

Baumschadensdiagnose

(Der Text ist von: Lutz Hoffmann, Fachagrarwirt f. Baumpflege u. Sanierung)

Inhalt

1. Grundsätzliches

- Einleitung

1.1. Was sind Bäume

- Wachstum aus Embryonalpunkten
- Krankheit und Heilung
- Die Baumzeit ist lang

1.2. Erkenntnistheoretisches zur Baumdiagnose

- Die innere Einstellung
- Die Mustererkennung als Arbeit der „fachlich-qualifizierten Inaugenscheinnahme“

2. Recht und Normen

- Rechtlicher Hintergrund von Baumkontrollen
- Die FLL- Baumkontrollrichtlinie
- Die Hamburger Baumkontrolle, praktische Umsetzung in einer Großstadt

3. Vitalität und Verkehrssicherheit als zwei verschiedene Aspekte der Baumgesundheit

3.1. Die Vitalitätsbestimmung

- Die Kronentransparenzanalyse
- Infrarotbilder Auswertung
- Vitalitätsbestimmung anhand der Sprossmorphologie von Wipfeltrieben
- Vitalitätsbestimmung anhand der Triebblängen und Strukturen von Wipfeltrieben (Roloff)
- Untersuchungen der Musteränderung unter Berücksichtigung weiterer Faktoren (Gleissener)

3.2. Verkehrssicherheit und Baumstatik

3.2.1. Einleitung

- Prinzipienstreit
- Baumwachstum
- Evolution in den Wäldern
- Nur auf den ersten Blick widersprüchlich

3.2.2. Der innere Blick: Kraftumlenkung und Kerbspannungen

- Berechtigung und Kritik des inneren Blickes

3.2.3. Der äußere Blick: Querschnittsflächen und Widerstandsmomente

- Berechtigung und Kritik des äußeren Blickes

3.2.4. Schluss

Baumschadensdiagnose

1. Grundsätzliches

Einleitung

Unsere Branche erlebt zur Zeit einen Boom wie nie zuvor. Noch nie gab es so viele Forschungsprojekte, Ausbildungsangebote und Innovationen im Bereich der Arbeitsmethoden.

Und das, um die Bäume in den Siedlungsbereichen zu erhalten und nicht um das Holz zu nutzen, wie im Forst, sondern wegen ihrer selbst.

Vielleicht werden Historiker einmal folgenden Widerspruch bemerken: „In dieser Zeit fand auf der Erde eine maßlose, noch nie da gewesene Naturzerstörung statt. Die Primärwälder wurden vernichtet aufgrund des nicht zu bändigenden Hungers nach Ressourcen. Aber, - vielleicht wegen des schlechten Gewissens oder wegen der Einsicht in die Notwendigkeit, dass wir nicht ohne die Natur leben können, entwickelten die Menschen eine, verglichen mit früheren Zeiten noch nie da gewesene Kultivierung und Pflege der Einzelbäume in ihren Siedlungsbereichen“.

Hier kann sich unsere Sorge um die Natur kanalisieren und Ausdruck verschaffen.

Als Fachleute haben wir die Verantwortung für den Erhalt der Bäume.

D.h. z.B. auch, dass wir bei einer Baumannsprache nicht vorschnell auf der Suche nach einem Grund zum Fällen sein sollten. Angst ist dabei ein schlechter Berater! Wenn wir vor einem alten ausgehöhlten Baum stehen, und nicht so recht weiter wissen, dann ist die Entscheidung zur Fällung des Baumes manchmal leichtfertig zu begründen. Verantwortungsbewusst für den Erhalt des Baumes einzustehen, ist oftmals sehr viel schwerer. An einem solchen Fall zeigt sich erst unser Können unser Wissen und vor allen Dingen unsere langjährigen Erfahrungen mit Bäumen. Wir sollten unsere Aufgabe und den Anspruch daran nicht unterschätzen!

- Die Baumannsprache ist die erste nicht wegzudenkende baumpflegerische Handlung!
- Jede Schnittmaßnahme oder Baumpflegemaßnahme braucht ihre Begründung. Baumpflegemaßnahmen sind erst in Folge einer Baumannsprache zu planen und auszuführen!
- Wir müssen also, bevor wir tätig werden, erst einmal ein möglichst umfassendes Verständnis darüber erlangen, was und wie dieser Baum, den wir bearbeiten wollen, ist!

Was sind also überhaupt Bäume und wie können wir Bäume erkennen?

1.1. Was sind Bäume?

Wachstum aus Embryonalpunkten

- Pflanzen sind Lebewesen, die sich mittels Sonnenlicht selbst mit Energie versorgen können. Wir sind vollkommen abhängig von ihren Stoffproduktionen aus dem Sonnenlicht.
- Bäume sind sehr komplexe Organismen, die höchst entwickelten Lebewesen aus dem Pflanzenreich.

Bäume sind uns sehr ähnlich,...

weil sie, wie kein anderes Lebewesen die Veränderungen in ihrer Lebenszeit sichtbar ausdrücken. Das Gesicht eines Kindes, eines Erwachsenen oder eines Greises hat unverwechselbare, je eigene Charakterzüge. Auch einem Baum sieht man sein Alter immer an. Er verändert im Laufe seines Lebens unverwechselbar seine Gestalt. Der alte Hund bekommt nur ein paar graue Schnauzhaare, einem Käfer wird man das Alter auch nicht so leicht ansehen können.

Bäume liefern kulturgeschichtlich für uns sogar das Sinnbild für Lebenszeit. Man denke an den Brauch, bei der Geburt eines Kindes einen Lebensbaum zu pflanzen.

Bäume sind uns jedoch auch sehr fremd.

Es sind Organismen, die vollkommen anders funktionieren und aufgebaut sind als wir.

Bäume gehören im Unterschied zu uns, zu den offenen Organismen.

(Unterscheidung: offener Organismus - geschlossener Organismus.)

Ihnen fehlt eine zentrale Steuerung, ihre Form ist nicht um ein solches Zentrum (Organ) organisiert und nach außen abgeschlossen, wie bei den tierischen, geschlossenen Organismen. Im Gegensatz zu uns, bauen sie sich permanent aus Embryonalzellen auf und sind prinzipiell unsterblich. Dafür können einmal differenzierte Zellen sich, bis auf wenige Ausnahmen, nicht mehr teilen. In unseren Geweben regenerieren und teilen sich die differenzierten, spezialisierten Zellen permanent, wir besitzen nur wenige embryonale Stammzellen und die Existenz dieser Stammzellen sind nicht unbedingt erforderlich für das Überleben des einzelnen tierischen Organismus.

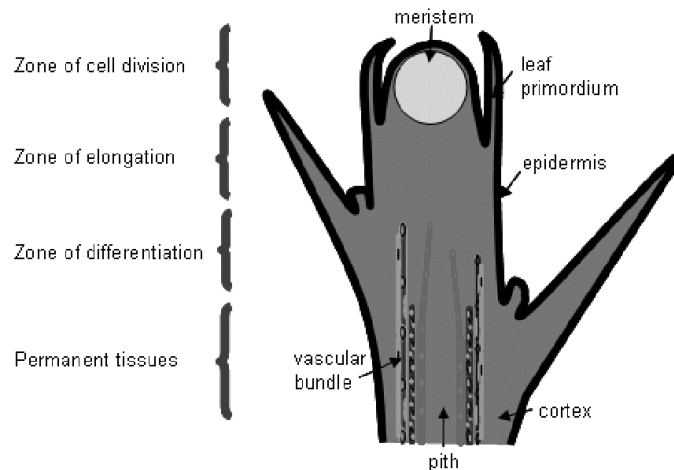
Bäume wachsen ihr Leben lang, unentwegt. Tiere sind schnell ausgewachsen.

Selbst wenn Bäume ausgewachsen sind, obwohl man dass gar nicht so sagen kann, verändern sie laufend ihre Gestalt. Sie vergrößern ihren Stamm, bilden ihre Krone um, geben Kronen- und Holzbereiche auf, gleiche Verluste aus.

Diese Entstehung eines pflanzlichen Organismus aus den Embryonalpunkten, den Meristemen, wird permanent durch die Umwelt beeinflusst.

(Meristem: grich. Aus mesos = in der Mitte; und temnein = trennen, spalten)

Pflanzen können nämlich nicht weglaufen, eine unflexiblere Entwicklung würde den schnellen Tod bedeuten. Die Entwicklung, Morphogenese, eines tierischen Organismus gehorcht sehr viel unflexibler den genetischen Bauplänen. Man denke da an Zwillinge.



Wenn man also ein Tier, (oder einen Menschen), erkennen oder beschreiben will, dann betrachtet man seinen Körper und sein Verhalten. Bei uns selbst geht der Blick dann fast ganz auf das Verhalten. In unseren Handlungen und unserem Verhalten kommt unsere Individualität oder Einzigartigkeit erst zum Vorschein.

Die Gestalt eines alten Baumes ist nicht der direkte Ausdruck seiner Gene. In der Baumgestalt wird auch die konkrete Geschichte der Umwelteinflüsse und Anpassungen sichtbar. Mit seinem Wachstum verhält sich der Baum, handelt er, trifft Entscheidungen, wie er sich mit seinen vorgegebenen Möglichkeiten an seine Umwelt anpasst. Pflanzen können sehen, fühlen, riechen. Sie können sogar experimentieren.

In einer Baumgestalt kommt seine Individualität und seine Lebensgeschichte zum Ausdruck.

Wenn man drei genetisch identische Buchen an drei verschiedene Standorte pflanzt und nach 80 Jahren miteinander vergleicht, dann werden wir drei vollkommen verschieden gestaltete Bäume vorfinden:

- Der Waldbaum ist schlank und hoch. Der Stamm vergabelt sich spitzwinklig wie ein „V“ in 5m Höhe, der Stamm ist zylindrisch.
- Der freistehende Baum auf der Wiese ist breit und nicht so hoch. Seine Äste hängen soweit herab, dass die Tiere daran fressen. Der dicke, kegelförmige und verknorpelte Stamm teilt sich u-förmig in viele starke Achsen. Ein großer schwerer Starkast ist jedoch bei Sturm schon herausgebrochen. Eine große Wunde ist entstanden. Unter der Wunde nistet ein Specht.
- Der Straßenbaum, den man damals in einer viel zu kleinen Pflanzgrube gepflanzt hat, ist viel kleiner als die anderen geblieben. Man wundert sich, das er so alt sein soll. Auf seinem Stamm sitzen mehrere dünnere, sich nach oben schlängelnde Achsen. Die Krone ist leerer und unregelmäßig. Viele Schnittwunden sind zu bemerken. An seinem Stamm sieht man eine große oberflächliche Wunde und Wundholz.

Die Buchen-Drillinge sind als Individuen anzusprechen. Der Bedarf, sowie die zu planenden Baumpflegearbeiten werden sich bei allen drei Bäumen stark unterscheiden.

Neben den allgemeinen Kenntnissen, die wir über Bäume und die Baumarten angesammelt haben, haben wir uns mit wacher Auffassungsgabe mit dem je einzelnen Baum auseinander zusetzen.

Man kann Bäumen also schlecht nur mit allgemeinen Rezepten begegnen, man muss lernen sie einzeln zu verstehen.

Halten wir das bisher Gesagte fest:

- Permanentes Wachstum aus Embryonalpunkten.
- Permanenter Umwelteinfluss auf das Wachstum.

Daraus folgt:

- In der Gestalt wird nicht nur ein genetischer Plan sichtbar, sondern auch ein individuelles Verhalten. Die Gestalt eines Baumes ist wie in Form geronnene Lebenszeit. Bäume sind Individuen.

Krankheit und Heilung:

Wenn Pflanzen so anders sind, dann muss folglich auch das, was wir unter Krankheit und Heilung verstehen, differenziert werden. Wir können nicht von uns direkt auf die Bäume schließen!

Die mittlerweile überholten falschen Methoden der Baumpflege, wie z.B. das Ausfräsen von Wunden, wurden in der Vergangenheit aufgrund eines vorschnellen Vergleiches von Tier und Pflanze entwickelt.

