ähnliches verursacht (Sandstrahleffekt). Auch für Mitteleuropa gibt es Beispiele für derartige Sturmschäden, wie den Tornado von Hainichen im Erzgebirge am 23. April 1800.

Herausreißen

Dieser Schaden kann bei stärkeren Tornados dann auftreten, wenn starke Sogkräfte die Verankerungsfestigkeit und das Gewicht von Holzgewächsen überschreiten. Es ist davon auszugehen, dass diese Art von Schaden mit der Zunahme von Tornadostärken exponentiell zunimmt. Aufgrund der wenigen in Deutschland bisher genauer untersuchten stärkeren Ereignisse liegen hierzu keine konkreten Angaben vor. Einzelne Beispiele für eine Herausreißen ganzer Bäume oder gar Baumgruppen sind durch Augenzeugen belegt. Auch anhand des Wurfbildes einer älteren Buche in einem untersuchten Fall ist von der Existenz dieser Art von Sturmschaden auszugehen.

Schlussfolgerungen:

Sturmschadenskala für Holzgewächse, basierend auf der Skalierung nach TORRO angepasst für Mitteleuropa (TorDACH)

- T0** Einzelne Äste beginnen abzubrechen. Kranke (z.B. Holzfäulen) oder besonders labile Bäume (lange dünne Stämme, hoch angesetzte Krone, geringes, flaches Wurzelwerk) können brechen oder entwurzelt werden (bei Wurzelfäulen und/oder auf labilen, durchnässten Standorten).
76 ± 14 km/h
- T1** Äste, auch starke und gesunde brechen vermehrt, insbesondere während der Vegetationszeit, in der Laubbäume belaubt sind. Kranke (z.B. Holzfäulen) oder besonders labile Bäume (lange, dünne Stämme, hoch angesetzte Krone, geringes, flaches Wurzelwerk) brechen häufig oder werden entwurzelt. Bäume mit Wurzelschäden/fäulen oder auf labilen, durchnässten Standorten werden geworfen.
104 ± 14 km/h
- T2** Zahlreiche Äste, auch starke und gesunde brechen, insbesondere während der Vegetationszeit, in der Laubbäume belaubt sind. Kranke (z.B. Holzfäulen) oder labile Bäume (lange, dünne Stämme, hoch angesetzte Krone, geringes, flaches Wurzelwerk) werden nahezu immer gebrochen oder entwurzelt. Bäume mit Wurzelschäden/fäulen oder auf labilen, durchnässten Standorten werden nahezu vollständig geworfen. Auch weniger fest verwurzelte, gesunde Bäume werden entwurzelt bei witterungsbedingt durchweichten Böden bestimmter, nicht unbedingt labiler Standorte (z.B. mächtige Lößlehme). Art- und rassenspezifisch weniger stabile Bäume, z.B. breitkronige Flachlandfichten werden geworfen oder bereits gebrochen, während schlanke Berglandfichten oder gesunde Eiche stehen bleiben. Bäume in Waldbeständen, die aufgrund der Bestandesstruktur keine gute Einzelbaumstabilität aufweisen (zu enge Verbände, unterlassene Pflegeeingriffe, insbesondere Nadelhölzer in Monokulturen) werden meistens geworfen oder gebrochen. Während der Zeit des Saftstromes treten an Bäumen mit stabiler Verwurzelung, aber labileren Stämmen häufiger Druckschäden auf.
135 ± 16 km/h
- T3** Zahlreiche Äste, auch starke und gesunde brechen; auch außerhalb der Vegetationszeit, in der Laubbäume unbelaubt sind. Auch stabile und gesunde Bäume werden vermehrt geworfen oder bereits gebrochen. Während der Zeit des Saftstromes sind Druckschäden relativ häufig.
167 ± 16 km/h
- T4** Auch stabile Bäume/Waldbestände werden fast immer/vollständig geworfen oder gebrochen. Großkronige Bäume werden, sofern besonders stabil verwurzelt, meistens gebrochen. Sofern Bäume noch stehen bleiben, wird die überwiegende Anzahl der Äste, auch die in unbelaubtem Zustand, abgerissen. Der Anteil an Druckschäden geht zugunsten gebrochener Bäume stark zurück.
202 ± 18 km/h

