

Chancen und Grenzen von Messtechnik

Patient Baum

Von Constantin Sander, Heidelberg

Die Frage, ob Messtechnik am Baum überhaupt eingesetzt werden soll und welche Untersuchungstechnik die geeignete ist, wird in der Praxis der Baumpflege seit Jahren intensiv und zum Teil sehr kontrovers diskutiert. Gerade in Deutschland treffen hier verschiedene Schulen aufeinander. Aktuell erfolgt im FLL-Regelwerksausschuss zur Baumkontrolle II wieder eine Diskussion zu diesem Thema. Im vorliegenden Beitrag soll näher beleuchtet werden, wo die Chancen und Grenzen des Messgeräteinsatzes am Baum liegen.

Der Baum der Erkenntnis

Bäume sind schwierige Patienten. Sie sprechen nicht unsere Sprache und reagieren äußerst langsam auf jegliche Form von Behandlung. Mediziner haben es demgegenüber mit ihrer Klientel wesentlich einfacher: Diese können ihre Beschwerden verbal formulieren und aufgrund der schnelleren physiologischen Prozesse im menschlichen Körper können Ärzte meist ein kurzfristiges Feedback mit ihren Behandlungsmethoden erreichen. Die Medizin rechnet in Tagen und Wochen. Die Reaktionszeit von Bäumen auf äußere Einwirkungen ist im Vergleich dazu wesentlich länger. Sie kann Wochen, Monate, meist jedoch Jahre oder Jahrzehnte andauern. Das macht es ziemlich schwierig, in angemessener Zeit zu gesicherten Erkenntnissen über die Lebensabläufe von Bäumen zu kommen.

Wie gelangt ein Sachverständiger überhaupt zu sicheren Aussagen über den Baumzustand? Eine Antwort lautet: die Körpersprache der Bäume lernen. Das klingt gut, aber wie geht das eigentlich? Drei Wege bieten sich an: die eigene Erfahrung, die Übernahme der Erfahrung anderer und die systematische wissenschaftliche Erkenntnis. Von esoterisch-spirituellen Einsichten wollen wir hier einmal absehen, da diese auf Glaubenssätzen beruhen und nicht nachprüfbar sind. Überprüfbarkeit von Aussagen ist aber die Voraussetzung für die Erlangung gesicherter Erkenntnisse.

Erfahrungen sind zweifellos unsere wichtigste Erkenntnisquelle. Wir lernen täglich aus Erfahrungen und bilden unser Bild der uns umgebenden Welt aus Wahrnehmungen, deren Interpretationen sowie daraus gezogenen Schlussfolgerungen. Erfahrungswissen ist wertvoll und unverzichtbar, aber es kann auch trügerisch sein, denn sowohl unsere Wahrnehmungen als auch unsere Interpretationen

und Schlussfolgerungen sind subjektiv. Dennoch empfinden wir das Erfahrungswissen als „wahr“. Dabei ist es nichts weiter als unsere innere Landkarte, nicht die Landschaft. Wie sehr wir irren können, zeigen wissenschaftliche Versuche. So ließ sich zum Beispiel nachweisen, dass Menschen es schaffen, selbst völlig sinnlose Aussagen in einen scheinbar sinnvollen Zusammenhang zu bringen und subjektiv als wahre Erkenntnis abzuspeichern [1]. Wir neigen dazu, uns täuschen zu lassen. Nicht alles, was uns plausibel erscheint, ist wahr.

Mehr Sicherheit verschaffen uns wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse. Diese müssen logisch nachvollziehbar und durch andere überprüfbar sein, um in den Status einer verlässlichen Aussage zu erlangen. Dies sind die Grundlagen rationaler Erkenntnis. Dennoch sollte uns selbst die Erfüllung dieser Bedingungen nicht dazu verleiten, anzunehmen, dass wir es mit unverrückbarer Wahrheit zu tun haben, denn auch wissenschaftliche Aussagen können nur ein Modell der Wirklichkeit sein, nie die Wirklichkeit selbst. Wissenschaftliche Modelle dürfen nur solange Gültigkeit beanspruchen, wie sie nicht widerlegbar sind. Auch wissenschaftliche Erkenntnisse können somit logisch, aber dennoch falsch sein – nämlich dann, wenn sie von unzureichenden oder gar falschen Prämissen ausgehen. Die Geschichte der Wissenschaft ist voll von temporären Wahrheiten und Irrtümern. Den Baum der Erkenntnis gibt es also nicht.

Um jetzt aufkommenden Zweifeln entgegenzutreten: Die wissenschaftliche Baumbiologie auf der einen Seite und die Erkenntnisse der Physik und der Statik andererseits haben entscheidend dazu beigetragen, unser Verständnis über Bäume und deren biologische und mechanische Reaktionsmechanismen zu mehren. Aber im Vergleich zur Medizin befinden wir uns noch am Anfang der wissenschaftlichen Baumforschung. Inzwischen stehen allerdings schon mehrere Messverfahren zur Verfügung, die dem Sachverständigen

helfen, Bruch- und Standfestigkeit von Bäumen besser zu beurteilen. Diesen Verfahren wollen wir uns im Folgenden widmen.