Bäume heilen oder regenerieren aus ihren embryonalen Potentialen. Ältere Gewebe können sie aufgeben. Aufgrund der dezentralen und offenen Form des pflanzlichen Organismus ist der organische Zusammenhang der Teile mit dem Ganzen nicht ganz so fest und lebensnotwendig wie bei den tierischen, geschlossenen Organismen. Die Teile haben eine gewisse Eigenständigkeit gegenüber dem Gesamtzusammenhang behalten. Der pflanzliche Organismus ist eher als eine wohlgeordnete, zweckmäßig gegliederte Zell- und Gewebesgesellschaft zu verstehen. Die Gewebe und Teile eines Baumes beeinflussen sich ständig gegenseitig zu einem Ganzen. So befinden sich z.B. alle Knospen in gegenseitiger Konkurrenz um von der Wurzel zu liefernde „Nährstoffe“ und Wasser aus dem Boden. Diese Ansammlung von Knospen sind dennoch zu einem Ganzen verbunden. Sie kommunizieren mittels Hormone mit den Teilen der Wurzel und mit ihren Knospenkonkurrenten. So kann sich das, was genetisch festgelegt ist, als Gesamtorganismus dennoch herausbilden.

Die bewegte Lebensweise der Tiere, außerhalb des „Urmilieus“ von Wasser und Licht, erfordert eine abgeschlossene und strengere Organisation ihrer Körper. Dieses ist der Preis für die Freiheit der Bewegung. Kein Teil oder Organ kann ein Eigenleben führen. Dem Ganzen ist lebensnotwendig absoluter Gehorsam zu leisten. Man kann kein größeres Stück eines Herzmuskels herausnehmen, und draus entsteht auch kein neuer Mensch. Einen Weidenzweig kann man gleichwohl in die Erde stecken und es entsteht ein neuer Baum. Ein gebrochener Knochen wächst wieder zusammen, ebenso gerissene Muskelfasern. Gebrochene oder gerissene Holzfasern werden nicht repariert sondern aufgegeben und durch die

Bildung von neuem Holz oder neuen Fasern ersetzt. Die moderne Medizin träumt manchmal davon, für Menschen das zu ermöglichen, was Bäume und Pflanzen schon lange können, z.B. das Klonen von Ersatzorganen in der Stammzellenforschung.

Bäume heilen durch Aufgabe und Neubildung. Sie grenzen die erkrankten Gewebe ab und entwickeln sich an anderer Stelle weiter.

Tiere müssen erkrankte Gewebe am Ort und Stelle erneuern. Sie haben im strengen, abgeschlossenen Funktionszusammenhang keinen Raum oder keine Zeit um ein Organ aufzugeben und es wo anders zu ersetzen. Wenn bei tierischen Organismen ein Teil versagt und nicht erneuert werden kann, tritt meist der Tod ein. Heilung und Regeneration sind weit aus unflexibler.

Die Grenze zwischen Tod und Leben ist bei Pflanzen weit aus schwerer zu ziehen. So ist die Funktionen der Wasserleitung durch die großlumigen Leitungsbahnen, der Tracheen, erst nach dem Absterben der sie bildenden Zellen möglich. Weiterhin ist das für die Statik eines Baumes notwendige Gerüst größtenteils schon abgestorben. Der lebende Baumorganismus zieht sich jedes Jahr erneut über die Oberfläche.

Wenn wir einen Baum auf Schäden untersuchen, dann müssen wir je nach Ort und Art des Schadens diese Unterscheidungen von lebenden und aufgegebenen Bereichen treffen. Dazu weiter unten mehr. –

Die Baumzeit ist lang:

Sprechen wir den Baum als Fachleute an, so sollen uns zudem die zeitlichen Dimensionen dieses Lebewesens bewusst werden.

Was war seine bisherige Entwicklungsgeschichte, wie sehen wir ihn jetzt und wie wird er sich in Zukunft verändern? Dazu gehört auch der zeitliche Blick auf das Baumumfeld. Hat- oder wird es sich verändern?

Denn der Sinn von vielen Baumpflegemaßnahmen ist es, vergangene Entwicklungen zu korrigieren oder zukünftige natürliche Entwicklungen vorwegzunehmen oder zu fördern.

Unsere Baumansprache wäre verkürzt, wenn wir nur nach Krankheitssymptomen suchen würden. Manche Pilze sind übliche Bewohner alter Bäume und gehören als abbauende Organismen zur natürlichen Altersentwicklung. Die meisten Pilz-Wirt Interaktionen vollziehen sich sehr langsam, manchmal langsamer als wir denken. Die Bedingungen für das Auftreten eines holzzersetzende Pilzes kann im höchsten Maße spezifisch sein. Manchmal wird ein Baum jedoch auch von einer um sich greifenden Seuche befallen und geht schnell zugrunde.

Um das Leben von Bäumen richtig zu verstehen, müssen wir unsere Zeitvorstellungen strecken. Unsere biologische Zeit, die auch unser Denken und Handeln bestimmt, ist eine viel kürzere als die der langlebigen Bäume. Wenn wir unsere gegenwärtige, gesellschaftlich bestimmten Zeitvorstellungen betrachten, dann gilt dieses um so mehr.

Vor einer Baumdiagnose sollten wir erst einmal inne halten und tief Luft holen!

1.2. Erkenntnistheoretisches zur Baumdiagnose.

Die innere Einstellung

In einer Baumansprache stehen wir in einer Art Dialog zu einem bestimmten Baum.

Wir erarbeiten dabei nicht unser allgemeines Wissen über Bäume, sondern wir ordnen die Muster und Eigenschaften, die wir konkret an einem einzelnen Baum wahrnehmen in unser allgemeines Begriffssystem über Bäume ein.

Aus Wikipedia:

Diagnose:

Griechisch: διάγνωση, jeweils heutige Aussprache *diágnosi*, wörtlich „die Durchforschung“ im Sinne von „Unterscheidung“, „Entscheidung“; aus δια-, *dia-*, „durch-“ und γνώσι, *gnósi*, „die Erkenntnis“, „das Urteil“

Diagnose ist die Zuordnung von diagnostischen Zeichen oder Symptomen zu einem Krankheitsbegriff.

Im weiteren Sinn handelt es sich bei der Diagnose um die Zuordnung von Phänomenen zu einer Kategorie.

Wir sollten uns bei einer Baumansprache immer bewusst sein, das wir uns innerlich zwischen zwei weit entfernten Punkten unserer Erkenntnisfähigkeit hin und her bewegen, zwischen Wahrnehmung und Wissen.

Auf der einen Seite ist es der konkrete Baum der uns gegenübersteht mit seinen unzähligen Eigenschaften, die wir wahrnehmen können- und auf der anderen Seite ist es unser gelerntes Wissen und unser Erfahrungsschatz.

Einerseits erweitern und beeinflussen unsere gesammelten Wahrnehmungen unsere Begriffe und unser Wissen um die Bäume und andererseits können wir ohne unser Wissen und unsere gesammelten Vorstellungen nichts am konkreten Baum erkennen und verstehen.

Wenn wir um den Baum laufen, ihn ansehen, ihn betasten, nach oben schauen, nach unten sehen, sammeln wir die Phänomene. Um sie zu verstehen, jemanden Anderen mitzuteilen und um das Wichtige vom Unwichtigen zu trennen, müssen wir unsere Eindrücke in unsere bestehenden Kategorien einordnen.

Dabei entstehen zwangsweise immer Fehler. Es wurden schon viele Bäume aufgrund falscher oder ungenauer Gutachten gefällt.

So kann durch den Ausgang der Baumansprache alleine von einer abstrakten Kategorie, einer Krankheit, die Wahrnehmung des einzelnen Baumes verzerrt werden. Dann fängt man an, von der Kategorie auf das Konkrete zu gehen, ohne dem einzelnen Baum genügend Raum gegeben zu haben, um sich zu zeigen. Es gibt tatsächlich Baumgutachter, die sehen an jedem 2. Buchenstamm den Brandkrustenpilz, oder jeder Teerfleck ist die Bestätigung, das der Baum unter Phytophthora Befall leidet.

Die wahrgenommenen Muster sind immer etwas Anderes als unser Wissen!
Die Phänomene sind vielfältig, komplex und manchmal ununterschieden.
Unser Wissen vereinfacht und abstrahiert.

Auf der anderen Seite besteht bei einer Diagnose ein gewisser Entscheidungszwang. Wir können nicht bei der ununterschiedenen Vielfalt der Phänomene verweilen.

Wir müssen zu einer Abstrahierung, zu einer Einteilung und zu einem mitteilbaren Ergebnis kommen, da dieses aufgrund unserer übernommenen Verantwortung als Baumpfleger oder Kontrolleur von uns gefordert wird. Wir sind in diesem Fall Entscheidungsträger und keine Künstler, die ein komplexes und diffuses Bild der Wirklichkeit schaffen könnten, das für sich selber Bestand haben kann.

Da die beiden Bereiche der wahrgenommenen einzelnen Phänomene und der gewussten Kategorien soweit auseinanderliegen, sollten wir uns immer bewusst sein, dass die Erkenntnisbewegung etwas Lebendiges, Fließendes bleiben muss. Unser Erkenntnisobjekt ist ein hoch komplexes Lebewesen, welches sich letzten Endes nicht vollständig aus Funktionszusammenhängen erklären kann. Es ist eben kein bloßes Bauwerk, oder eine Schaltanlage.

Vielleicht hat die Natur auch bestimmte Freiheitsgrade, um sich selbst darzustellen. Die Eiche sieht aus wie eine Eiche, nicht nur weil es so ihrem Überleben in der Evolution gedient hat, oder weil sie sich so an ihre konkrete Umwelt anpassen konnte, sondern zum Teil auch, weil sie sich so darstellt wie sie ist.

Hinzu kommt die ungeheure Zusammengehörigkeit und das "Aufeinander-Angewiesensein" allen Lebendigen. Wir haben kein erschöpfendes Wissen über alle ökologischen Aspekte einiger Merkmale und über deren Vielfalt. Das soll keine vorschnelle Kapitulation des Wissens sein; wir sollten jedoch bedenken, dass in einem Erkenntnisprozess immer einen Rest Unerklärbarkeit verbleibt.

Wir müssen also unsere Urteile zu Bäumen und unser Wissen über sie immer wieder überprüfen und hinterfragen. Das ist enorm wichtig, weil man sich sonst verrennt. So einigen klugen Köpfen in unserer Branche ist der Fehler schon unterlaufen. Ihnen ist ihr eigenes Wissen um die Bäume wichtiger als die Wahrheit. Die Wirklichkeit wird den eigenen Vorstellungen und Modellen geopfert. So kann ein solches Wissen die Wahrnehmung verzerren und manipulieren.

Mit Uneindeutigkeiten bei Diagnosen geht z.B. auch die Medizin wie selbstverständlich um:

Nur eine sogenannte „positive Diagnose“ geht auf eine eindeutige Bestimmung eines Symptoms. Wenn dieses nicht möglich ist, dann wird in einem Ausschlussverfahren eine Differentialdiagnose durchgeführt. Dabei werden mögliche Diagnoseverläufe nach und nach ausgeschlossen. Wir können dann das Symptom oder Phänomen nicht eindeutig beschreiben, aber wir wissen was es nicht ist.

In einer Klassifizierung kann deren Vertrauenswürdigkeit (Konfidenz) mit angegeben werden.

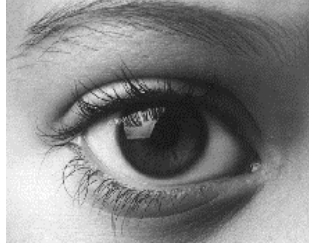
So wird man bestimmt keinen Pilz essen, der wahrscheinlich, aber nicht sicher als ungiftig eingeteilt wird.

Vor Gericht heißt es: "Im Zweifel für den Angeklagten"-

Für uns soll gelten: **"Im Zweifel für den Baum"** (in-dubio-pro-arbore)

Die Mustererkennung als Arbeit der „fachlich qualifizierte Inaugenscheinnahme“

Bevor wir irgendwelche Instrumente einsetzen, oder Bäume beschneiden oder auch nur besteigen, müssen wir sie uns ansehen.



Das wichtigste Sinnesorgan ist dabei das Auge. Dieses steckt schon in dem Fachbegriff der „fachlich-qualifizierten-Inaugenscheinnahme“. Obwohl wir Baumkontrollen natürlich auch mit allen unseren Sinnen durchführen sollten; das Sehen und Erkennen von Mustern sollten wir ständig üben und ausbauen.

