



Grundsätzliches zur Ermittlung der Windlast und zur Stammquerschnittstheorie*

GÜNTER SINN und THOMAS SINN

* Entnommen der Broschüre: MESSMETHODEN ZUR STAND- UND BRUCHSICHERHEITSÜBERPRÜFUNG VON BÄUMEN
-Arbeitsstelle für Baumstatik (AfB)-

Die einseitige Kritik an den Windlastannahmen für Bäume im Zusammenhang mit Messungen der Stand- und Bruchsicherheit und die Empfehlung: "Man verzichtet auf jegliche Windlastermittlung und messe den Stammquerschnitt" [15], erfordern eine Richtigstellung. Die Verfasser vertreten die Meinung, daß sich zutreffende Aussagen zur Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen immer nur auf die von außen einwirkende Kraft, in erster Linie die Windlast, beziehen können. Der Wind ist Auslöser des Windwurfes und bis auf wenige Ausnahmen auch des natürlichen Baumbruches.

Der Windlastermittlung liegt keine Berechnung des Naturphänomens "Wind" zugrunde, sondern eines ganz bestimmten Last-Grenzfalles, der unter Windeinfluß auftreten kann.

Die rechnerisch anzusetzende Windlast, die den Zugversuchen zugrunde liegt, richtet sich, wie im Bauwesen (DIN 1055, [19]), nach den Windlastannahmen.

Bäume sind je nach Art, Alter, Größe, Zustand und Standort bis zu einem bestimmtem Lastfall sicher gegen Kippen oder Brechen.

Die Lastannahmen orientieren sich an einem Lastfall, der für den betreffenden Baum bei einer Freiland-Windstärke 12 nach Beaufort eintreten kann.

Der Wind ist eine dreidimensionale vektorielle Größe. Er wechselt permanent die Intensität und Richtung, in Abhängigkeit von jahreszeitlichen, geographischen und landschaftlichen Gegebenheiten [43]. Deshalb kann niemand in letzter Konsequenz die variablen Windereignisse und ihre Auswirkungen auf eine Struktur vorausberechnen. Für eine Verkehrssicherheitsaussage ist dies auch nicht erforderlich. Es muß ein Last-Grenzfall angenommen werden, der die für die Windbelastung der Struktur relevanten Umstände des Einzelfalles (Standort, Baumgröße, Laubdicke etc.) in Bezug zur Windstärke berücksichtigt.

Die Windlastermittlung erfolgt nach der Staudruckformel

$$W = c_w * q * A,$$

modifiziert in Anlehnung an DAVENPORT und MAYHEAD.

Der Ausgangs- c_w -Wert und der Standortfaktor werden vom Meßverantwortlichen festgelegt. Die Flächenbestimmung des Baumes erfolgt unter Berücksichtigung der größten Windangriffsfläche durch Digitalisierung einer Baumfotografie. Die Berechnungen werden unter Berücksichtigung der Standorthöhe des Baumes üB. NN mit entsprechendem Luftdruck und für die Jahresdurchschnittstemperatur Deutschlands (14 °C) durchgeführt. Beim Bezug der Windlast auf die jeweilige Windstärke nach Beaufort wird die jeweils maximale im Windstärkenbereich auftretende Windgeschwindigkeit berücksichtigt. Die für den jeweiligen Standort typischen dynamischen Windlastverstärkungsfaktoren aufgrund Böigkeit und Schwingung werden ausgewiesen" [12].



Unwägbarkeiten, insbesondere durch unvorhersehbare, lasterhöhende Umstände, werden durch vertretbare Sicherheitsabstände berücksichtigt. Diese Sicherheitsabstände ergeben sich u.a. durch Auslassung winddämpfender Baumeigenschaften und Einbeziehung einer maximalen offenen Kronenfläche sowie eines empirisch ermittelten cw-Wertes in die Staudruckberechnung.