Alles beginnt mit einer Frage

Das Ergebnis einer jeden Baumdiagnose kann nur so gut sein wie die Fragestellung, mit der sich ein Sachverständiger dem zu untersuchenden Baum nähert. Danach richtet sich die Art und der Ort der Messung. Dabei liegt jeder Fragestellung ein bestimmtes Verständnis der Zusammenhänge von Biologie und Statik des Baumes zugrunde. Je nach theoretischen Hintergrund wird das Augenmerk auf verschiedene Parameter gesetzt:

Mechanisch-statische orientierte Modelle fokussieren auf:

- Restwandstärke,
- h/d-Verhältnis,
- Statisch relevante, qualitative Baummerkmale,
- Holzqualität,
- Kronenprojektionsfläche,
- Bruchsicherheit/Standsicherheit.

Biologische orientierte Modelle fokussieren auf:

- Zuwachsentwicklung,
- Kronenzustand (Kronenarchitektur, Laubverlust, Regenerationswachstum)
- Zustand des (Fein)Wurzelsystems,
- Standortfaktoren (Konkurrenz, Boden, Klima),
- genetische Faktoren.

Während die mechanisch-statischen Modelle sich mehr auf die Prüfung der Verkehrssicherheit konzentrieren, richten die biologischen Modelle ihr Augenmerk eher auf die Vitalität des Baumes. Die letztgenannte Merkmalgruppe lässt sich (mit Ausnahme des Zuwachses) nur schwer objektiv quantifizieren. Es sind eher deskriptive Merkmale, die subjektiver Einschätzung unterliegen. Dies zeigte sich z.B. bei der Waldzustandserfassung nach Kronenmerkmalen [2].

Da in der Baumdiagnose meist die Verkehrssicherungspflicht im Vordergrund steht, wird dieser Beitrag sich auf die mechanisch-statischen Verfahren beschränken, wobei das Hauptaugenmerk hier auf die Bruchsicherheit gerichtet wird. Mit einigen Ausnahmen sind die in dieser Rubrik genannten Variablen objektiv und nachvollziehbar erfassbar.

C. Sander ist promovierter Diplom-Holzwirt und arbeitet für die Firma RINNTECH in Heidelberg.

Baumdiagnose

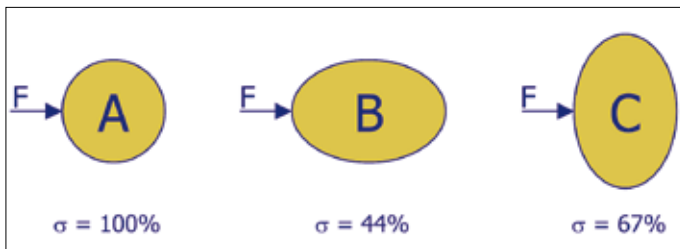


Abb. 1: Relative Spannungen (σ) der äußersten Zug- und Druckfasern in Abhängigkeit von der Stammform bei konstantem Windlastmoment (F = Windlast)

„Weiche“ Diagnoseverfahren

Setzen wir Messtechnik zur Feststellung der Bruch- oder Standsicherheit von Bäumen ein, so wünschen wir uns ein Verfahren, das diese Größen möglichst direkt erfasst. Hier kommt der Sachverständige aber an eine entscheidende Grenze: Keines der zur Verfügung stehenden Verfahren ist geeignet, die eben genannten Größen direkt zu messen. Dies liegt nicht etwa in der Unzulänglichkeit der Verfahren begründet, sondern darin, dass weder die Bruch- noch die Standsicherheit zerstörungsfrei erfasst werden können. Die Sicherheit ist definiert als das Verhältnis der maximalen Spannung zur Festigkeit. Wollten wir die Sicherheit direkt erfassen, so müssten wir unsere Untersuchungsobjekte bis zum Bruch bzw. bis zum Kippen belasten und diese dadurch zerstören. Nur so lässt sich die Festigkeit ermitteln. Mit anderen Worten: Es kann kein akzeptables Gerät oder Verfahren in der Baumdiagnose geben, das Bruch- oder Standsicherheit direkt erfasst.

Der Baumsachverständige muss sich daher damit begnügen, indirekte Verfahren einzusetzen. Die gesuchten Größen werden dann abgeleitet. Um dies noch einmal zu betonen: Resistographie, Baumtomographie und Zugversuche können nie direkte Aussagen zur Bruch- und Standsicherheit machen. Diese muss aus den Messergebnissen abgeleitet werden. Die gemessenen Größen haben allenfalls den Charakter von Indikatoren. Dies ist übrigens keine Besonderheit der Baumdiagnose. Auch in der medizinischen Diagnostik und der empirischen Analytik anderer Disziplinen werden häufig Indikatoren als Hilfsmittel eingesetzt.

Doch damit nicht genug: Wenn die gesuchte Größe nur ableitbar ist, müssen wir uns mit der Frage beschäftigen, wie genau diese Ableitung ist. Da es nicht möglich ist, alle Bäume der Welt (= Grundgesamtheit) zu untersuchen und den Zusammenhang zwischen gemessener und abgeleiteter Größe in einem universal gültigen Modell zu beschreiben, müssen wir uns darauf beschränken, dieses Modell an einer im Vergleich zur Grundgesamtheit

kleinen Auswahl von Bäumen (=Stichprobe) zu erstellen. Daher können wir nur Wahrscheinlichkeitsaussagen machen. Je größer die Stichprobe, umso größer die Chance, dass wir der Realität sehr nahe kommen.