Wo das Sehen unbedingt notwendig ist:

- Bei der Pflanzenbestimmung im Fach der Systematik, anhand der sichtbaren Eigenarten und feinen Unterschiede die einzelnen Pflanzen richtig in die Taxonomie einordnen. Dabei unterscheiden wir dann Familien, Gattungen, Arten und Sorten.
- Bei der Vitalitätsbestimmung von Bäumen anhand der Struktur der Wipfeltriebe.
- Bei der Entdeckung von inneren Holzschäden anhand des Rindenbildes.
- Bei der Erschließung der Nährstoffsituation und Gesundheit anhand der Blattfarben und Muster.
- Bei der indirekten Erschließung der mechanischen Blasungssituation von Baumteilen anhand der Wuchsformen.
- Bei der Identifizierung von Pilzen anhand der Fruchtkörper zu den verschiedenen Jahreszeiten.
- Bei der Ausführung und Beurteilung von Baumschnittsmaßnahmen.

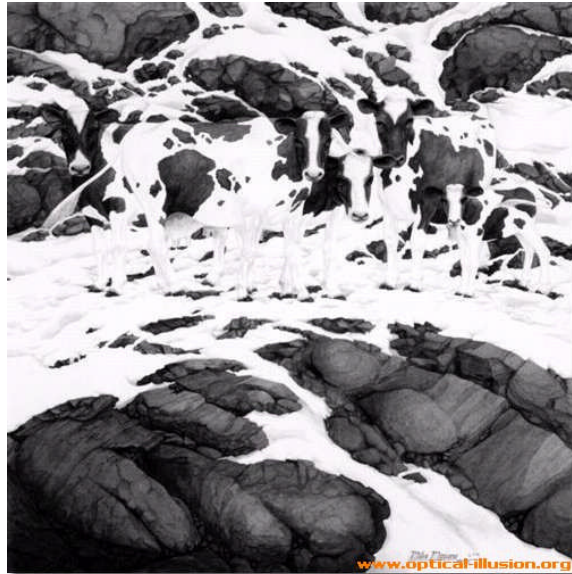
Das Wort Mustererkennung weist uns erneut auf die oben beschriebenen beiden Seiten des Erkenntnisprozesses hin. Um ein Muster zu erkennen, benötigen wir die richtige Einordnung in eine, in unserem Geist bestehende, Vorstellung oder Kategorie.

Es ist also nicht nur die reine Wahrnehmung des Musters, sondern auch die Zuordnung zu einer Bedeutung, die wir in unserem Kopf haben.

Ein Beispiel für einen sehr unmittelbaren Zusammenhang von Wahrnehmung und Vorstellung sind die sogenannten Vexierbilder:

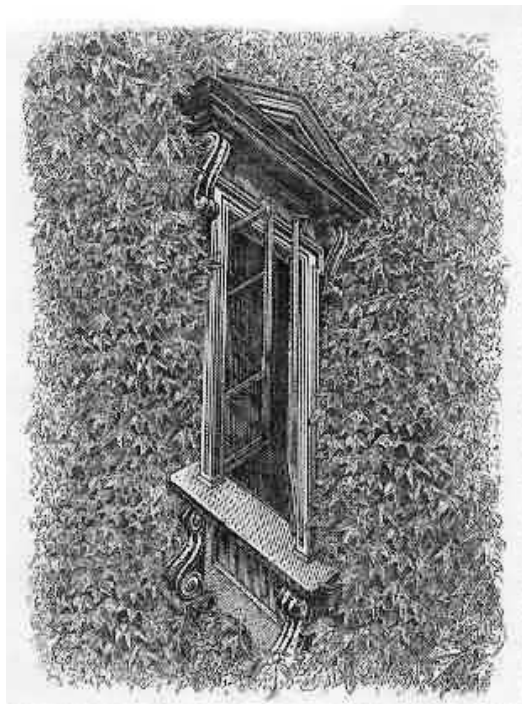
Beispiele:

- Man kann leichter ein Muster erkennen, wenn man weiß nach was man sucht.



(Man kann sich aber auch täuschen.)

- Manchmal kämpfen wir mit 2 gleichberechtigten Zuordnungen und kommen zu keinem eindeutigen Ergebnis.



2. Recht und Normen

Rechtlicher Hintergrund von Baumkontrollen

Ein Baum gilt schadensrechtlich immer als ein mit dem Grundstück fest verbundenes Bauwerk. Ein Schadenausgleich wird durch Gesetze des Bürgerlichen Gesetzbuches geregelt.

Als Lebewesen erhalten Bäume erst Eingang in das Rechtssystem durch das öffentliche Recht in Zusammenhang mit den Baumschutz-Satzungen und den Naturschutzgesetzen.

Der Begriff der Verkehrssicherungspflicht eines Baumeigentümers ist keinem konkreten Gesetz entnommen. Der Begriff resultiert aus der gerichtlichen Praxis im Umgang mit den Gesetzen aus dem BGB. Anknüpfungspunkte sind die Gesetze für die verschuldensabhängige Schadensersatzhaftung (§823) und der sogenannten Zustandsstörerhaftung (§1004), welche auch unabhängig eines Verschuldens zu Haftungsansprüchen führen kann. Eine Zustandsstörerhaftung wird aber selten gerichtlich geltend gemacht und ist etwas problematisch.

Die deutsche Rechtsprechung orientiert sich oftmals auch an schon bestehenden Urteilen eines ähnlichen Falles. So sind Gerichtsentscheidungen nicht nur durch bestehende Gesetze (die durch die Legislative beschlossen werden) geregelt, sondern werden auch von sogenannten Grundsatzentscheidungen und Präzedenzfälle geleitet.

Für die Fragen der Kontrollen bezüglich der Verkehrssicherheit von Bäumen wird sich oftmals an ein bestimmtes Urteil des Bundes-Gerichtshofes gehalten. Das Urteil stammt vom 21.01.1965.

Da dieses Urteil bis heute immer wieder zitiert wird, kann es als ein richtungsweisender Eckpfeiler der Baumschadensrechtsprechung bezeichnet werden.

In diesem Urteil wird auch erstmals eine der Sache angemessene Vorstellung über die Verantwortbarkeit der allgemeinen Risiken beschrieben, die mit der Existenz von Bäumen zusammenhängt. Absolute Sicherheit ist angesichts der Komplexheit von Bäumen nicht zu fordern. Auch müssen Baum-Sicherheits-Überprüfungen zumutbar und möglich sein.

Ein Teil der Gefahren, die von Bäumen ausgehen können, gehören zum allgemeinen Lebensrisiko. Haften muss nur der Baumeigentümer, der eindeutig erkennbare Zeichen für ein Baumversagen fahrlässig übersieht. In dem Urteil wird dann eine Pflicht zur Überprüfung der Bäume beschrieben, ohne dafür eine genaue Zeitspanne zu nennen.

Beim Lesen des Urteiles bedenke man bitte: Es stammt aus dem Jahre 1965!

„Diese Straßenverkehrssicherungspflicht soll den Gefahren begegnen, die aus der Zulassung eines öffentlichen Verkehrs auf den Straßen entstehen können. Dazu ist eine regelmäßige Überprüfung der Straßen notwendig, um neu entstehende Schäden oder Gefahren zu erkennen und die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen zu treffen. Der Pflichtige muss daher die Straßen regelmäßig beobachten und in angemessenen Zeitabschnitten befahren oder begehen.

Allerdings kann nicht verlangt werden, dass eine Straße ständig völlig frei von Mängeln und Gefahren ist; ein solcher Zustand sich einfach nicht erreichen. Der Verkehrssicherungspflicht ist gefolgt, wenn die nach dem jeweiligen Stand der Erfahrungen und Technik als geeignet und genügend erscheinenden Sicherungen getroffen sind, also den Gefahren vorbeugend Rechnung getragen wird, die nach der Einsicht eines besonnenen, verständigen und gewissenhaften Menschen erkennbar sind. Dann sind diejenigen Maßnahmen zu ergreifen, die zur Gefahrenbeseitigung objektiv erforderlich und nach objektiven Maßstäben zumutbar sind.

Der Pflichtige muss daher Bäume oder Teile von ihnen entfernen, die den Verkehr gefährden, insbesondere wenn sie nicht mehr standsicher sind oder herabzustürzen drohen. Zwar stellt jeder Baum an einer Straße eine mögliche Gefahrenquelle dar, weil durch Naturereignisse sogar gesunde Bäume entwurzelt oder geknickt oder Teile von ihnen abgebrochen werden können. Andererseits ist die Erkrankung oder Vermorschung eines Baumes von außen nicht immer erkennbar; trotz starken Holzerfalls können die Baumkronen noch völlig grün sein und äußere Krankheitszeichen fehlen. Ein verhältnismäßig schmaler Streifen unbeschädigten Kambiums genügt, um eine Baumkrone rundum grün zu halten. **Das rechtfertigt aber nicht die Entfernung aller Bäume aus der Nähe von Straßen, denn der Verkehr muß gewisse Gefahren, die nicht durch menschliches Handeln entstehen, sondern auf Gegebenheiten oder Gewalten der Natur beruhen, als unvermeidlich hinnehmen.** Eine schuldhafte Verletzung der Verkehrssicherungspflicht liegt in solchen Fällen nur vor, wenn Anzeichen verkannt oder übersehen worden sind, die nach der Erfahrung auf eine weitere Gefahr durch den Baum hinweisen. Die Behörden genügen daher ihrer Überwachungs- und Sicherungspflicht hinsichtlich der Straßenbäume, wenn sie auf Grund der laufenden Beobachtungen eine eingehende Untersuchung dann vornehmen, wenn besondere Umstände sie dem Einsichtigen angezeigt erscheinen lassen. Solche verdächtigen Umstände können sich ergeben aus trockenem Laub, dünnen Ästen oder verdorrten Teilen, aus äußeren Verletzungen oder Beschädigungen, dem hohen Alter des Baumes, dem Erhaltungszustand, der Eigenart seiner Stellung, dem statischen Aufbau usw.

Es ist also nicht notwendig, dass die laufende Überwachung der Straßenbäume ständig durch Forstbeamte mit Spezialerfahrung erfolgt, oder dass gesunde Bäume jährlich durch Fachleute bestiegen werden, die alle Teile des Baumes abklopfen oder mit Stangen oder Bohrern das Innere des Baumes untersuchen. Nicht einmal die Straßenwärter brauchen die Bäume ständig abzuklopfen, weil sie die dafür notwendige Erfahrung nicht besitzen. Der Pflichtige kann sich vielmehr mit einer sorgfältigen äußeren Besichtigung, also einer Gesundheits- und Zustandsprüfung begnügen und braucht eine eingehende fachmännische Untersuchung nur bei Feststellung verdächtiger Umstände zu veranlassen.¹

Bisherige Gerichtsentscheidungen schwanken immer zwischen den beiden Polen einer Orientierung:
Dem abstrakten Haftungs- und Ausgleichsgedanken steht eben die Überlegung entgegen, dass ein allgemeines, nicht abzuwendendes Lebensrisiko besteht, welches jeder hinzunehmen hat.
Ebenso spielen Abwägungen im Sinne des Naturschutzes eine Rolle und können einer überzogenen Auslegung des Haftungsprinzips entgegenstehen.

¹ Neue Juristische Wochenszeitung 165, 815-816, sowie Kommunale Baumkontrolle zur Verkehrssicherheit, Herausgeber Fachamt f. Stadtgrün und Erholung Hamburg, Autoren Dujesiefken, Dobbe, Baumgarten, S. 8ff.

In einer ganzen Reihe von Urteilen verschiedener Landes- und Oberlandesgerichte wurden dann jedoch auch überzogene Vorstellungen zur Verantwortung und Verkehrssicherungspflicht des Baumeigentümer geäußert:

So hat z.B. das OLG Karlsruhe über den Fall einer umgestürzte Linde am 16.01.1997 befunden.

Die Wurzel war angefault, weil 25 Jahre zuvor in ca. 30 cm Entfernung zum Stammfuß ein Kantstein gesetzt wurde. Bei einer Sichtkontrolle konnten kurz vor dem Schadenseintritt jedoch keine Merkmale für die Fäule gefunden werden. Das Gericht vertrat jedoch den Standpunkt, dass die Kommune aufgrund ihres Wissens um die zurückliegenden Straßenbauarbeiten vor 25 Jahren den Baum hätte anbohren müssen. Bedenklich an diesem Urteil ist, dass ja geschlossen werden muss, dass jeder Baum, der an einem neueren Kantstein steht, angebohrt werden müsse.

Aufsehen erregte jüngst ein Urteil des BGH, das sogenannte Pappelurteil vom 21.03.2003.