Die Windlastannahmen, die bei Anwendung der AfB-Methode (Zweipunktmessung) von der Arbeitsstelle für Baumstatik eingesetzt werden, stellen einen Standard dar, der zu realitätsnahen Aussagen zur Verkehrssicherheit führt und auch gravierend vorgeschädigten Bäumen eine Überlebenschance läßt [42].

Sie entsprechen dem derzeitigen Stand des Wissens [13]. Laut Statistik sind aufgrund der Meßergebnisse, auf der Basis der o.g. Lastannahmen, über 90 % der vermeintlichen Problembäume standsicher und können belassen werden. Damit fallen Erneuerungskosten wesentlich später an. In ökonomischer und ökologischer Hinsicht ist dies von besonderer Bedeutung.

Außer der Inclinomethode, die auf dem gleichen Meßprinzip, ähnlichen Ansätzen zu den Lastannahmen, jedoch anderer Auswertung beruht, fehlt bisher allen weiteren Untersuchungsmethoden zur Verkehrssicherheitsüberprüfung von Bäumen der Bezug zur Windlast, die i.d.R. in Verbindung mit Baumschäden die Ursache der Kipp- und Bruchgefährdung ist.

Der Stammquerschnittstheorie liegt die Annahme zugrunde, vom Stammumfang auf die Windlast schließen zu können. Zitate in [15]: "Der Stammumfang ist ein Maß für die erfahrene Windlast" und "Da der Stammumfang ein Maß für die erfahrende Windlast ist, kann man auf eine Windlastabschätzung getrost verzichten."

Diese Vermutung beruht auf verschiedenen Erkenntnissen, so z.B. auf der Feststellung, daß freistehende Bäume mit großer Kronenfläche und dadurch relativ hoher Windlast im Regelfall auch einen größeren Stammdurchmesser aufweisen als kleinkronige Bäume. Durch Messung der Stammumfänge oder -querschnitte auf die äußere Belastung durch Wind zu schließen, erscheint somit plausibel.

Tatsächlich sind bestimmte Ausprägungen der Stamm- oder Kronenform indirekt oder direkt durch Wind beeinflusst, so z.B. die Ovalisierung des Stammes durch Bildung von Reaktionsholz aufgrund veränderter Gleichgewichtsbedingungen (u.a. Schräglage des Stammes durch Windeinfluß) [44] oder die Deformation windgepeitschter Kronen an der Küste oder im Hochgebirge.

Solche Verformungen können Hinweise auf die Windlast geben, nicht aber der Stammumfang oder -querschnitt, der das Ergebnis einer Vielzahl von Einflüssen ist.

Nach ZIMMERLE (1939, 1942) zitiert in [17] wurde von windbeeinflußtem exzentrischem Wachstum der Schäfte von Fichten und Tannen nur der innere Aufbau, d.h. die Form, nicht aber der Umfang oder Querschnitt betroffen.

Der Umfang oder Querschnitt als Maß der Stammdicke ist primär das Ergebnis physiologischer Vorgänge und Wirkungen und von der mechanischen Beanspruchung weitgehend unabhängig, wie u.a. aus folgenden Feststellungen zu Baum-Windschutzhecken hervorgeht.

Nach BECKMANN [2] handelt es sich um bis zu dreihundertjährige, ca. 8 m hohe und 0,6



bis 1,2 m breite Rotbuchenhecken, die im Monschauer Land (Eifel) als Windschutzhecken gepflanzt wurden. BECKMANN stellte trotz gleichen Alters erhebliche Unterschiede im Stammdurchmesser der Heckenpflanzen fest und daß in Trockenjahren keine oder nur undeutliche Jahresringe gebildet wurden. Es wurden trotz relativ geringer Anströmfläche der Einzelpflanzen Stammdurchmesser bis 0,5 m gemessen, d.h. die Stämme dieser von Jugend an beschnittenen Pflanzen waren in Bezug zur gleichhohen Windlast völlig unterschiedlich und in mechanischer Hinsicht z.T weit überdimensioniert.