Dabei muss jedes Modell vereinfachen, es kann nur selten alle Eigenarten (=Variablen) der Elemente einer Stichprobe (geschweige denn der Grundgesamtheit) erfassen. Dadurch ergibt sich eine Unschärfe, ein systematischer Fehler des Modells und der gewonnenen Messwerte. Hinzu kommt noch „Kommissar Zufall“, nämlich die Ungenauigkeit von Messverfahren, die zufällige Streuung von Messwerten. Je größer die Streuung, umso mehr Messungen muss ich durchführen, um zu einem akzeptablen Ergebnis zu kommen.

Ein einfaches Beispiel: Bei der Messung des Baumumfangs in Brusthöhe reicht gewöhnlich eine Messung aus, da dieser Messung ein ziemlich einfaches Modell zugrunde liegt (das Problem der Definition von Brusthöhe lassen wir hier einmal unbeachtet). Wollen wir daraus aber den Durchmesser errechnen, wird es schon schwieriger, denn die Methode funktioniert nur bei einem absolut kreisrunden Stammumfang, der in der Natur äußerst selten ist. Bei elliptischen oder exzentrischen Querschnitten kann ich mit dieser Methode allenfalls einen mittleren Durchmesser erfassen. Hier schleicht sich ein systematischer Fehler ein. Je nach Fragestellung wäre zu klären, ob dieser Mittelwert ausreicht. Dem Förster würde dieses Verfahren zur Volumenermittlung möglicherweise reichen, dem Sachverständigen oder Wissenschaftler bei der Bestimmung der maximalen Bruchlast des

Baumes eher nicht, da hier die Form des Querschnittes einen entscheidenden Einfluss hat (Abb. 1).

Ein anderes Beispiel: Bei der Schalltomographie¹ gibt es eine zufällige und eine systematische Streuung der Impulsgeschwindigkeiten. Die zufällige Streuung ist messtechnisch bedingt, die systematische Streuung wahrscheinlich durch die holzanatomisch bedingte Variabilität der Ausbreitung der Impulswellen. Es muss daher immer mehrfach pro Sensor gemessen werden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass 3 bis 5 Messwerte in Kombination mit einer Filterung der Messwerte zu hinreichend genauen Ergebnissen führen. Aber auch hier müssen wir uns stets bewusst machen, dass das auf dem Monitor angezeigte Tomogramm nicht die „Landschaft“, sondern nur die „Landkarte“ ist. Auch hier gilt: Je besser das Modell, umso näher sind wir an der Realität. Die Schalltomographie liefert zunächst keine Werte über den Holzzustand, sondern sie misst nur die Schallgeschwindigkeiten. Erst aus einer Vielzahl von Messungen wird eine Grafik abgeleitet, die als ein Modell des mechanischen Holzzustands begriffen werden kann (s. Abb. 2).

Die Holzdichte, die alle elastomechanischen Holzeigenschaften beeinflusst, ist am Baum nie direkt erfassbar. Die Dichte ist definiert durch das Verhältnis aus Masse zu Volumen. Wir müssten den Baum in viele kleine Klötzchen zerlegen, um die Variabilität dieser Größe im Baum gravimetrisch, d.h. mit Messschieber und Präzisionswaage zu erfassen. Neben der Dichte beeinflusst das E-Modul (= Steifigkeit) des Holzes die Schallgeschwindigkeit. Es ist also nur begrenzt möglich, die Dichte oder andere elastomechanische Holzeigenschaften aus der Schallgeschwindigkeit abzuleiten. Dennoch ist der korrelative Zusammenhang zwischen diesen Größen derart eng, dass das resultierende Tomogramm den Holzzustand hinreichend genau beschreibt [3, 4].

Nun liefert aber die Baumtomographie ebenso wie die Resistographie noch keine genauen Werte über die Bruchfestigkeit eines Baumes. Wir können durch Inter-

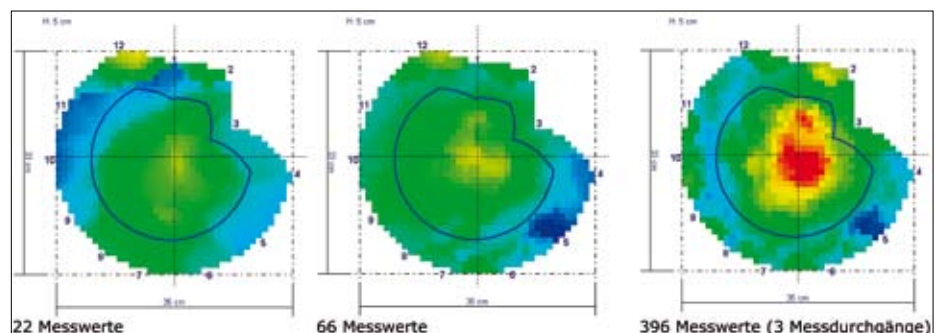


Abb. 2: ARBOTOM-Schalltomogramme: Nach einem kompletten Messdurchgang (132 Messwerte) ergibt sich ein detailliertes Bild.