Dabei ging es um mehrere umgestürzte Pappeln. Das Gericht hat sich hier wieder eher in Richtung einer „Rundumhaftung“ der Baumeigentümer orientiert. Der Gedanke an ein hinzunehmendes allgemeines Lebensrisiko trat zurück. Der Baumeigentümer wurde allein aufgrund des Alters der Bäume zum Schadensersatz verurteilt. An den Pappeln waren keine Schadmerkmale erkennbar. Dieses Urteil machte dann in der Presse die große Runde. Man müsse jetzt alle überalterten Bäume fällen und alle Pappeln ab 30 Jahre sind gefährlich. Ganz so einfach sind solche Schlüsse aus einem Gerichtsurteil jedoch nicht zu ziehen! Ein Gerichtsurteil bezieht sich immer auf einen konkreten Einzelfall. In diesem Fall standen die Pappeln z.B. an einem sehr flachgündigen Standort. Bei einer Baumkontrolle hätte man ev. auch auf die besonderen Umfeldbedingungen achten müssen und die potentiellen Gefahren berücksichtigen können.

Einige überzogenen Vorstellungen in diesen Gerichtsurteilen beziehen sich auch auf die Kontrollintervalle:

So forderte das Landgericht Münster in einem Urteil eine dreimalige Kontrolle im Jahr.

Es lässt sich jedoch aus der Rechtsprechung keine zwingende Festlegung für die Frequenz von Baumkontrollen entnehmen. Alle Urteile beziehen sich letzten Endes auf einen Einzelfall, dessen Verallgemeinerung zu überdenken ist.

Um z.B. diesen Unsicherheiten bei einer Haftungsvermeidung zu entgehen, und um einen verbindlichen einheitlichen Standart für Baumkontrollen einzuführen, wurde in den letzten Jahren von der FLL ein Regelwerk erarbeitet.

Die FLL Baumkontrollrichtlinie

(Richtlinie zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen)
(FLL –Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V.)

Der Arbeitskreis und der Regelwerksausschuss der FLL trat hierzu Anfang 2003 zusammen, um auf den Bedarf nach einer Normierung und bindenden Vereinheitlichung von Baumkontrollen zu reagieren. Bis dahin bestanden viele verschiedene Vorstellungen und Methoden darüber, wie die gerichtlich geforderte Kontrollpflicht umgesetzt werden kann.

Der Bedarf nach einer Vereinheitlichung und Normierung von Baumkontrollen ist hinsichtlich einer Minimierung des Haftungsrisikos für die öffentlichen Baumeigentümer verständlich.

Die Richtlinie zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen aus dem Jahre 2004 stellt jedoch wie jede Norm kein Gesetz dar, sondern ist wie die ZTV Baumpflege als ein Kondensat zu verstehen, welches aus dem Zusammenwirken vieler Baumfachleute mit den unterschiedlichsten Ansichten und Erfahrungen entstanden ist.

Insofern sind diese Richtlinien als allgemeine anerkannte Regeln der Technik bestimmend. Zum ersten Mal können Baumkontrollen unter einheitlichen Regeln durchgeführt werden.

Diese Richtlinie bezieht sich ausdrücklich auch auf das oben genannte Grundsatzurteil des BGH´s von 1965. (deshalb noch mal lesen!)

Es kommt in Übereinstimmung mit diesem Urteil folgendes zum Ausdruck:

- Bäume, die Andere gefährden können, bedürfen grundsätzlich einer Kontrolle.
- Die Regelkontrolle ist lediglich eine Sichtkontrolle. Nur bei berechtigten Zweifeln sollten eingehende Untersuchungen durchgeführt werden.
- Die Baumkontrollen müssen zumutbar sein. Zumutbar auch hinsichtlich der ökonomischen Leistungsfähigkeit des Verantwortlichen.
- Unvorhersehbare Eigenschaften oder Schadensereignisse sollten die Haftungsfrage nicht berühren (Höhere Gewalt). Die Haftungsfrage ist eine andere Frage als die einer Versicherbarkeit eines Risikos.
- Die Kontrollintervalle und der Untersuchungsumfang sollten individuell auf den Baum und seinen Standort angepasst sein. Das betrifft den Zustand des Baumes, das Baumalter, den Standort und damit auch die Art des Verkehrs, auch den Status und die Leistungsfähigkeit des Verkehrssicherungspflichtigen (ob Oma Krause oder die Stadt Hamburg).
- Ein gewisses Restrisiko sollte von Jedermann als allgemeine unabwendbare Lebensäußerung hingenommen werden. Auch die Eigenverantwortung eines jeden Verkehrsteilnehmers oder Nachbarn wird dabei vorausgesetzt.
- Zum Nachweis sollten die Ergebnisse schriftlich dokumentiert werden.

Aufgrund dieser Grundprinzipien können überzogene Forderungen nach Verantwortung, Kontrolle und Maßnahmen zurückgewiesen werden.

Es soll aber auch hier angemerkt werden, dass Gerichte bei einem Schadensfall immer bezüglich eines konkreten Einzelfalles entscheiden.

Die Hamburger Baumkontrolle, praktische Umsetzung in einer Großstadt.

Hamburg ist eine grüne Großstadt. Um der Verkehrssicherungspflicht optimaler nachzukommen hat die Hansestadt seit 1995 ein EDV gestütztes Baumkontroll- und Katasterverfahren entwickelt.

Die Baumkontrollen werden hier mittlerweile mit Pencomputern durchgeführt. Auf der Grundlage der Liegenschaftskarte wurden bis Ende 2003 rund 145000 Bäume in den 7 Bezirken mittels GPS ersterfasst. In den Datensätzen gehen neben den genauen Positionen nicht nur Zustandsdaten des Baumes ein, sondern auch Vorschläge zu notwendigen Maßnahmen und den Dringlichkeiten ihrer Ausführungen. Ebenso kann ein individueller Kontrolltermin oder Kontrollabstand bestimmt werden. Daneben wird jede Kontrolle und Veränderung dokumentiert. Ebenso kann man den Kontrolleur, sowie die beauftragte Baumpflegefirma in das System eingeben. Diese Daten werden zentral gesichert und dienen im Schadensfall als gerichtsverwertbare Nachweise.

Diese Datenbank ermöglicht übergreifende Statistiken, die früher sehr fehlerhaft und mühselig waren.

Etwa nur 3% aller Bäume wurden für eine halbjährliche Kontrolle vorgesehen. 45% der Bäume sollen mit einer zweijährigen Kontrolle auskommen, während ca. 36% der Hamburger Bäume derzeit jährlich kontrolliert werden. Eine anlassbezogene Kontrolle wurde bei nur 1% der Bäume festgelegt. Bei 15% der Bäume, meistens Jungbäume, ist eine Kontrolle zur Verkehrssicherheit noch nicht notwendig. Bei Jungbäumen wird jedoch auch eine Anwachs- und Pflegekontrolle extra ausgeführt.

Eine Baumkontrolle dauerte durchschnittlich 3 bis 12 Minuten, eine Ersterfassung 7,4 Minuten. Ein qualifizierter Baumkontrolleur soll 7000 Bäume im Jahr schaffen.

Das Hamburger EDV System mit den individuell bestimmten Kontrollintervallen ermöglicht ein Verhältnis von tatsächlich anfallenden Kontrollen zur Gesamtzahl der Straßenbäume von 2:3. pro Jahr. D.h. ein Baumkontrolleur kann mit 7000 Baumkontrollen pro Jahr den Bestand von 10500 Straßenbäumen bewältigen.²

² Kommunale Baumkontrolle zur Verkehrssicherheit, Herausgeber Fachamt f. Stadtgrün und Erholung Hamburg, Autoren Dujesiefken, Dobbe, Baumgarten.

3. Vitalität und Verkehrssicherheit als zwei verschiedene Aspekte der Baumgesundheit

In den Waldschadensberichten wird hauptsächlich die Vitalität der Waldbäume beschrieben und gemessen. Unter Vitalität ist die Lebenskraft, oder Wuchsleistung der Bäume zu verstehen. Mit der Vitalität ist auch die Anpassungsfähigkeit, Regenerationsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten und Umwelteinflüsse gemeint. Die Holzwirtschaft ist an der Produktion von Holz interessiert, die unmittelbar mit der Vitalität, man könnte auch sagen Photosyntheserate, zusammenhängt. Dem Förster ist es erst einmal nicht so wichtig, ob mitten im Wald ein Baum auseinander bricht.

Die Verkehrssicherheit, also die Stand und Bruchsicherheit von Bäumen, ist mit einer Vitalitätsangabe noch nicht beschrieben oder erfasst. Doch gerade dieses Kriterium ist bei Stadtbäumen das Vorrangige. Denn unter den Bäumen leben die Menschen.

Bei einer Baumschadensdiagnose müssen wir die zwei getrennte Zielrichtungen unseres Blickes zuerst sorgsam unterscheiden!

- Ein vitaler, vollbelaubter Baum kann nicht mehr verkehrssicher sei:

Er verliert eine Kronenhälfte aufgrund eines Auseinanderbrechens im Druckwieselbereich, oder bricht an einer unvermuteten Faulstelle oder, er kippt einfach unerwartet um, da die Haltewurzeln durch den Risenporling zersetzt sind.

- Allerdings kann ein abgestorbener Baum durchaus noch bruch- und standsicher sein:

Er ist schnell abgestorben aufgrund eines Gasschaden oder wegen einer zurückliegenden Überflutung. Eine wegen der „Holländischen-Ulmenkrankheit“ absterbende Ulme kann noch jahrelang sicher stehen.

Beide Aspekte der Baumgesundheit sind jedoch letzten Endes auch verknüpft:

- So kann eine absterbende Baumkrone auf einen Wurzelschaden hinweisen, der auch die Standsicherheit beeinträchtigt. Andererseits sollte in die Einschätzung des zukünftigen Ausmaßes einer Faulstelle auch die Vitalität des Baumes in Betracht gezogen werden, denn damit ist seine Fähigkeit zur Abschottung der Faulstelle und das Maß des kompensatorischen Holzwachstums verbunden.

Ein vorschneller Schluss von einem Aspekt auf den Anderen ist allerdings immer zu unterlassen! Darum ist es wichtig am Anfang der Diagnose die zwei Zielrichtungen des Sehens auseinander zuhalten.

Es sind zwei Kreise, die eine gewisse, Schnittmenge besitzen. - Letzten Endes sind sie aber nur 2 Aspekte des einen Lebewesens.

Wodurch wird ein Auseinanderliegen dieser Aspekte der Baumgesundheit erklärbar?

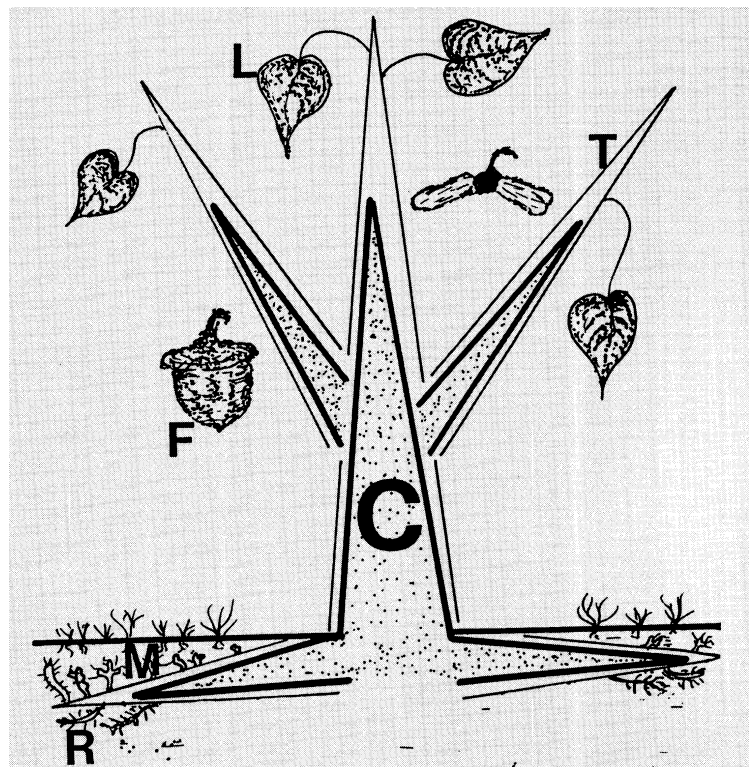
Aus dem oben beschriebenen Grundsatzverständnis des Lebewesens Baum können wir es erklären.