Das Stammdickenwachstum beginnt ungeachtet windinduzierter mechanischer Belastung alljährlich im Frühjahr mit der Aktivierung des Kambiumringes und setzt sich im Laufe der Vegetationsperiode fort. Es ist in unserem Klimabereich auf wenige Monate im Jahr begrenzt (Dauer z.B. bei Rotbuche oder Fichte von Anfang Mai bis Ende Juli [8]), d.h. abgesehen von der ständig möglichen Beanspruchung des Kambiums, wären eine unmittelbare Wuchsreaktion und ein entsprechendes Wuchsverhalten nur in dieser Zeit möglich. Insofern ist die Behauptung, daß der zuwachsende Jahresring ein Belastungsprotokoll sei, sehr fraglich. Je ungünstiger die klimatischen und edaphischen Verhältnisse sind, um so geringer ist der Zuwachs, d.h. die Zunahme des Stammumfanges oder -querschnittes, und umgekehrt [8] (siehe auch [2] und [4]).

"Dies führt zu der Erscheinung, daß sich die Breiten gleichzeitig gebildeter Jahrringe verschiedener Bäume einer Art entsprechen, und zwar nicht nur innerhalb desselben Standortes, sondern auch über große Wuchsgebiete. Die unterschiedliche Witterung der einzelnen Jahre führt dabei zu Abfolgen breiterer und schmalerer Jahrringe" [4].

Dieses Phänomen signifikanter Jahrringperioden, auf das sich die Dendrochronologie gründet, würde dann nicht in Erscheinung treten, wenn das Wachstumsverhalten mechanisch gesteuert werden würde, d.h. durch windresultierende Spannungen maßgeblich beeinflußt wäre [3, 14]. Die wechselhaften Einflüsse des Windes auf den Einzelbaum müßten dann zu individuell dem Wind angepaßten, d.h. voneinander abweichenden Jahrringbreiten führen.

Auf den Wachstumsvorgang und das Wachstumsverhalten haben die mechanischen Einflüsse durch Wind nur eine begrenzte, d.h. mitwirkende, aber nicht etwa dominante Auswirkung (wie u.a. alle Pflanzen in Gewächshäusern und Innenräumen, die nicht unter Windeinfluß stehen, beweisen). - Monocotyledonen, zu denen z.B. die Kokospalmen zählen, können ihren Stammquerschnitt überhaupt nicht verändern, weder an natürlichen Standorten, die im Falle der Kokospalmen in der Regel hohe Windstärken aufweisen, noch in der Windstille eines Glashauses, z.B. im Frankfurter Palmengarten (in beiden Fällen sind die Stämme gleichgroßer Bäume gleich dick).

Bei vergleichenden Untersuchungen an gleichaltrigen und gleichgroßen Rand- und Innerbestandsbäumen eines Kollektivs der gleichen Gattung und Art kann festgestellt werden, daß die Windlast und der Stammumfang nicht miteinander korrelieren. Die Windbelastung von Randbäumen ist ungleich größer als die der Bäume im Bestand. Nach eigenen Untersuchungen wurden Abweichungen in der Windlast bis zu 70 % festgestellt, während sich die Stammumfänge kaum voneinander unterschieden.

Auch MITSCHERLICH [17] weist darauf hin, daß die Änderung der Windgeschwindigkeit im Bestand und damit die Änderung der Windlast beträchtlich ist. Windmessungen von NÄGELI (1956), zitiert in [17] ergaben im Bestandesinnern eines Nadelwaldes bei Solothurn



(Schweiz), etwa 400 m vom Waldrand, Tiefstwerte der Windgeschwindigkeit von 12 - 15 % der Freilandgeschwindigkeit. Eine Parallelentwicklung der Stämme zu dieser drastischen Verringerung der Windlast konnte bisher in keinem Fall festgestellt werden.