¹ Physikalisch korrekt wäre der Begriff Impulstomographie. Da der Begriff Schalltomographie aber in der Praxis gebräuchlicher ist, wird im Folgenden weiter von Schalltomographie gesprochen.

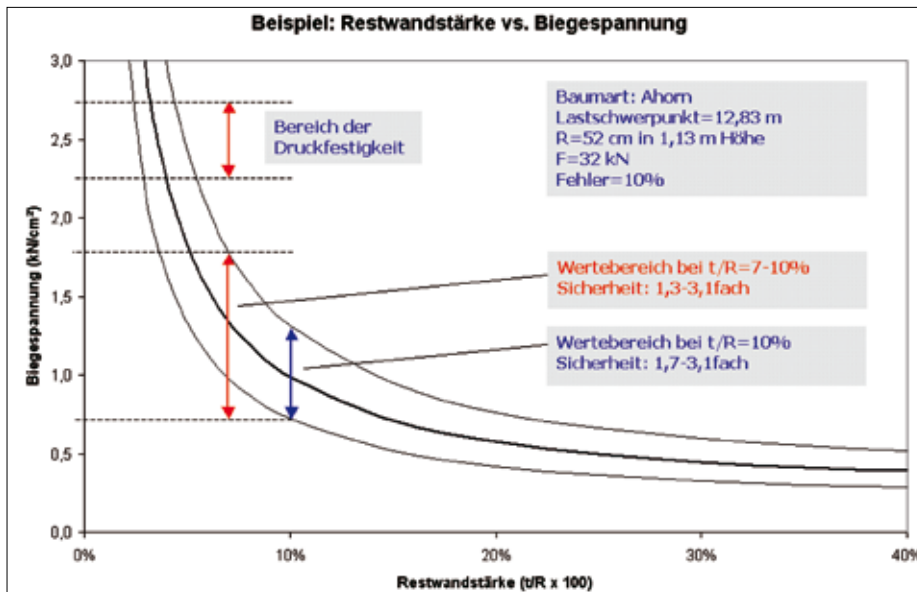


Abb. 3: Bruchsicherheitsabschätzung bei 10 % bzw. 7 % Restwandstärke an einem Ahorn. (Beispieldaten n. SINN und SINN [7]). Unter Berücksichtigung von 10% Fehler der Ausgangswerte Lastschwerpunkt, Durchmesser, Windlast und Druckfestigkeit streut die resultierende Sicherheit über einen weiten Bereich.

pretation des Tomogramms oder der Resistograph-Profilen lediglich Größe, Form und Lage einer Fäule im Baum modellhaft darstellen und unsere Rückschlüsse daraus ziehen. Dabei wird der geschulte Praktiker Standort, Wuchsform, Baumhöhe, Kronengröße und andere Variablen in seine Beurteilung einbeziehen und zu einer sachverständigen aber dennoch subjektiven Einschätzung kommen. Dabei kann er die Erkenntnisse der Baummechanik berücksichtigen, aber er bleibt stets weit davon entfernt, die Bruch- und Standsicherheit exakt zu bestimmen.

Hier liegen grundsätzlich die Grenzen von VTA und anderer visueller Baumdiagnoseverfahren. MATTHECK und BRELOER [5] geben beim vollbekronten, solitären Baum eine Restwandstärke von $t/R < 30\%$ als kritisch an und belegen diese Grenze empirisch. Wie verhält es sich aber mit Bäumen in Gruppen oder im Bestand und bei Bäumen mit reduzierten Kronen? Denken wir hier nur an Alleebäume oder an Baumgruppen in Parks. Welchen Grenzwert müssen wir hier annehmen? Und welchen Maßstab legen wir an alte Bäume mit dicken Stämmen und reduzierten Kronen? Hier stößt die 30%-Regel an ihre Grenzen.

Baumstatik als Ausweg?

Kommen wir nun zu einem Verfahren, das außerordentlich interessant ist, da es die Erkenntnisse der Statik par excellence auf die Untersuchung der Bruch- und Standfestigkeit von Bäumen überträgt: Die SIB-Methode [6], die ausgehend von der Biegetheorie statischer Konstruktion

nen die Bruchsicherheit von Bäumen abschätzt. Die zugrunde liegende Fragestellung lautet: Reicht die Biegefestigkeit des Holzes aus, um die bei einem Orkan zu erwartende Biegespannung auszuhalten? Derartige Berechnungen sind in der Statik bekannt und bewährt. Dieser Ansatz hat zweifellos einen gewissen Charme, denn im Gegensatz zu den eher „weichen“ Aussagen von VTA und anderen Verfahren erhält der nach SIB arbeitende Sachverständige einen konkreten Wert, nämlich zunächst die so genannte Grundsicherheit des vollholzigen Stammes. Da wir es bei der Klärung der Verkehrssicherheit aber vornehmlich mit faulen/hohlen Stämmen zu tun haben, muss er außerdem den Hohlungsgrad kennen, denn mit sinkender Restwandstärke steigen die aus der Windlast resultierenden Spannungen der äußersten Baumfasern exponentiell. Erst wenn diese Größe bekannt ist, können wir nach SIB die Bruchsicherheit abschätzen.