Pflanzen und damit auch Bäume sind offene Organismen. Sie können Teile aufgeben und wachsen unter Umwelteinflüssen stetig weiter. Bäume entwickeln sich ständig aus Embryonalzellen (Meristeme, Cambium) neu und geben ältere Gewebe (Kernholz) oder Baumstrukturen (Primärkrone, Schattenäste) auf.

So befinden sich die aktivsten Zellen auf der Oberfläche der Baumstrukturen. In der Rinde die hochaktiven Siebzellen für den Zuckertransport, unter der Rinde, der embryonale Zellgenerator, das Cambium, sowie im oberen Splintholz die Leitungsbahnen für die Wasser- und Nährstoffversorgung.

Um so mehr man im Holz nach innen geht, um so mehr sind die Zellen abgestorben und dienen lediglich der statischen Erhaltung des Gerüsts.

(Dieses wird auch durch die Kern-Mantelhypothese beschrieben wie z.B. bei, Shigo mit dem Begriffspaar von dynamischer Masse versus statischer Masse.)



Somit haben Schädigungen, oder Schadorganismen, je nach dem Ort ihres Auftretens verschiedene Auswirkungen auf die von uns auseinander zu haltenden zwei Aspekte der Baumgesundheit.

³ Shigo, moderne Baumpflege, S.243

An alten Baumveteranen kann man recht gut die Eigenschaften eines „offenen-Organismus-Baum“ beobachten. Hier wird die Notwendigkeit, die Blickrichtungen und Ziele einer Diagnose zu differenzieren, offensichtlich.

Alte Gerichtseiche: Vital und dennoch nicht bruchsicher:



⁴ Feme-Eiche von Erle (alte Gerichtseiche in Nordrhein-Westfalen)

3.1. Die Vitalitätsbestimmung

Wie oben beschrieben bedeutet Vitalität, Lebenskraft, Wuchsleistung, Regenerations-, Anpassungs- und Widerstandsfähigkeit.

Die Kronentransparenzanalyse:

Die ersten Methoden zur Bestimmung der Vitalität wurden im Zusammenhang mit den Waldschadensberichten Anfang der 80er Jahre entwickelt. Damals war aufgrund des hohen Schwefeldioxydausstoßes der Industrie die Versauerung der Waldböden und das Absterben unserer Wälder ein großes Thema.

Man bestimmt die Vitalität der Waldbäume anhand der sogenannten Kronentransparenzanalyse.

Dabei wird im Sommer der Kronenverlichtungsgrad, die Laubgröße und Vergilbung vom Boden aus begutachtet und die Vitalität der Bäume in eine fünf stufige Skala eingeteilt:

- Schadstufe 0: ohne Schädigung, ohne erkennbare Verlichtungen bis 10% Blattverlust.
- Schadstufe 1: schwach geschädigt, mit beginnender Kronenverlichtung 11-25% Blattverlust
- Schadstufe 2: mittelstark geschädigt, stärkere Verlichtung, Blattverlust 26-60%
- Schadstufe 3: stark geschädigt, absterbende Bäume mit sehr starken Verlichtungen und abgestorbenen Kronenpartien, Blattverlust über 60%
- Schadstufe 4: abgestorben.⁵

Es gab in Verbindung mit der Kritik an den Waldschadenserhebungen immer wieder Einwände bezüglich dieser Methode.

Nicht immer sind Laubverlust und Kleinlaubigkeit verlässliche Parameter zur Bestimmung der Vitalität eines Baumes.

So kann man in einer Stellungnahme der bayrischen Akademie der Wissenschaften zu den jüngsten Waldzustandsberichten folgendes lesen:

„Tatsächliche vorzeitige Blattverluste (Vergilbungen), welche die Kronentransparenz steigern, können in zeitlich und örtlich wechselndem Ausmaß z.B. durch Trockenheit, Frostereignisse, Stürme, plötzliche Freistellung der Bäume, Nährstoffmangel, starke Fruktifikation, Insektenfraß, Befall der Blätter und Feinwurzeln durch Pilze wie auch durch Schadgase (Schwefeldioxid, Photooxidantien) ausgelöst werden.“

D.h: Die Kleinlaubigkeit oder die schütterere Belaubung eines Baumes kann kurzfristig von außen verursacht sein und stellt eben keinen direkten Ausdruck

⁵ FLL- Empfehlungen für die Schadstufenbestimmung für Bäume an Straßen und in der Stadt, 1992

der Vitalität des Baumes dar. In der nächsten Vegetationsperiode sieht es schon ganz anders aus.

Infrarotbilder Auswertung:

Eine weitere Methode besteht in der Auswertung von Infrarotbildern, die meistens aus Flugzeugen gemacht werden. Dabei macht man sich zunutze, dass die Hauptfaktoren für Reflexion und Absorption im sichtbaren Licht und Infrarotlicht verschieden sind.

Nur im sichtbaren Licht ist es nämlich der grüne Blattfarbstoff. Im Infrarotlicht ist es der Wassergehalt und die Zellstruktur der Blätter.

Geschädigte Pflanzen sind so gut zu erkennen. Man kann so große Gebiete erfassen.

Vitalitätsbestimmung anhand der Struktur von Wipfeltrieben:

Wir haben oben gesehen, dass es bei der Kronentransparenzanalyse zu Fehlern kommen kann. Die Blattverlichtungen können nur kurzzeitig auftreten. Eine langfristige Aussage zur Vitalität eines Baumes kann somit schwierig werden. Außerdem kann die Vitalitätsbestimmung nur im Sommer durchgeführt werden.

Die Begutachtung der Belaubung bleibt jedoch immer auch ein Teil der Vitalitätsbestimmung.

Eine verlässlichere Methode ist der Vergleich von Wipfeltrieben einer Baumart.

Es müssen Wipfeltriebe sein, da die Struktur eines Seitenastes durch andere zusätzliche Faktoren bestimmt wird. Aufgrund des Konkurrenzkampfes innerhalb der Baumkrone um Licht und aufgrund ihrer Seitenstellung können Seitenäste eher diese überlagernden Faktoren zum Ausdruck bringen. Eine Aussage über die Vitalität des Baumes ist an ihnen nicht zu machen. Man denke nur an den, auf natürliche Weise absterbenden, unteren Ast einer wüchsigen Buche.

Lange Zeit waren die Strukturmerkmale von Baumkronen unbekannt. Die Botaniker können zwar schon lange exakt die Blütenmerkmale von Kräutern morphologisch beschreiben, an eine Baumkrone traute sich jedoch niemand heran. Das liegt sicherlich an den enormen zeitlichen und räumlichen Dimensionen einer Baumkrone. Roloff schreibt dazu, dass eine Baumkrone für einen Wissenschaftler sehr abschreckend wirkt, sie lasse sich in kein Labor unterbringen.⁶

⁶ Roloff, Baumkronen, Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens, S. 11

Schon lange ist jedoch in der Morphologie z.B. bekannt, dass sich bestimmte Sprossformen einer Pflanze vergleichen lassen mit den Blüten dieser Pflanze, da die Blüte lediglich Abwandlungen (Metamorphosen) der Grundform darstellen. Goethe suchte aufgrund dieser Formenverwandtschaften sogar so etwas wie die „Urpflanze“, den Urtypus.



7

Da die verschiedenen Sprossstrukturen einer Baumart ebenso einem kontinuierlichen Wandel unterworfen sind und ineinander übergehen, lassen sich die Wipfeltriebe einer ganzen Baumart vergleichen. Man kann also verschiedene Sprossstrukturen hinsichtlich des Alters und der Vitalität untersuchen, ohne die ganze Entwicklung eines einzelnen Baumes abwarten zu müssen.

Ein objektiver und verlässlicher Maßstab für das Alter eines Wipfeltriebes sind die Jahresabschnitte oder Jahrestriebe, die anhand der Knospennarben, der Triebbasisnarben identifizierbar sind. So werden identische Zeitabstände vergleichbar.

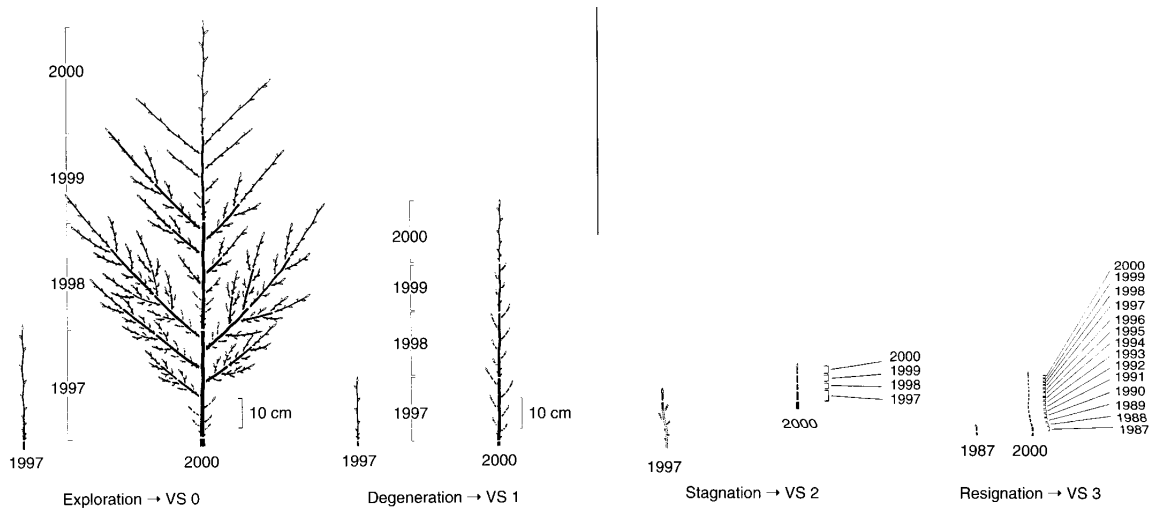
Vitalitätsbestimmung anhand der Trieb­längen und Strukturen der Wipfeltriebe (Roloff):

Roloff entwickelte dieses Verfahren zur Vitalitätsbestimmung an Rotbuchen, indem er 15 bis 20 jährige Triebe verschieden geschädigter Buchen verglich.

Er beobachtete, dass die Wuchspotenz eines Baumes sich in den Trieb­längen widerspiegelt.

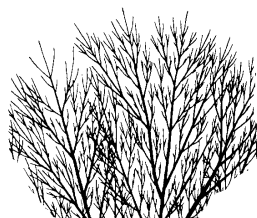
Roloff schuf für die Vitalitätsbestimmung ein vierstufiges Wachstumsphasen-Modell:

⁷ Durchwachsene Rose, gezeichnet von Goethe

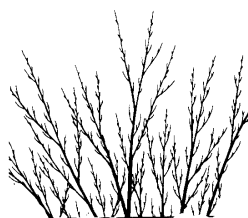


8

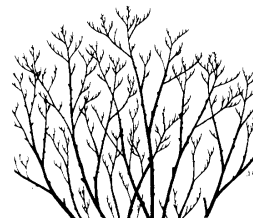
- Die Explorationsphase beschreibt den Wipfeltrieb von gesunden Bäumen. So kann der Terminaltrieb am stärksten in der Konkurrenzsituation den Luftraum erobern. Es wird nicht nur die Hauptachse aus Langtrieben aufgebaut, sondern auch die von dieser ausgehenden Seitenachsen sind Langtriebe. Die Zwischenräume der Kronenperipherie sind daher ausgefüllt. Eine vitale Buche stellt sich mit einer dichten Krone mit vielen feinen Seitenzweigen dar.
- In der Degenerationsphase bestehen nur noch die Haupttriebe aus Langtrieben. Die Seitentriebe werden zunehmend aus Kurztrieben aufgebaut. In der oberen Kronenperipherie entstehen lange spießartige Strukturen. Die Zwischenräume werden zusehends leerer.
- Die Stagnationsphase beschreibt die Phase anhaltender Kurztriebzigkeit auch der Hauptachsen. Das Höhenwachstum des gesamten Baumes stagniert. Es zeigt sich der deutlich sichtbare Krallenwuchs der geschädigten Rotbuche. Dieser kommt zustande, weil sich die Kurztriebketten zum Licht wenden.
- In der Resignationsphase sterben auch die Wipfeltriebe langsam ab, die Baumkrone zerfällt, ganze Kronenbereiche sterben ab. Der Baum besteht nur noch aus einzelnen Unterkronen.