So wurde an gleichgroßen Roßkastanien-Altäumen in Parkanlagen und Innenhöfen der Berliner Blockbebauung festgestellt, daß sich trotz völlig unterschiedlicher Windbelastung die Stammumfänge glichen (in den Innenhöfen waren die Bäume durch die hohe Bebauung von vier Seiten bis über die Kronenspitze gedeckt).

Die Erwartung, daß Bäume unter hohem Windeinfluß ihre Stämme, zumindest was den Durchmesser oder Umfang anbelangt, in Anpassung an die höhere Last automatisch verstärken, trifft nicht zu. Bei Küstenbäumen verschiebt sich lediglich das Durchmesser-Höhen-Verhältnis (geringere Baumhöhen im Verhältnis zur Stammdicke) [17]. Dies erfolgt vor allem aufgrund ungünstigerer Wachstumsbedingungen in exponierter Lage.

MITSCHERLICH [17] stellt sogar fest, daß starker Wind den Durchmesserzuwachs des Stammes hemmt. Er führt dies auf windzerzauste Kronen mit verringerter Zuwachsleistung zurück und gibt damit einen deutlichen Hinweis auf die Abhängigkeit des Dickenwachstums von physiologischen Vorgängen und nicht etwa von lokal hohen Spannungen.

Der Stammumfang oder -querschnitt gibt auch dort keinen Anhalt für die mechanische Belastung, wo Kronenteile abgebrochen sind oder ein Kronenrückschnitt vorgenommen und die Windlast vermindert wurde. Der Stammquerschnitt wird i.d.R. unabhängig davon weiter zunehmen. - Siehe auch [2] -

MOSBRUGGER zitiert in [18] beschreibt die Baumform als ein "multifunktionelles, dissipatives (Anm. verschwenderisches) System". Diese Wuchsform muß vor allem den Anforderungen Wachstum (incl. Photosynthese), Stabilität, Speicherung, Wasser- und Nährstoffleitung usw. genügen. "Diese zu erfüllenden Funktionen können nicht isoliert betrachtet werden, sondern sind wechselseitig voneinander abhängig und wirken zumindest teilweise antagonistisch. Bäume sind daher notwendigerweise Kompromißstrukturen, die nicht an jede Funktion gleichermaßen optimal angepaßt sein können" [18].

Daher steht der Baum keineswegs unter mechanischem Diktat und der Maxime angepaßter Minimierung. Wenn es so wäre, müßten z.B völlig windgeschützt stehende und mechanisch wenig beanspruchte Bäume gegenüber Bäumen in windexponierter Lage allesamt schlankere Stämme oder weniger festes Holz haben. Unlogisch wäre auch die unterschiedliche Windbruchgefährdung der einzelnen Baumarten oder Baumteile, z.B. die allgemein hohe Windbrüchigkeit vollholziger Pappeläste, bereits bei mittleren Windstärken, und die überdimensionierte Tragfähigkeit vollholziger Pappelstämme (mehrfache Sicherheit gegenüber Orkanwindstärke!). Die Behauptung, der Baum sei eine Kette gleich fester Glieder, trifft hier und in anderen Fällen nicht zu.

Der vor allem physiologisch bedingte und lediglich mechanisch stimulierte Wachstumsvorgang des Baumes kann u.U. zu einer mechanisch ausgesprochen unausgewogenen Gesamtkonstruktion führen. So wird in [17] die zunehmende Bruchgefahr der Baumstämme von Fichten bei gleichzeitig abnehmender Kippgefahr auf physiologisch stabilen Standorten und im Vergleich dazu, die abnehmende Bruchgefahr und dafür



zunehmende Kippgefährdung auf physiologisch flachgründigen Standorten mit entsprechenden Wurzelsystemausprägungen beschrieben (siehe hierzu auch Kap. 4.5).