Bei einer Restwand von 80 % und konstanter Last steigt die Spannung im Vergleich zum gesunden Stammquerschnitt kaum merklich an. Bei 30 % Restwand steigt sie um etwa ein Drittel, bei 20 % um mehr als zwei Drittel und bei 10 % Restwand fast auf das 3fache an. Bei nur 7 % Restwand beträgt die Spannung der äußeren Fasern bereits das 4fache im Vergleich zum Vollzylinder. Spätestens hier sollten dem kritischen Sachverständigen Zweifel kommen, ob eine nur ungefähre Abschätzung der Restwandstärke zur Beurteilung der Bruchsicherheit ausreicht. Die exponentielle Entwicklung der Spannungen mit steigendem Hohlungsgrad macht die genaue Bestimmung der

Restwandstärke selbst bei Anwendung der reinen Biegetheorie geradezu zwingend erforderlich. Wer sich in Bereichen dünner Restwandstärken mit ungefähren Abschätzungen zufrieden gibt, handelt fahrlässig. Der in diesem Zusammenhang oft ins Feld geführte Hinweis, dass es zahlreiche lebende Bäume mit Restwandstärken von 10 % und weniger gibt, ist in diesem Zusammenhang ebenso überzeugend wie die Behauptung, dass Rauchen wenig schädlich sei, da es ja über 80-jährige Raucher gebe.

Doch wir müssen noch weiter in die Tiefe gehen. Bisher gingen wir davon aus, dass uns sämtliche Variablen, die in die Abschätzung eingehen, genau bekannt sind. Wir können aber bei Bäumen nur sehr selten einen idealen konzentrischen Hohlzylinder mit konstanter Restwand annehmen. Nur für diesen gelten die eben angestellten Betrachtungen. Variabilität von Radius und Restwandstärke verwischt die Präzision der angestellten Betrachtung. Da zudem der Schwerpunkt des Windlastangriffs in der Krone nur ungenau bestimmt werden kann, muss der Baumsachverständige mit einer deutlichen Unsicherheit der Abschätzung rechnen. Liegt eine asymmetrisch geformte Krone vor, müssen wir zudem Schubspannungen aufgrund von Torsion (Verdrehung) der Achse berücksichtigen.

Abb. 3 zeigt die exponentiell zunehmenden Spannungen bei abnehmender Restwandstärke an einem Beispiel unter Berücksichtigung von 10 % Standardfehler in der Einschätzung von Radius, Windlast und Lastschwerpunkt. Gerade bei geringen Restwandstärken kann es hier zu eklatanten Fehleinschätzungen der Bruchsicherheit kommen. Allein durch die Reduktion der Restwandstärke von 10 % auf 7 % erhöht sich die resultierende Biegespannung dramatisch. Wird die Restwandstärke nicht genau gemessen und wird ein Wert von $t/R=7\%$ bis 10% angenommen, so liegt die Bruchsicherheit zwischen 1,3 und 3,1. Von derartigen Unsicherheiten müssen wir ausgehen, denn Restwandstärken sind im Stammumfang selten konstant. Konsequenterweise müssen daher immer Schwankungsbreiten der Sicherheiten angegeben werden, sonst wird eine nicht existierende Genauigkeit suggeriert.

Die Ungenauigkeit der SIB-Methode soll der statische Zugversuch beseitigen. Hier wird nicht nur abgeschätzt, sondern genau gemessen. Letzteres sogar mit mehreren Dezimalstellen hinter dem Komma. Um es aber noch einmal zu betonen: Auch hier wird nicht die Festigkeit, geschweige denn die Bruchsicherheit direkt ermittelt, sondern aus Dehnungsmessungen abgeleitet.

Mithilfe einer Seilwinde wird eine bestimmte Zuglast am Baum erzeugt und mit

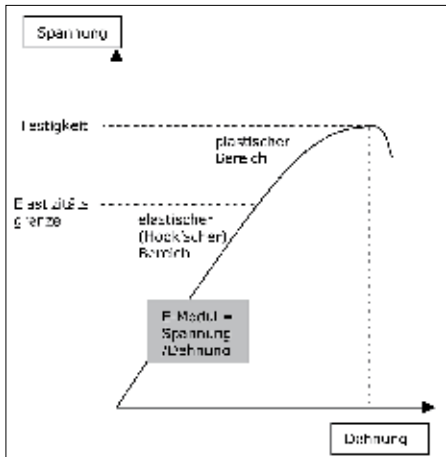


Abb. 4: Biegeversuch: Nur im elastischen Bereich lässt sich die zu erwartende Spannung berechnen. Die Lage der Elastizitätsgrenze und der Festigkeit sind am Baum nicht zerstörungsfrei ermittelbar. Die Bruchsicherheit kann also nicht genau berechnet werden.

sehr empfindlichen Dehnungssensoren (Elastometer) am Baum die Verformung der äußeren Fasern unter dieser Last gemessen. Nun lässt sich, so die Theorie, sehr einfach errechnen, welche Spannung bei einer Windlast von Orkanstärke auftritt, denn Dehnung und resultierende Spannung verlaufen nach dem Hook'schen Gesetz bei elastischer Verformung proportional (Abb. 4). Liegt diese Spannung über der Festigkeit des Holzes, ist der Baum bruchgefährdet. Liegt sie darunter, ist er sicher. Wie sicher, drückt der Sicherheitsfaktor aus. Soweit klingt das relativ einfach. Und es funktioniert bei homogenen Materialien mit klar definierten Eigenschaften und einfachen Konstruktionsformen auch so einfach wie es klingt. Für die verschiedenen Stähle sind z.B. die Festigkeiten und E-Module bekannt (sie schwanken in einem sehr engen Bereich), die auftretenden Spannungen lassen sich für diverse Querschnittprofile aus Tabellen ablesen bzw. sehr genau berechnen.