T5 Auch stabilste Bäume oder Sträucher, wie Randbäume, winderprobte Hecken, Büsche und Feldgehölze werden fast zu 100% geschädigt; entweder durch entwurzeln (herausreißen), Stamm- oder Kronenbruch oder durch abreißen der überwiegenden Zahl der Äste, insbesondere fast allen Feinreisigs.
238 ± 18 km/h

T6 Kein heimisches Holzgewächs übersteht - falls der Stamm stehen bleibt - solch einen Sturm ohne schwerste Schäden.
275 ± 20 km/h

T7 (315 ± 20 km/h) oder **T8** (356 ± 22 km/h), nach Fujita erst ab **F4** (334 - 422 km/h):
Beginnende Entrindung stehenbleibender Baumstämme oder Baumteile (bedingt durch mit hoher Geschwindigkeit umherfliegende Kleintrümmer wie Sand u. ähnliches).

T9 Totale Entrindung stehenbleibender Baumstämme oder Baumteile.
400 ± 22 km/h

Zusatzbemerkungen:

A) Bei lediglich aufgetretenen Astschäden – also geringen Sturmintensitäten – muss beachtet werden, dass sich insbesondere bei alten und subvitalen Baumindividuen oftmals Äste – meistens Totäste - finden, die auch bei Winden unterhalb der Sturmstärke herabfallen können. In meiner Praxis habe ich an über 150 jährigen Buchen und Eichen selbst bei völlig ruhigem Wetter auch stärkere Totäste (bis > 5cm Astdurchmesser) herabfallen sehen. Innerhalb besiedelter Bereiche, also in Gärten, Parks, Alleen etc. sollte derartiges allerdings aus Gründen der Verkehrssicherungspflicht der jeweiligen Eigentümer nicht vorkommen.

B) Einen über Waldbeständen aufgetretenen F0, d.h. T0 und T1 Tornado wird man im nachhinein bis auf seltene Ausnahmen nicht mehr von anderen Sturmschäden unterscheiden können, da die Schäden durch diesen zu unspezifisch und kleinräumig (aufgrund des bei F0 geringen Trombendurchmessers) sind. Ein F0 verursacht in Waldbeständen höchstens Einzel-, Reihen-, Nester- und Gassenwürfe. Diese Schäden kann aber auch ein normaler, unterorkaniger Sturm verursachen. Eine Ausnahme ist dann gegeben, wenn die Art der Verdriftung von abgerissenen Ästen eines im Schadensbereich einzigartigen Baumindividuums Rückschlüsse auf die Art des Sturmes ermöglicht. Beispielsweise wenn abgerissene Äste einer im Schadensbereich in nur einem Exemplar vorkommenden Baumart so abgelagert wurden, dass dieses nur durch eine mäandrierend ziehende Trombe erklärbar scheint.

C) Wie bei Gebäudeschäden gelten für die Einstufung eines Sturmereignisses die intensivsten Schäden, die dieses verursacht hat. Diese müssen im Verlauf der Sturmbahn aber nicht immer eintreten. So sind auch beim Pforzheimer Tornado an vielen Stellen stabile Waldränder stehen geblieben (dahinter wurden alle Waldbäume entwurzelt), während anderswo die Schäden bis in den T8-Bereich gingen.