"Die Stämme lassen sich als Konstruktionen verstehen, die vor allem an die Funktionen Wachstum, Wasserleitung und Stabilität angepaßt sind. Allerdings existieren durchaus einige in diesem Sinne "überproportionierte" oder zu aufwendige Baumformen..." (MOSBRUGGER, zitiert in [18]).

Auch daraus ergibt sich, daß der Stammquerschnitt oder -umfang nicht nur als Maß für die mechanische Belastung, z.B. durch Wind, sondern auch für das Wachstum, die Wasser- und Nährstoffleitung, Speicherung von Reservestoffen usw. angesehen werden muß. Er hat eine unterschiedliche Sicherheit gegen Orkanwindlast. Fichten z.B. sind eine gefährdete Baumart mit relativ geringem Sicherheitsabstand. Windwurf und Windbruch kommen hier häufiger vor als bei anderen Baumarten.

Der Sicherheitsfaktor, den man z.B. bei den rechnerischen Verfahren zur Verkehrssicherheit in Betracht ziehen muß, ist nicht nur von Baumart zu Baumart, sondern auch von Baum zu Baum verschieden und hängt u.a. von den mitwirkenden Faktoren "spezifisches Wachstum" und "Wasserleitung" sowie insbesondere dem Bezug zur individuellen Windlast ab (bei gleicher Stammdicke hat ein großer Baum mit relativ großer Krone und entsprechend hoher Windlast am gleichen Ort einen geringeren Sicherheitsfaktor als ein großer Baum mit relativ kleiner Krone bzw. geringer Windangriffsfläche). Hinsichtlich der Standsicherheit von Bäumen ist der Sicherheitskoeffizient außerdem von den Bodenkennzahlen des jeweiligen Standplatzes abhängig.

Anmerkung:

Die Ergebnisse zum Sicherheitsabstand annähernd uniformer Monokultur-Fichten (Sicherheitsfaktor mindestens 4,5) [16] können - zudem unter Nichtbeachtung der tatsächlichen Windbelastung am jeweiligen Standort - für Laub-Stadtbäume unterschiedlicher Art und Stamm-Morphologie, unterschiedlichen Alters und Zustandes nicht in Betracht kommen (abgesehen von der Realitätsferne der Versuchsdurchführung - Einschnitt durchgehender Fenster in die Stämme und Nichtbeachtung der Windlast!). Unter Umgehung der Windlastabschätzung wären Ableitungen, z.B. auf die Verkehrssicherheit (Bruchsicherheit des Stammes) etwa durch Vergleich der Biegewiderstände des gesunden mit dem defektbehafteten Querschnitt, unter Berücksichtigung eines angenommenen Sicherheitsfaktors [15, 16], allenfalls tendenziell möglich. Der Aussagewert einer solchen Vorgehensweise entspricht der bisher praktizierten vergleichenden Betrachtung, mit den Nachteilen eines rein hypothetischen Ergebnisses, dem die Beweiskraft fehlt.

PESSLER/DENGLER haben in [20], 1983, bereits auf die von ZIELONKO und SIEWNIAK erwähnten Widerstandsmomentenformeln zur Berechnung der Bruchsicherheit von Hohlstämmen, die dem o.g. Verfahren zugrunde liegen, sehr kritisch hingewiesen und ihre Verwendbarkeit in Frage gestellt. Damals wie heute wurde zudem nicht berücksichtigt, daß Bäume gegenüber Orkanwindlast divergierende Sicherheitsabstände haben, die unbekannt sind, die man aber kennen müßte, um mit dieser Methode zumindest ein tendenziell zutreffendes Ergebnis erzielen zu können.

Fazit:

Zutreffende Aussagen zur Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen können sich immer nur



auf die einwirkende Kraft, die Belastung beziehen [45], in erster Linie auf die Windlast. Die Vermutung, daß der Stammumfang ein Maß für die erfahrene Windlast sei, trifft aufgrund gesicherter und allgemeingültiger Erkenntnisse der Wissenschaft nicht zu. Der Gegenbeweis konnte bisher nicht erbracht werden.