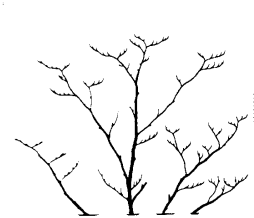
Exploration



Degeneration



Stagnation



Resignation

9

⁸ Roloff, Baumkronen, Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens, S. 52

⁹ Wie 6, S. 55

Dieses Verfahren, welches nicht nur auf die Rotbuche angewendet wird, stellt zur Zeit mit dem Schema der Kronentransparenzanalyse die gängige Methode zur Vitalitätsbestimmung dar.

Untersuchungen der Musteränderungen unter Berücksichtigung weiterer Faktoren (Gleissner):

Die Musteränderungen an Rotbuchen aufgrund des Schadzeichens der Längenreduzierung lassen sich nicht ohne weiteres auf andere Baumarten übertragen.

So äußern sich die Musteränderungen der Wipfeltriebe bei den verschiedenen Baumarten je verschieden. Es machen sich ganz andere Schadzeichen als die Längenreduzierung bemerkbar. Das Kronengefüge kann sich auch aufgrund des Einsetzens der Blüte schlagartig ändern.

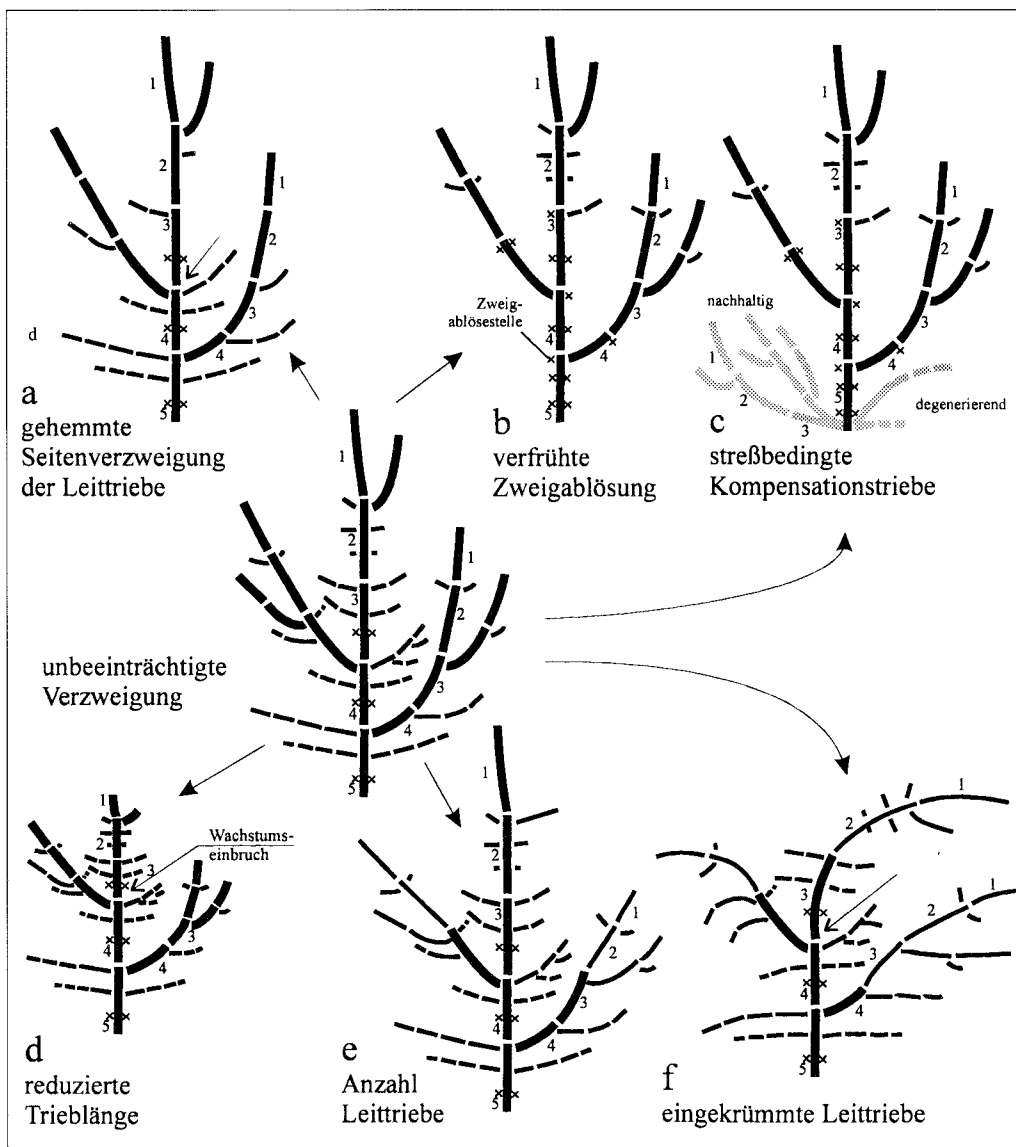
Auch bei dieser Untersuchung werden die Wipfeltriebe verschiedener Altersstufen und Schädigungsstufen einer Baumart miteinander verglichen. Auch hier werden die Triebbasisnarben als exakte, zeitliche Marker benutzt und die ganze kontinuierliche Reihe der Veränderungen, der Metamorphosen, eines Grundtypus aufgereiht. Fehlende Zwischenschritte können gegebenenfalls rekonstruiert werden.

Die verschiedenen Schadmerkmale:

- Wie wir oben gesehen haben, hat Roloff hauptsächlich an den Rotbuchen die Längenreduktion erst der Seitentriebe und dann auch der Leittriebe als Schadensmerkmal identifiziert. Am Ende des Verfalls einer Rotbuche kann man die gekrümmten Kurztriebketten beobachten.
- Der verfrühten Zweigabsprung, z.B. an den Eichen und den Linden ist ein ganz anderes wichtiges Schadmerkmal, welches ebenso bei der Vitalitätsansprache zu berücksichtigen ist. Eichen können z.B. durch die Anlage eines Trenngewebes aktiv Zweige abstoßen. Dieses Merkmal ist jedoch weniger an Buchen zu bemerken. Es entstehen so pinselartige Triebe die in der unteren Hälfte verkahlen. Weiter unten sind dann Erneuerungstriebe zu erkennen.
- Ein weiteres Schadmerkmal sind die Erneuerungstriebe (Reiterate, Angsttriebe, oder auch Wasserreiser genannt), die z.B. von Eichen, Linden und Weiden bei Stress vermehrt gebildet werden können. Diese Reiterate werden von Bäumen, die ein hohes Regenerationspotential besitzen, aus schlafenden- oder neu angelegten Knospen gebildet. Sie entstehen bei Stress und verfrühter Zweigablösung als Kompensation dieses Verlustes, jedoch können auch ganze Baumkronen daraus aufgebaut sein. Rotbuchen sind die heimischen Bäume, die vergleichsweise die geringsten Fähigkeiten zur

Ausbildung von Reiteraten besitzen. Ihr Regenerationspotential ist äußerst gering.

- Ein weiteres Schadmerkmal ist das Abflachen der Wipfeltriebe. So können sich die Wipfeltriebe von Birken, Hainbuchen aber auch Linden und Eichen bei Stress und im Alter zur Seite neigen und abgeflachte, schirmförmige Kronen ausbilden. Diese Kronenform lässt sich oft an Straßenbäumen beobachten. Damit zeigen diese Bäume ihre Schwierigkeiten, die ihre Wurzeln haben, wenn sie versuchen aus ihrem engen Pflanzloch heraus in die verdichteten Bodenbereiche vorzudringen.



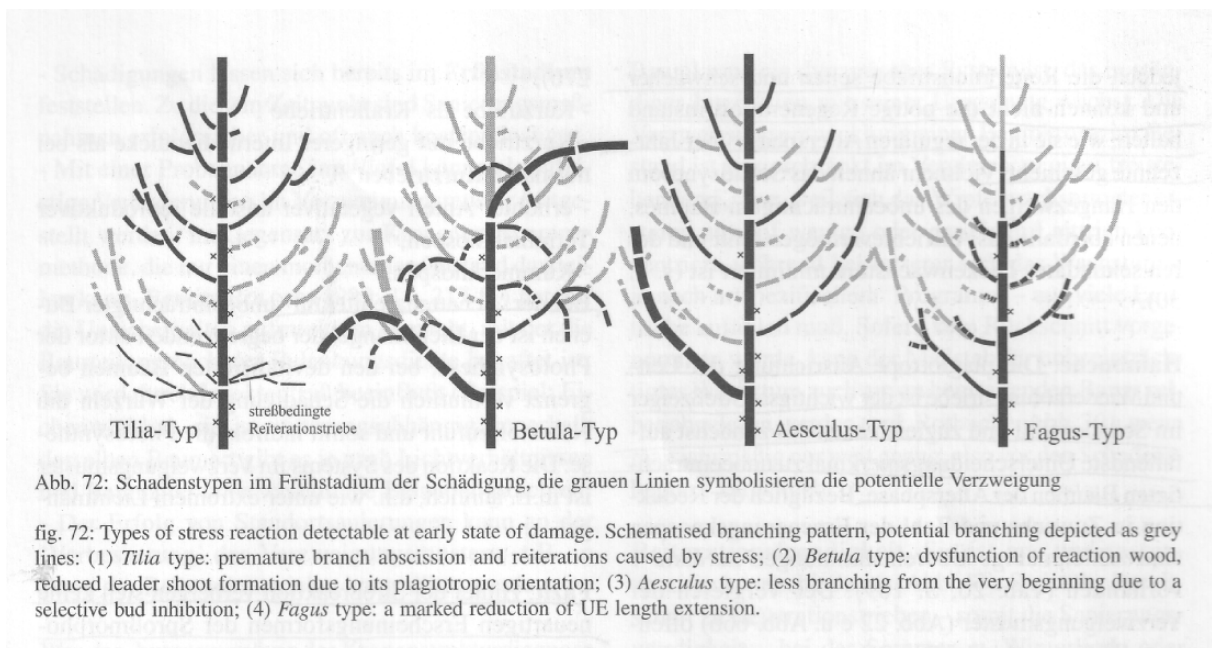
10

¹⁰ Gleissner, Berücksichtigung von Verzweigungsmerkmalen in der visuellen Baumkontrolle, Jahrbuch der Baumpflege 1999, S. 211ff

Die 4 verschiedenen Schadtypen:

Bestimmte Kombinationen der oben beschriebenen Schadmerkmale sind an verschiedenen Baumarten häufig vorzufinden. Aufgrund dieser Beobachtungen lassen sich 4 Typen entwickeln. Dabei sind durchaus Übergänge möglich. Die Typen fassen nur modellhaft die Hauptschadensmerkmale für verschiedene Baumarten zusammen:

- Der Tilia-Typ:
(Sommer-Winterlinde, Bergahorn, Platane, Stiel- und Traubeneiche)
 - verfrühter Zweigabsprung,
 - stressbedingte Erneuerungstriebe,
 - bei stärkerer Schädigung dann später auch abgeflachte Wipfeltriebe.
- Betula- Typ:
(Hängebirke, Hainbuche)
 - beeinträchtigt Aufrechtvermögen der Sprosse,
 - reduzierte Sprossausbildung,
 - abgeflachte Wipfeltriebe.
- Aesculus- Typ:
(Rosskastanie)
 - unterdrückte Seitenverzweigung aufgrund von Knospenhemmung,
 - bei stärkerer Schädigung zögerlich einsetzende Reiterationstriebe,
 - später dann auch Zweigablösungen.
- Fagus- Typ:
(Rotbuche)
 - Längenreduktion der Zuwachseinheiten,
 - keine Reiterate



11

¹¹ Gleissner, Das Verzweigungsmuster ausgewählter Laubb Baumarten und seine Veränderung durch nicht pathogene Schädigungen, S. 123

Verschiedene Altersentwicklungen und die Reiterationsneigung:

Die Kronenstrukturen von natürlich gealterten und geschädigten Bäumen können sich ähneln.

Man sagt, bei Stress reagieren Bäume mit einem vorgezogenen Altern. Die natürlichen Altersformen der Baumart werden vorweggenommen.

Im Umkehrschluss könnte man das Altern als eine Art kontinuierlich wirkenden inneren Stress begreifen.

Der Baum baut z.B. immer mehr zu ernährende Masse auf, die Transportwege werden länger, die Menge an aufgegebenen Teilen wird größer und damit auch der Abwehrbedarf gegenüber Schaderregern.