Bei Holz ist das anders: Für die verschiedenen Holzarten sind weder die Elastizitätsgrenzen noch die Biegefestigkeiten aus dem Elastizitätsmodul genau zu errechnen (s. Abb. 5). Im gezeigten Beispiel ist die Biegefestigkeit nur zu 64 % aus dem E-Modul ableitbar. Diese Aussage lässt sich generell auf alle Hölzer übertragen. Eine Gegenüberstellung von E-Modul und Biegefestigkeit von 79 handelsüblichen Holzarten nach LOHMANN [8] ergibt ein Bestimmtheitsmaß von 69%. Das heißt, dass sich die Biegefestigkeit nicht zuverlässig aus dem Elastizitätsmodul ableiten lässt. Warum ist das so? Holz ist ein biologisch „erzeugter“ Werkstoff und so ergeben sich holzanatomisch bedingte Streuungen der Holzeigenschaften nicht nur zwischen den

Holzarten, sondern auch innerhalb einer Holzart, ja sogar innerhalb eines Baumes. Zudem ist Holz ein anisotropes, faseriges Material, dessen Eigenschaften je nach anatomischer Richtung (axial, radial, tangential) sehr unterschiedlich sind [9]. Das gilt für sämtliche physikalische Variablen des Holzes, auch für die Festigkeit und die elastischen Eigenschaften. Dazu kommen Holzfehler wie Reaktionsholz, Äste und Drehwuchs.

Aufgrund dieser Streuungen sind die Anforderungen für tragende Bauteile aus Holz sehr streng gefasst. So betragen z.B. die zulässigen Biegespannungen für Nadelbauhölzer mittlerer Qualität nach DIN 1052 nur 1/7 der mittleren Biegefestigkeit. Hier wird also mit 7facher Sicherheit gerechnet, weil Festigkeiten an kleinen, fehlerfreien Proben ermittelt werden. An kleinen Proben ermittelte Werte lassen sich nicht ohne weiteres auf Bäume übertragen. Äste, Faserabweichungen und andere Störungen beeinflussen die elastomechanischen Eigenschaften. Aber selbst an kleinen, fehlerfreien Holzproben liegen die Variationskoeffizienten je nach Holzart zwischen 20 % und 30 % [11]. Der Stuttgarter Festigkeitskatalog grüner Hölzer [6] enthält im Gegensatz zu entsprechenden Katalogen für Trockenhölzer nur Mittelwerte, aber keine Streuungen. Hier besteht Aufklärungsbedarf. Solange die Variabilitäten der Festigkeiten grüner Hölzer nicht angegeben werden, lässt sich keine verlässliche Fehlerrechnung erstellen und es lassen sich auch keine nachvollziehbaren Aussagen über erforderliche Sicherheiten machen. Aus Mittelwerten abgeleitete Aussagen über z.B. 2,8fache Bruchsicherheit sind nur dann hilfreich, wenn Informationen über zu erwartende Streuungen vorliegen. Ohne diese Angaben kann nicht von einer wissenschaft-

lichen Absicherung eines Verfahrens gesprochen werden. Erst wenn die Streuung der zugrunde liegenden Tabellenwerte bekannt ist, kann eine Aussage über die Sicherheit gemacht werden. Auf die Unsicherheiten bei den angenommenen Windlastmomenten sei hier nur ergänzend hingewiesen.

Es sind darüber hinaus grundsätzlich Zweifel angebracht, ob sich die an fest definierten isotropen Materialien und einfach beschreibbaren Konstruktionen gewonnenen Erkenntnisse der Statik einfach auf Bäume übertragen lassen, ohne die Besonderheiten der Baumarchitektur und der Holzeigenschaften zu berücksichtigen. Salopp ausgedrückt: Ein hohler Baum ist kein Stahlrohr. Untersuchungen von LERDERMANN [12] und MATTHECK et al. [13] zeigen, dass nicht Biegekräfte, also axiale Zug- und Druckspannungen ursächlich für das Primärversagen eines Stammes sind, sondern Schubspannungen im Bereich der neutralen Faser sowie Querkzug- und Querdrukspannungen infolge Querschnittsverflachung des Hohlzylinders. Diese Spannungen steigen schon ab 30 bis 35 % Restwandstärke stark an und erklären daher die Häufung der Baumbrüche bei vollbekronten Solitären ab diesem Hohlungsgrad. Aus diesem Grund wird von einigen Autoren die Kombination der Baumstatik mit den Erkenntnissen der Baummechanik vorgeschlagen [14,15].

Fazit: Ist es vermessen zu messen?