Daher müssen auf den Stammumfang oder -querschnitt bezogene Berechnungen zur Verkehrssicherheit von Bäumen zu realitätsfernen Ergebnissen führen, insbesondere dann, wenn sie die unterschiedliche Windbelastung aufgrund des Standortes oder der Gesamtgröße (Windangriffsfläche) des Baumes nicht berücksichtigen und zudem einen normierten Sicherheitsabstand voraussetzen, für dessen Richtigkeit der Beweis ebenfalls fehlt.

- Zur "Neuen Wissenschaftlichkeit" in der Baumstatik siehe [42] -

Abb. 1

Stamm des "Baumes von Tule" (*Taxodium macronatum*) in Mexico. Der ca. 2000 Jahre alte Baum weist einen Stammumfang von 44,18 m auf; dies steht in keinem ausgewogenen Verhältnis zur Größe der unbeschnittenen windbelasteten Krone. Er stellt, wie alle Baumstämme, die mehrfache Sicherheit gegenüber Orkanwindstärke haben, eine "Renommierbaute" dar. Aus mechanischer Sicht gilt dies insbesondere auch für die Stämme von *Adansonia digitata*. Das sekundäre Dickenwachstum von Holzgewächsen kann Jahrhunderte andauern [8], während die Baumkrone (ebenfalls vor allem physiologisch bedingt), je nach Baumart und Standort, ab dem Erreichen einer bestimmten Größe keinen weiteren Zuwachs aufweist. Im Fall des "Baumes von Tule" sind zig-fache Sicherheiten gegen das Bruchversagen des Baumstammes unter Orkanwindlast zu erwarten.

Foto: J. Kipi Turok

LITERATUR

[1] ABETZ, PETER: Sturmschäden aus waldwachstumskundlicher Sicht. In: ALLGEMEINE FORSTZEITSCHRIFT (AFZ), 12 (1991), S. 626 - 629

[2] BECKMANN, ROBERT: Die Hausschutzhecken im Monschauer Land unter besonderer Berücksichtigung ihrer klimatischen Auswirkungen. Heft 49 aus den "Arbeiten zur rheinischen Landeskunde", Ferdinand Dümmlers Verlag, Bonn (1982)

[3] BRELOER, HELGE; MATTHECK, CLAUDIUS: Die Baumkontrollen - aus der Sicht der Rechtsprechung Teil III. In: LANDSCHAFTSARCHITEKTUR (LA), 01 (1992)

[4] DUJESIEFKEN, DIRK: Zustandserfassung von Bäumen und Nachweis von Umweltschäden mittels dendroökologischer Untersuchungen. Veranstaltungsunterlagen des 14. Bad Godesberger Gehölzseminars, Teil II (1991)

[5] HARTGE, K.H.; BOHNE, H.: Zur gegenseitigen Beeinflussung von Baum und Bodengefüge. In: ALLGEMEINE FORSTZEITSCHRIFT (AFZ), 11 (1985), S. 235 - 237

[6] HERBIG, ASTRID; SINN, GÜNTER; WESSOLLY, LOTHAR: Zur Standsicherheit von Bäumen im städtischen Bereich. Mitteilungen des Sonderforschungsbereich 230 - Natürliche Konstruktionen - der Universitäten Stuttgart und Tübingen, Heft 1 (1988)