D) Bei einem Drehbruch von Bäumen darf nicht sogleich auf einen Wirbelsturm mit vertikaler Achse (Trombe; überwiegend Großtrombe = Tornado) geschlossen werden. Als Ursachen können auch noch in Frage kommen:

- Drehwuchs an Bäumen,
- Asymetrische Kronen,
- Plötzliche Windrichtungsänderungen,
- Torsionsschwingungen der Bäume, die bei einmaligen, sehr starken Windböen neben der bei schwächeren Stürmen auftretenden Biegeschwingung auftreten, bzw. diese dann überlagern.

In diese Arbeit eingeflossene Literatur

- BROSSMANN, L. (1968): Der Tornado von Pforzheim. Schadensbild, Schadensumfang und Hilfsmaßnahmen. AFZ 23, 640-642.
- BURSCHEL, P. (1990): Erfahrungen aus dem großen Sturm in Südost-England im Oktober 1987. AFZ 45, 942.
- DOTZEK, N.; BERZ, G.; RAUCH, E.; PETERSON, R. E. (2000): Die Bedeutung von Johannes P. Letzmans "Richtlinien zur Erforschung von Tromben, Tornados, Wasserhosen und Kleintromben" für die heutige Tornadoforschung. Meteor. Z., 9, 165-174.
- FAUST, H. (1948): Untersuchungen von Forstschäden hinsichtlich der Windstruktur bei einer Böe. Meteorol. Rdsch. 1, 290-297.
- GRAVENHORST, G.; GIESEMANN, J.; KREILEIN, H. (1991): Feststellung von Beziehungen zwischen Sturmschäden und außergewöhnlichen meteorologischen Einflüssen im „Vorderen Hunsrück“. Endbericht eines Teilprojektes des Forschungsschwerpunktes „Sturm- und Immissionsschäden im Vorderen Hunsrück“ „SIMS“. Institut für Bioklimatologie, Forstwiss. Fachbereich der Georg August Universität, Göttingen, 115 S..
- HUBRIG, M. (1999): Dokumentation der Sturmschäden vom 29.6.1997 in Niedersachsens Wäldern, verursacht durch „Schwere Lokale Stürme“. Aus dem Walde, Heft 52, 135 S..
- HÜTTE, P. (1967): Die standörtlichen Voraussetzungen der Sturmschäden. Forstw. Cbl. 86, 276-295.
- KOHLBACH, W. (1955): Die Westharztrombe vom 4. Mai 1952, Meteor. Rdsch. 8, 90-92.
- KREMSER, W. + AUTORENKOLLEKTIV (1977): Dokumentation der Sturmkatastrophe vom 13. November 1972. Aus dem Walde, Heft 27, 403 S..
- MAYER, H. (1985): Baumschwingungen und Sturmgefährdung des Waldes. Münchener Universitäts-Schriften, Wissenschaftliche Mitteilung Nr. 51, 247 S..
- MITSCHERLICH, G. (1974): Sturmgefahr und Sturmsicherung. Schweiz. Z. Forstwes., 125, 199-216.
- MÜLDNER, W. (1950): Die Windbruchschäden des 22.7.1948 im Reichswald bei Nürnberg, ein Beispiel für ein Wirbelfeld als Teilerscheinung einer Böenfront. Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone 3, Nr. 19, 1-29.
- Münchener Rück (1990): Sturm - Neue Schadendimension einer Naturgefahr. München, 116 S..
- Otto, H.-J. (2000): Waldbauliche Erfahrungen nach Sturmkatastrophen – eine Rückschau in Niedersachsen. Forst und Holz 55, 371-376.
- ROTTMANN, M. (1986): Wind- und Sturmschäden im Wald, Frankfurt a. M.: J. D. Sauerländer's Verlag, 128 S..
- SCHMIDT-HAAS, P.; BACHOFEN, H. (1991): Die Sturmgefährdung von Einzelbäumen und Beständen. Schweiz. Z. Forstwes., 142, 477-504.
- WOELFLE, M. (1937): Sturmschäden im Walde. III. Mitteilung (Schluß). Forstw. Cbl. 59, 565-588.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.