Die Musteränderungen der natürlichen Altersentwicklung unterscheiden sich jedoch aufgrund der Kontinuität des Alterungsprozesses von den Schadmustern. Die Muster von natürlich gealterten Bäumen sind verglichen mit den Mustern von geschädigten Bäume meistens reicher an Knospen und Verzweigungen. Bei der natürlichen Altersentwicklung sind z.B. die Reiterate harmonischer und kontinuierlicher in die Krone eingefügt. Die Wipfeltriebe natürlich gealterter Linden sind nicht derartig abgeflacht, wie die geschädigter Linden.

Die Regenerationsfreudigkeit, oder anders ausgedrückt, die Fähigkeit Reiterate zu bilden, hat einen wesentlichen Einfluss auf die verschiedenen Altersentwicklungen der Bäume.

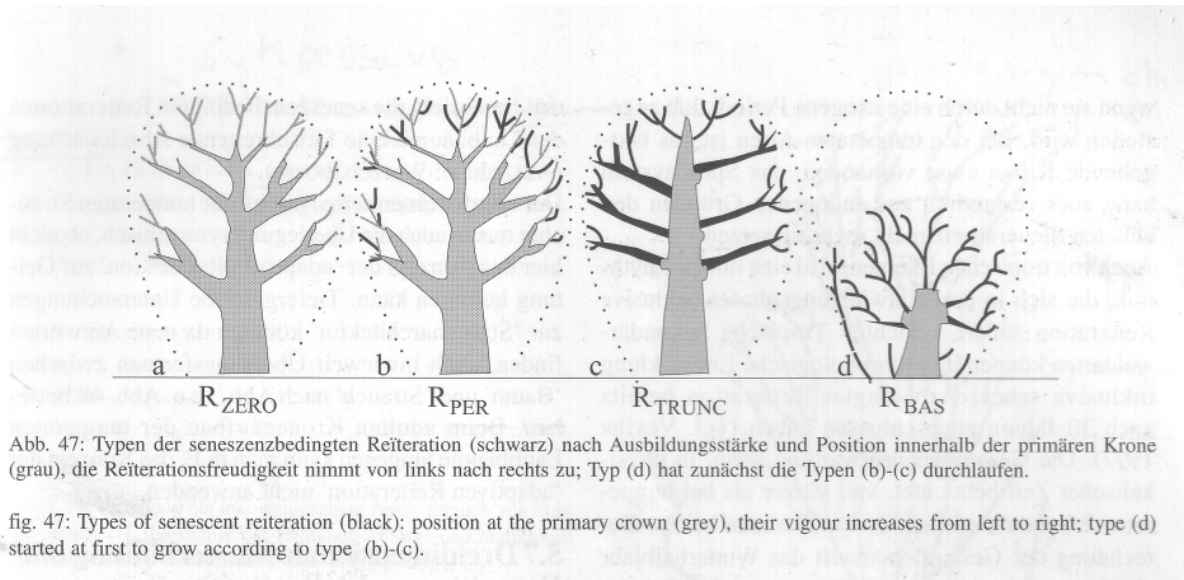
So ist, wie oben schon angemerkt, die Rotbuche am wenigsten in der Lage Sekundärkronen zu bilden. Wenn die Primärverzweigung von Rotbuchen zu Grunde geht, dann damit auch der ganze Baum. Die Buche wird dem kaum etwas entgegen zu setzen haben. Man nennt sie auch die „Diva“ des Waldes.

Eichen, Linden und Weiden dagegen können ausschließlich aus nachträglich gebildeten Trieben aufgebaut sein. Sie können sich im Alter verkleinern und die Ursprungskrone aufgeben.

Die Verzweigungsmuster der Reiterate unterscheiden sich meistens von denen der Originaltriebe. Sie verhalten sich etwas autark, anfangs wie kleine junge Bäumchen auf dem alten Baum. Sie durchlaufen die Altersentwicklung schneller als die Primärtriebe. Sie sollten bei der Vitalitätsansprache besonders berücksichtigt werden, jedoch ergibt ihre Verzweigung keine Aussage über die Vitalität des Baumes. Lediglich ihre Anzahl, ihr Alter und ihren Ort im Kronengefüge lassen Rückschlüsse zur Vitalität und Regenerationsfähigkeit des Baumes zu.

Es gilt demnach zu unterscheiden, dass es neben den Reiteraten, die aufgrund der laufenden Umbildungsprozesse im Kronengefüge natürlicherweise entstehen, auch solch gibt, die eine traumatische Veränderung als Ursache anzeigen. Die Letzteren kennen wir als die sogenannten „Angsttriebe“. Manchmal kann man anhand ihres Alters sogar eine solch, plötzlich Veränderung zeitlich genau datieren.

Die verschiedenen Regenerationseigenschaften der Baumarten unterteilt Gleissner in 4 Typen. Die Regenerationsfähigkeit oder auch Reiterationsneigung nimmt von Typ ZERO zu Typ BAS zu. Diese geben die Unterschiede je nach der Stärke und dem Ort des Auftretens der Reiterate im Kronengefüge an. Bei der Altersentwicklung werden je nach Baumart die Stufen nacheinander durchlaufen.



12

- Typ ZERO
(Rotbuche, Bergahorn liegt auf halben Weg zu Typ PER)
Es werden kaum Reiterate gebildet, Bäume mit ausgewachsener Primärkrone können sich kaum erneuern, dies kann der Wendepunkt zu einem relativ schnellen Zerfall sein. Die Rotbuche reagiert daher sehr empfindlich gegenüber Veränderungen in ihrem Umfeld. Man kann aufgrund eines fehlenden Regenerationsplanes eine Altersphase morphologisch an Rotbuchen schwer festmachen.
- Typ PER
(Birke, Hainbuche)
Bevor die gesamte Krone kollabiert bilden sich lediglich im Kronenmantel vereinzelt Reiterate.
- Typ TRUNK
(Eiche, Esskastanie, Rosskastanie)
Die Bäume können ganze Starkäste neu bilden. Die Primärkrone kann zurücksterben, es wird eine sogenannte Zopfdürre sichtbar.
- Typ BAS
(Linde, Platane)
Die Krone zerfällt schrittweise von außen nach innen. Ständig wird dieser Zerfall durch Reiterate kompensiert. Die Altersentwicklung läuft zuerst wie die oberen Typen beschreiben. Am Ende werden sogar die zerfallenden Sekundärkronen ersetzt.

¹² Gleissner, Das Verzweigungsmuster ausgewählter Laubbaumarten und seine Veränderung durch nicht pathogene Schädigungen, S. 79

Bei der Vitalitätsbestimmung und der Planung weiterer Baumpflegemaßnahmen sollte man diese grundsätzlichen Wuchsunterschiede unbedingt berücksichtigen. Wenn es aus statischen Gründen unbedingt erforderlich ist, ist die Planung eines Kronensicherungsschnittes an einer Rotbuche oder an einem Bergahorn wohl weniger sinnvoll. Bei einer Eiche oder Linde kann es wegen dieser Unterschiede eine sinnvolle Überlegung sein.

3.2. Verkehrssicherheit und Baumstatik, oder die Suche nach einer statischen Gesetzmäßigkeit von lebenden Bauwerken.

3.2.1. Einleitung

Prinzipienstreit

Unsere Betrachtung der derzeit angewendeten Methoden zur Erkenntnis und zum Errechnen der Baumstatik führt uns mitten hinein in ein Beispiel für den Ablauf von Wissenschaftsgeschichte.

Zwei Methoden und ihre Begründer, Prof. Mattheck und Dr. Wessolly (Sinn), konkurrieren bis heute erbittert um Vorherrschaft und ringen um Anerkennung. Wer sich die Dokumente der gegenseitigen Kritiken und Schmähchriften zum Höhepunkt des Streites ab Mitte der 90` Jahre zu Gemüte führt, wird verwundert sein, mit wie viel Emotion und persönlicher Gekränktheit objektive Sachverhalte diskutiert wurden.

Mittlerweile ist es etwas ruhiger geworden.

Dieser Methodenstreit sollte uns dafür sensibilisieren, modellhafte Vereinfachungen und Sicherheitsaussagen zur Baumstatik in Gutachten kritisch zu lesen. Denn bei den großen Meistern der „Baumpflegetheorien“ wird auch nur mit Wasser gekocht!

Wir werden versuchen, ohne voreingenommen zu sein, beiden Ansätzen zu folgen. Dabei soll die jeweils hinter den Methoden stehende Grundannahme erläutert werden. Gleichzeitig sollen aber auch die jeweiligen Grenzen und Unzulänglichkeiten der Methoden aufgezeigt werden.

Es wird die Gegenüberstellung eines inneren und äußeren Blickes auf den Baum sein.

Bäume sind Individuen. Bäume können sich sehr verschieden an ihre Umweltbedingungen anpassen. Baumproportionen und Defektformen sind meist sehr komplex und mannigfaltig.

Es ist äußerst anspruchsvoll, eine Sicherheitsaussage für einzelne Bäume zu treffen.

Im Spannungsfeld zwischen Sicherheiterwartungen und Baumerhalt kann dabei keinem allgemeingültigen Prinzip gefolgt werden!

Hier die provozierende These:

Alle allgemeingültigen Prinzipien für die Überprüfung der Baumstatik sind unvollständig oder falsch!

Man sollte jedoch genügend Wissen über die Tatbestände besitzen, aus denen die Prinzipien gebildet wurden.

Bei einer Abschätzung der baumstatischen Verhältnisse können die Prinzipien und Formeln mehr oder weniger als Orientierungspunkte dienen.

Aber Vorsicht!

Wir fahren entlang von verschiedenen Leuchtfeuern und Irrlichtern immer noch im Nebel.

Baumwachstum

Wie wir oben beschrieben haben, gilt es bei einer Baumkontrolle die Aspekte der Vitalität und Verkehrssicherheit zu unterscheiden.

Die Verkehrssicherheit eines Baumes ist unmittelbar mit der Frage seines statischen Zustandes verknüpft. Die Frage nach der Vitalität spielt hier zwar eine wichtige, jedoch mittelbare Rolle.

Wir haben oben gesehen, dass Bäume das Potential haben, sich permanent zu entwickeln und zu verändern. Dabei sind sie ständig wechselnden Umwelteinflüssen ausgesetzt, an die sie sich nach ihren Möglichkeiten anpassen können. In einer Baumgestalt kommt daher, neben der genetischen Veranlagung, auch so etwas wie ein individuelles Verhalten zum Ausdruck. Bäume sind lebendige Bauwerke, sie sind starr und doch bewegen sie sich im Wachstum ständig.

Primäres Längenwachstum

Formbildend sind die Eigenschaften und Regeln der Verzweigungen im Wachstumsverlauf. Die Verzweigungen werden durch die Spitzenmeristeme aufgebaut. Diese Embryonalpunkte bewirken das primäre Längenwachstum.

Die Entstehung einer Baumgestalt gehorcht dabei mehreren Grundregeln.

Der negative Geotropismus bewirkt den aufrechten Wuchs.

Die Akrotonie sorgt für ein ausgewogenes und mehr oder weniger hierarchisches Verhältnis von Leit- und Seitentrieben.

Aufgrund des Phototropismus kann sich der Baum an die speziellen Lichtbedingungen anpassen.

Die Baumkronen werden jedoch laufend umgebaut.

Viele primäre Zweige werden aufgegeben. Nur die genetisch-geförderten oder an die Umwelt angepassten Zweigmodule verbleiben und bilden das tragende Gerüst.

Sekundäres Dickenwachstum

Bei der Beurteilung der Verkehrssicherheit von Bäumen müssen wir uns nicht so sehr mit den morphologischen Regeln der Formbildung beschäftigen, wie bei der Vitalitätsbestimmung, sondern mit den Regeln der Dimensionierung der verzweigten Baumstruktur. Das Cambium verstärkt diese verbleibenden Gerüstachsen.

Die Frage ist hier vielmehr: Wie wird das sekundäre Dickenwachstum gesteuert?

Evolution in den Wäldern

Während der Stammesgeschichte der Bäume, ihrer Phylogenese, lebten verschiedenen Baumarten Millionen von Jahren eng vergesellschaftet in Wäldern. Der Mensch hatte darauf keinen Einfluss.