- [7] Haus der Technik e.V.: Verkehrssicherheit und Verkehrssicherungspflicht von Bäumen, Baumstatik. Veranstaltungsunterlagen des Seminars im Mai 1992
- [8] KAUSSMANN, BERNHARD; SCHIEWER, ULRICH: Funktionelle Morphologie und Anatomie der Pflanzen. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena (1989)
- [9] KOLLMANN, F.: Die Esche und ihr Holz. Erster Band aus der Schriftenreihe "Eigenschaften und Verwertung der deutschen Nutzhölzer". Verlag von Julius Springer, Berlin (1941)
- [10] KULL, ULRICH: Begutachtung eines Birnbaum-Stämmlingsabschnittes. Gutachten. Biologisches Institut der Universität Stuttgart (1992)
- [11] Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF): Bodenbelastung durch Befahren. 11. KWF-Tagung 1992. In: ALLGEMEINE FORSTZEITSCHRIFT (AFZ), 9 (1992), S. 495 - 497
- [12] MÄNNL, UWE: Erläuterung zur Methodik. In: Prüfberichte zur Standsicherheit von Bäumen der Arbeitsstelle für Baumstatik (AfB)
- [13] MÄNNL, UWE: Analyse der Standsicherheit von Bäumen. In: DAS GARTENAMT, 6 (1992), S. 429 - 433
- [14] MATTHECK, CLAUS: Bäume. In: PHYSIK IN UNSERER ZEIT, 23 (1992) Nr. 1, S. 29 - 33
- [15] MATTHECK, CLAUS; BRELOER, HELGE: Neue Erkenntnisse zur Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen. In: DAS GARTENAMT, 7 (1992), S. 483 - 487
- [16] MATTHECK, CLAUS; BRELOER, HELGE: Baumkontrolle mit TA: Visual tree assessment. Tagungsunterlagen der 10. Osnabrücker Baumpflegetage (1992)
- [17] MITSCHERLICH, GERHARD: Wald, Wachstum und Umwelt - 2. Band (Waldklima und Wasserhaushalt). 2. überarb. Aufl., J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main (1981)
- [18] MOSBRUGGER, VOLKER: Die Baumform bei Landpflanzen: Analyse und Vergleich der Konstruktionsprinzipien anhand bisher vorliegender Daten aus Morphologie und Anatomie. Arbeits- und Ergebnisbericht des Sonderforschungsbereich 230 von 1984 bis 1986; Konzepte des SFB 230, Heft 16 (1986), S. 145 - 149
- [19] Normenausschuß im Bauwesen im DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 1055, Teil 4 - Lastannahmen für Bauten. Verkehrslasten. Windlasten nicht schwingungsanfälliger Bauwerke (1977)
- [20] PESSLER, KARL; DENGLER, ROLAND: Zustandsuntersuchung von Bäumen. Tagungsunterlagen des Bad Godesberger Gehölzseminars - Teil II. Veranstalter: Sachverständigenkuratorium -SVK- (1983)



- [21] PFLUG, WOLFRAM (Hrsg.): Ingenieurbiologie - Wurzelwerk und Standsicherheit von Böschungen und Hängen. Jahrbuch 2 der Gesellschaft für Ingenieurbiologie, Sepia-Verlag, Aachen (1985)
- [22] RENGER, M.; WESSOLEK, G.: Vorlesungsskript für das Wahlpflichtfach Bodenökologie. Technische Universität Berlin, Fachbereich 14, Institut für TMkologie, Fachgebiet Bodenkunde (1990)
- [23] SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P.: Lehrbuch der Bodenkunde. 10. Aufl., Ferdinand Enke Verlag Stuttgart (1979)
- [24] SCHOLL, W.: Bodenverdichtungen. In: NEUE LANDSCHAFT, 34 (1989) Februar, S. 85 - 91
- [25] SINN, GÜNTER: Berechnungen zur Statik von Parkbäumen. Heft G 4, SVK-Verlag, Wilnsdorf (1982)
- [26] SINN, GÜNTER: Standsicherheitsuntersuchung von Bäumen. In: NEUE LANDSCHAFT, 29 (1984) Dezember, S. 856 - 858
- [27] SINN, GÜNTER: Standraumbedarf und Standsicherheit von Straßenbäumen. Band I. SVK-Verlag (1985)
- [28] SINN, GÜNTER: Baumstatik und Standsicherheit. In: GARTEN + LANDSCHAFT, 4 (1986), S. 54
- [29] SINN, GÜNTER; WESSOLLY, LOTHAR: Zur sachgerechten Beurteilung der Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen. In: DER SACHVERSTÄNDIGE, Heft 4 (1988), S. 5 - 12
- [30] SINN, GÜNTER; WESSOLLY, LOTHAR: Baumstatik - zwei neue zerstörungsfreie Meßverfahren (Teil 1). In: DAS GARTENAMT, 38 (1989) Juli, S. 422 - 429
- [31] SINN, GÜNTER; WESSOLLY, LOTHAR: Baumstatik - zwei neue zerstörungsfreie Meßverfahren (Teil 2). In: DAS GARTENAMT, 38 (1989) August, S. 483 - 489
- [32] SINN, GÜNTER: Untersuchungen zur Kippursache von Eichen im Riederwald, Frankfurt/Main. Heft LP 25, SVK-Verlag, Erndtebrück (1990)
- [33] SINN, GÜNTER; MÄNNL, UWE: Methodische Verbesserungen und neue Meßgeräte zur Standsicherheitsüberprüfung von Bäumen. In: DAS GARTENAMT 39, (1990) September, S. 588 - 592
- [34] SINN, GÜNTER: Optische und Lasermessung der Standsicherheit von Bäumen. In: NEUE LANDSCHAFT, 35 (1990) September, S. 636 - 640
- [35] SINN, GÜNTER; SINN, THOMAS: Voruntersuchung der Standsicherheit von Alleebäumen und Ursachenermittlung der Kippgefährdung. In: DAS GARTENAMT, 40 (1991) Oktober, S. 621