Wir sind weit davon entfernt, die Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen genau erfassen zu können. Vorsicht ist bei solchen Verfahren gegeben, die vorgeben, dies mit großer Genauigkeit zu tun. Ab-

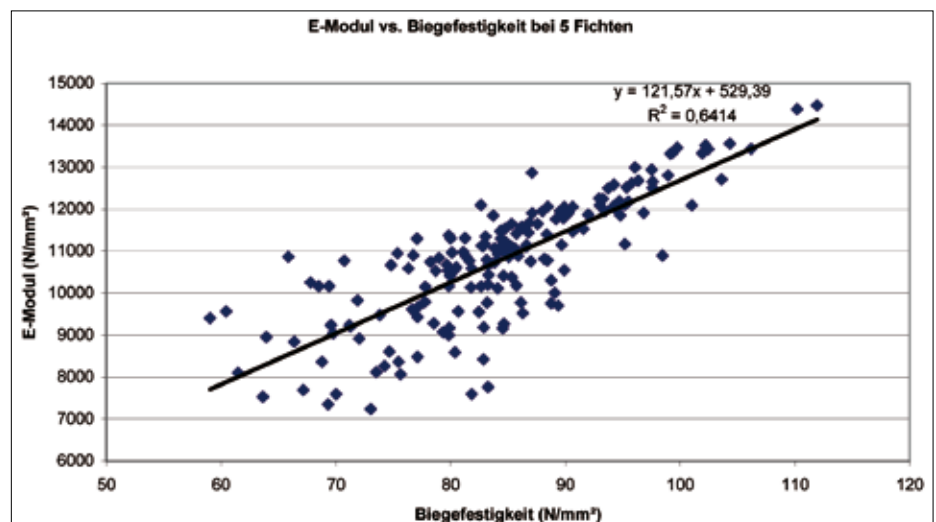


Abb. 5: Biegefestigkeit und E-Modul bei Fichte, gemessen an kleinen Proben. Beide Größen weisen starke Variabilität auf. Es ist unmöglich, auf dem bekannten E-Modul die Biegefestigkeit zu berechnen. Das Bestimmtheitsmaß beträgt nur 64 %. Die gezeigte Regressionsgerade ist demnach nur eine Annäherung [10].

hilfe könnte nur ein Modell schaffen, das alle relevanten, auf den Stamm- oder Astquerschnitt wirkende Kräfte sowie die Geometrie des Stammes und die Verteilung der Fäule im Stamm berücksichtigt. Ein solches Modell gibt es (noch) nicht. Die Übertragung der Biegestatik einfacher Hohlzylinder auf Bäume scheint dazu jedenfalls nicht auszureichen. Auf der anderen Seite stößt aber auch die so griffige 30%-Regel an ihre Grenzen.

Macht Messtechnik für den Patienten Baum dann überhaupt Sinn? Antwort: Ja, denn die möglichst genaue Feststellung des Schadensumfangs ist immer die Voraussetzung für eine zuverlässige Abschätzung des Gefährdungspotenzials – gleichgültig welcher der geschilderten Theorien ein Baumsachverständiger folgt. Eine sachverständige Baumdiagnose durchläuft immer drei Stufen:

1. Beobachtung (eingehende visuelle Untersuchung, Messungen),
2. Interpretation (Würdigung des Schadensumfangs, Einschätzung des Risikos),
3. Schlussfolgerung (Maßnahmen).

Ist schon die Feststellung des Schadensumfangs aufgrund fehlender Informationen mangelhaft, können Interpretation und Schlussfolgerungen kaum zu tragfähigen Ergebnissen führen. Der Messgeräteeinsatz unterstützt die visuelle Diagnostik, ersetzt sie aber nicht. Mit derzeit verfügbarer Messtechnik können wir Ausmaß und Lage von Schäden im Baum hinreichend genau erfassen. Erst der Technikeinsatz gewährleistet eine Objektivierbarkeit von Aussagen zum Baumzustand. Wir sollten jedoch stets im Auge behalten, was wir messen und welche Aussagekraft eine Messung hat. Hier kommt der Sachverständige zum Zuge, denn nur dieser ist dazu fachlich in der Lage. Er ist durch kein Gerät zu ersetzen und das wird auch zukünftig so sein. Messgeräte gehören in die Hände

qualifizierter Anwender. Jede Messung ist ein Baustein in der Baubeurteilung. Aber jede Messung kann nur so gut sein wie der Anwender, der sie einsetzt.

Wir werden in den nächsten Jahren in der Baumpflege eine starke Weiterverbreitung und Weiterentwicklung von Messverfahren erleben. Wie in der Medizin wird technische Diagnostik immer wichtiger werden, um visuelle Beurteilungen abzusichern. Sie wird den Sachverständigen nicht verdrängen, sondern stärken. Vorläufig müssen wir aber damit leben, dass eine exakte Bestimmung der Bruch- und Standsicherheit mit den vorhandenen Baumdiagnoseverfahren nicht möglich ist. Die konkrete Aussage zur Verkehrssicherheit bleibt also bis zu einem gewissen Grade nach wie vor der subjektiven Beurteilung des Sachverständigen überlassen. Unterschiedliche Bewertungen durch verschiedene Personen sind dabei unvermeidlich. Dies wird der ein oder andere als unbefriedigend betrachten, ist aber in Anbetracht des nicht nur biologisch, sondern auch mechanisch sehr komplexen Systems Baum zurzeit noch Stand der Technik. Es wird vielleicht in absehbarer Zeit möglich sein, mehr Licht ins Dunkel zu bringen, doch dies würde auch mit einem deutlich erhöhten Untersuchungsaufwand verbunden sein.

Abschließend noch ein Wort zu der Frage nach verletzenden Messverfahren: Es versteht sich eigentlich von selbst, dass Bäume nur im unbedingt erforderlichen Maße verletzt werden dürfen. Das trifft nicht nur auf die Messtechnik zu, sondern auch auf die Baumpflege. In den letzten Jahren gerieten invasive Messverfahren teilweise in die Kritik. Hervorgehoben wurde dies u.a. durch nicht sachgemäßen Gebrauch von Geräten. Als Reaktion darauf wurde in einigen Publikationen allerdings „das Kind mit dem Bade“ ausgeschüttet (z.B. [16]). Andere Autoren urteilen hier differenzier-

ter [17]. Hier muss die Dimension der Verletzung berücksichtigt werden. Selbst mehrfache Bohrwiderstandsmessungen stellen im Vergleich zum Baumschnitt einen verschwindend kleinen Eingriff dar, die Fläche des verletzten Gewebes ist um Potenzen kleiner als die Schnittflächen bei einer Kroneneinkürzung. Kein sachverständiger Mensch käme auf die Idee, der Baumpflege daher Baumfrevel vorzuzerlegen. Wenn nur eine Bohrung Klarheit schafft, ob ein Baum eine Gefährdung darstellt oder nicht, so ist das sowohl im Sinne des Patienten Baum als auch des Menschen. Hier ist mehr Sachlichkeit und Augenmaß angebracht.

Literaturhinweise:

- [1] WATZLAWICK, P. (1979): Wie wirklich ist die Wirklichkeit. Piper, 252 S. [2] INNES, J. L.; LANDMANN, G.; METTENDORF, B. (1992): Consistency of observations of forest tree defoliation in three European countries. Environm. Monit. Assessm. 25, 29-40 [3] RINN, F. (2003): Technische Grundlagen der Impuls-Tomographie. Baumzeitung 8, 29-31. [4] RUST, S.; FRANZ, S.; MINKE, M.; SCHUMANN, I.; ROLOFF, A. (2002): Schalltomographie zur Erkennung von Fäulen und Hohlungen an stehenden Bäumen. Stadt + Grün 51: 50-52 [5] MATTHECK, C., BRELOER, H. (1993): Handbuch der Schadenskunde von Bäumen. Der Baumbuch in Mechanik und Rechtsprechung. Freiburg: Rombach-Verl., 193 S. [6] WESSOLLY, L.; ERB, M. (1998): Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle. Patzer-Verlag, 272 S. [7] SINN, G.; SINN, T. (1997): Bruchsicherheit von Bäumen verschieden beurteilt. Stadt und Grün 7. [8] LOHMANN, U. (2006): Holz-Handbuch DRW-Verlag, 6. Aufl., 352 S. [9] KOLLMANN, F. (1982): Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Erster Band, 2. Aufl. (Reprint). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verl., 1050 S. [10] SANDER, C. (1991): Dendroökologische und elastomechanische Untersuchungen an immissionsgeschädigten Fichten (*Picea abies* L. (Karst.) im Riesengebirge. Dipl.-Arb. Univ. Hamburg. [11] NIEMZ, P. (1993): Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. DRW-Verlag, Stuttgart, 243 S. [12] LEDERMANN, M., 2003: Beiträge zur Optimierung von Faserverbünden nach dem Vorbild der Natur. Forschungszentrum Karlsruhe, Wiss. Ber. FZKA 6779, 12 S. [13] MATTHECK, C.; BETHGE, K.; TESARI, I. (2006): Shear effects on failure of hollow trees. Trees 20, 329-333. [14] STERKEN, P. (2005): A guide for tree stability analysis. Blankenberge, 64 S. [15] DENGLER, R.; PUDELKO, M. (2006): Load Estimation on Trees (L.E.T.), Programm zur Lastabschätzung von Bäumen, Version 1.03. [16] KERSTEN, W.; SCHWARZE, F.W.M.R. (2005): Development of decay in the sapwood of trees wounded by the use of decay-detecting devices. Arboricultural Journal 28, 151-164. [17] KOWOL, T.; KEHR, R.; WOHLERS, A.; DUJESIEFEN, D. (2001): Wundreaktionen und Pilzbefall im Holzkörper nach Resistograph- und Zuwachsbohrer-Einsatz zur Baumuntersuchung im Bereich von Fäulen. Jahrbuch der Baumpflege 2001, 203-211.



Innovationspreise
2006 kwf
2004 GaLaBau

Kronensicherungssystem mit Bruchlastanzeige



Exklusiv bei
DRAYER
Fachhandel für Baumpflege und Seiltechnik

Online-Shop:
www.drayer.de

Signalrotes Band!

Fordern Sie unsere News-Flyer und den Hauptkatalog an!
Tel. 07684 / 780 · Fax .../ 790 info@drayer.de



SCHNELL - BILT - BEWEIS
24 H - SHOPPING

AUSRÜSTER FÜR BAUMKLETTERER



alle Produkte
im
onlineshop

Katalog
jetzt anfordern

Tel: 08105-27 27 27
info@freeworker.de