- [36] SINN, GÜNTER: Messmethoden zur Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen. In: DAS GARTENAMT, 40 (1991) Oktober, S. 661 - 665
- [37] SINN, GÜNTER; SINN, THOMAS: Kippversuche an Bäumen. In: DAS GARTENAMT, 40 (1991) November, S. 706, 707
- [38] SINN, GÜNTER; SINN, THOMAS: Weitere Kippversuche an Bäumen. In: DAS GARTENAMT, 40 (1991) Dezember, S. 777, 778
- [39] SINN, GÜNTER: Messmethoden zur Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen - Teil II. In: DAS GARTENAMT, 40 (1991) Dezember, S. 794 - 800
- [40] SINN, THOMAS: Zur Ausbildung des Wurzelwerkes bei Bäumen nach morphologischen Gesichtspunkten und die verschiedenen Einflüsse darauf. Studienarbeit an der Technischen Universität Berlin, Fachbereich 14, Institut für TMkologie, Fachgebiet Botanik (1987)
- [41] SINN, THOMAS: Ökologische Untersuchungen zur Ausbildung der Wurzelsysteme von Pflanzen arider Gebiete (Diplomarbeit). Referent: Prof. Dr. R. BORNKAMM. Technische Universität Berlin, Fachbereich 14 (Landschaftsentwicklung), 1991
- [42] SINN, THOMAS: Zur "neuen Wissenschaftlichkeit" in der Baumstatik. In: DAS GARTENAMT, 7 (1992), S. 479 - 482
- [43] STOEHLER, HANS PETER: Zur Windlast an Bäumen. Seminar "Verkehrssicherheit von Bäumen", Veranstalter: Haus der Technik, Essen (1992)
- [44] WAGENFÜHR, RUDI: Anatomie des Holzes. 4. neubearb. Aufl., VEB Fachbuchverlag Leipzig (1989)
- [45] WESSOLLY, LOTHAR: Zur sachgerechten Beurteilung der Verkehrssicherheit von Bäumen. In: DAS GARTENAMT, 9 (1992), S. 591, 592
- [46] WHIPPLE, A.B.C.: Stürme. Aus der Reihe der Time-Life Bücher "Der Planet Erde", Amsterdam (1985)
- [47] ZOLLER, WILHELM; KÖHLER, KLAUS: Fachstufen Bau - Tiefbau. Verlag Handwerk und Technik GmbH (1982)