Erst ab der Jungsteinzeit vor ca. 7500 Jahren ist die Waldentwicklung menschlichen Einflüssen ausgesetzt z.B. in Nordeuropa aufgrund der sesshaften Lebensweisen. Freistehende, solitäre Bäume sind meist das Ergebnis von menschlichen Siedlungstätigkeiten. Diese Bäume kamen in ursprünglichen Landschaften der gemäßigten Zonen oder der Tropen selten vor.

Die Entwicklung jedes einzelnen Baumes, seine Ontogenese, vollzieht sich in den Urwäldern innerhalb einer großen Konkurrenzsituation. Nur wenige Nachkommen

eines alten Baumes schaffen es, seine Eltern zu ersetzen. Vielleicht ist es nur einem von 1 Millionen Sämlingen vergönnt, sich als großer Baum weiter fortzupflanzen.

In einem Wald herrscht ein gnadenloser Wettkampf um Licht und Nährelemente. Der Baum, der mit dem geringsten Materialaufwand am Schnellsten die größte und für die Lichtnutzung leistungsstärkste Krone ausbildete, hat gewonnen. Dabei sind die beiden Faktoren der Lichtnutzung und des Wachstums in einem Regelkreis verknüpft. Umso mehr Lichtnutzung umso mehr Wachstum. Und umgekehrt: umso mehr Wachstum (Höhenwachstum) umso mehr Lichtnutzung.

Untersuchungen haben gezeigt, dass der Holzaufbau eines Baumes annähernd proportional mit der Blatt- oder Nadelmenge verknüpft ist¹. Die Nadeln und Blätter liefern Assimilate und benötigen Wasser und Nährstoffe über die Leitungsbahnen im Splintholz. Wasser und Nährelemente werden von der Wurzel geliefert. Die Assimilatmenge ist aus diesem Grunde abhängig von den Witterungsbedingungen. Witterungsbedingte Unterschiede in den Wuchsleistungen zeigen dann alle Bäume einer Region gleichermaßen. Ein weiterer physiologischer Faktor ist die ausreichende Größe und Anzahl von Wasserleitungsbahnen und die Erfordernisse der zu versorgenden Blätter sowie die Speichermöglichkeit von Photosyntheseprodukten und Wasser.

Die Frage ist: Wie wird die produzierte Holzmenge über die Baumoberfläche verteilt, und wie werden so die tragenden Gerüstachsen verstärkt?

- Dieses ist eine *physiologische Hypothese* für das Verständnis der Baumstatik: Photosyntheserate und die Ernährungsverhältnisse bestimmen die Holzmenge und Verteilung.²

Da die Bäume den ursprünglichen Wäldern entstammen und sich unter enormen Konkurrenzdruck entwickeln müssen, können sie nur hochangepasste und optimierte Strukturen sein, die es innerhalb von Millionen von Jahren gelernt haben, mit einer ökonomischen Verwendung der von ihnen produzierten Holzmenge möglichst schnell und effektiv den Luftraum für die Lichtnutzung zu erobern.

- Dieses ist eine andere, *mechanische Hypothese* für das Verständnis der Baumstatik: Baumstrukturen sind statisch optimierte Strukturen und ihren mechanischen Belastungen angepasst.³

Nur auf den ersten Blick widersprüchlich.

Die Frage ist: Warum können Bäume brechen, obwohl sie statisch optimiert sind? Was sind also statisch optimierte Naturkonstruktionen?

Im Folgenden werden mehrere verschiedene Aspekte dieser Widersprüchlichkeit aufgeführt:

¹ Schiller Tietz, 1908, zitiert in Th. Sinn, Baumkontrollen, das Gartenamt 1 /2001, S. 67

² Wie 1, sowie G. und Th. Sinn, Grundsätzliches zur Windlast und zur Stammquerschnittstheorie, in Das Gartenamt 12/1992, S. 844

³ Metzger 1893, Mattheck, Neue Erkenntnisse zur Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen, in Das Gartenamt 7/1992, S. 483, und Mattheck, Handbuch der Schadenskunde von Bäumen, S. 29, Spatz, Sicherheitsfaktoren in der Biomechanik von Bäumen, in Jahrbuch der Baumpflege 2001, S. 169f.

- Es hat sich während der Evolution der Baum durchgesetzt, der sich am intensivsten und/oder am längsten vermehren konnte.
Die ursprünglichen Wälder waren meistens Mischwälder. Für die Erhaltung der Art ist der Ausfall eines Individuums nicht von Bedeutung. Deshalb sind Baumstrukturen oftmals an einer Grenze optimiert. Der ökonomische Einsatz von Holz zur „Herstellung“ von möglichst großen Kronen kann sich an der Grenze eines Versagens vollziehen. Baumstrukturen sind oftmals, je nach den ökologischen Erfordernissen der Art, so genannte „Damage-Tolerance-Konstruktion“. Ein Versagen wird toleriert.⁴
Dieses „Bruch-Toleranz-Prinzip“ dient nicht nur dem Arterhalt, insofern der Ausfall von Einzelnen das Überleben der Art nicht gefährdet, sondern kann in einigen Fällen sogar dem Überleben eines Individuums dienen. Aufgrund eines spezifischen Versagens kann sich eine optimierte Struktur sogar erhalten. So ist es für einen einzelnen Baum besser, gegebenenfalls bei Sturm einen Kronenast zu verlieren, um dadurch dem Wind weniger Angriffsfläche zu bieten, als ganz umzufallen. Hybridpappeln besitzen z.B. solche Sollbruchstellen.
An bestimmten Stellen von Grobästen verjüngt sich der tragende Querschnitt. Bäume entsprechen also, obwohl wahrscheinlich statisch optimiert, nicht unbedingt einer Kette gleich fester Glieder.
- Ein weiteres Beispiel für einen vordergründigen Widerspruch statischer Optimierung ist die Tatsache, dass freistehende Bäume durchaus sehr dicke Stämme ausbilden können. Da sie sehr große und breite Kronen besitzen, also sehr große Assimilatmengen produzieren, lässt sich die Baumgestalt wohl eher über den ersten, der oben genannten, Aspekt verstehen. Die Assimilatmenge bestimmt die Holzmenge.
Es kann vordergründig nicht mehr von einer ökonomischen und sparsamen Verwendung des Bau-Materials (Holz) gesprochen werden. Man könnte sagen, sie produzieren Holz im Überfluss.
Auf Grund der Dicke sind solche Bäume im Stammbereich übermäßig bruchsicher. Welchen Vorteil soll das bringen?
Auch hier kann man wieder in Frage stellen, ob die statischen Optimierungen unseren Zeitvorstellungen genügen müssen.
Diese Bäume mit dicken und übermäßigen Stämmen haben im Alter einen gewaltigen Vorteil, da sie sehr viel länger den abbauenden Organismen widerstehen können. Man könnte sagen, dass ein solcher Baum für ein langes Leben und damit für eine lange Fortpflanzung statisch optimiert ist.
Die meisten Naturdenkmale und Baumgreise, die von uns wegen ihres hohen Alters bewundert werden, sind solche freistehend aufgewachsenen Bäume.
- Weiterhin soll hier erinnert werden, dass innerhalb der mannigfaltigen Äußerungen des Lebens grundsätzlich immer wieder Ausnahmen und Abweichungen einer Regelmäßigkeit zum Vorschein kommen. Vielfalt und Abweichungen sind in der Natur für die Entwicklung der Lebewesen von elementarer Bedeutung.

⁴ Th. Sinn, Baumkontrollen, in Stadt und Grün 1/2001, S.63, sowie Mattheck, Handbuch der Schadenskunde von Bäumen, S. 36f., und Mattheck, Design in der Natur, S. 179

Statische Optimierungen der Baumgestalt genügen zudem nicht den menschlichen Bedürfnissen nach Sicherheit! Dieses ist ein ganz anderer Aspekt und wir verzerren hier den Blick, wenn wir allzu sehr vermenschlichen. Bäume sind Lebewesen und eingebunden in mannigfaltige ökologische Zusammenhänge, die wir wahrscheinlich in Gänze gar nicht alle überblicken. Der statisch optimierte, ideale und theoretische Ingenieurbaum gehorcht nur einem einzigen Zweck, dem der Bruch und Standsicherheit. Eine solche einseitige Sicht wäre verkürzt.

Ein lang anhaltender Streit unter Gutachtern und Theoretikern der Baumpflege hat sich an diesen Fragen entbrannt. Aus einzelnen isolierten Aspekten der Formbildung von Bäumen wurden theoretische Modelle entwickelt. Die zerstrittenen Vertreter der verschiedenen Richtungen beharren auf einseitige Erklärungen.

Es gibt nicht nur eine einzelne formbildende Ursache für das Baumwachstum sondern mehrere!

„Eine Überlagerung aller drei, das sekundäre Dickenwachstum beeinflussende Faktoren (mechanische Zellbeanspruchung, hydraulische Erfordernisse, Assimilatangebot) scheint sehr wahrscheinlich.“⁵

„Die Baumform kann beschrieben werden als multifunktionelles (...) System. (Die 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.“⁶

Monokausale Erklärungen, einseitige Denkmuster und geschlossene Weltbilder sind im allgemein auch nicht mehr zeitgemäß!

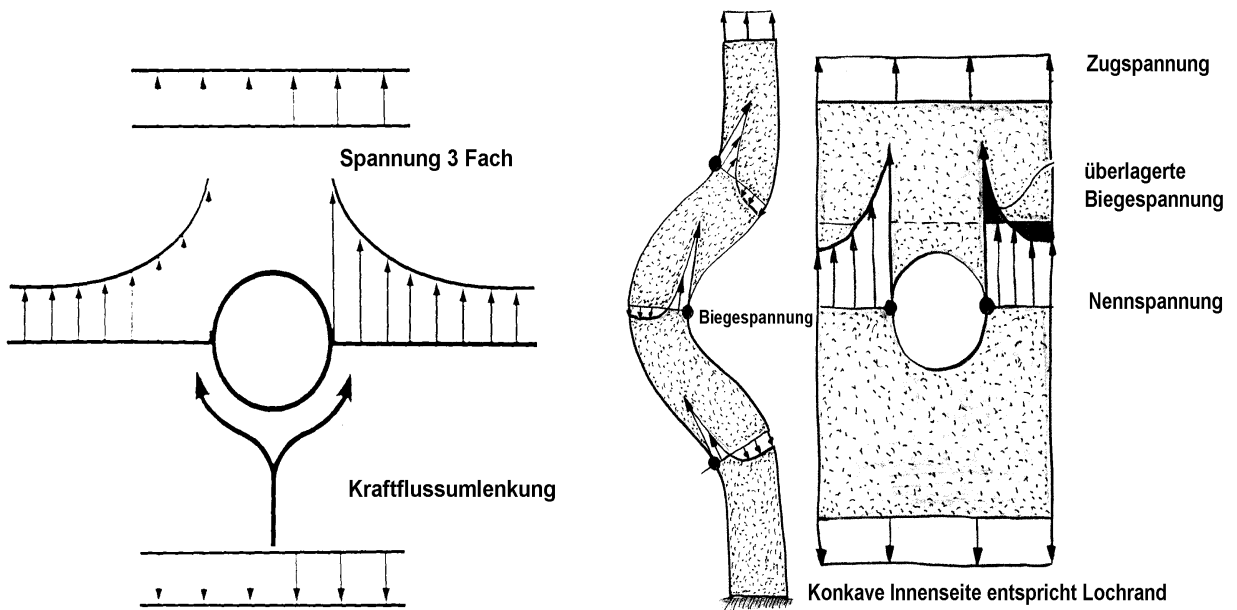
⁵ B. Sloboda, D. Gaffrey, in Dynamik der Stammorphologie, Abschlussbericht zum Forschungsprojekt 1997-99, Universität Göttingen,

⁶ Mosburgger 1986, zitiert von G. und Th. Sinn, Grundsätzliches zur Windlast und Stammquerschnittstheorie in das Gartenamt 12/1992, S. 844

3.2.2. Der innere Blick: Kraftumlenkung und Kerbspannungen

(Dieses ist der Blick des Physikers und Materialforschers Prof. Mattheck, dem „Erfinder“ der VTA Methode)

Jede Richtungsänderung einer Kraft verursacht weitere Kräfte. Kräfte fließen in einem festen Körper. Umso plötzlicher sich der Querschnitt ändert oder umso abrupter sich die Richtung des Kraftflusses ändert, umso stärker sind die zusätzlich entstehenden Kräfte, die Kerbwirkungen verursachen können.



(Grafiken Mattheck, Handbuch der Schadenskunde von Bäumen, S. 34 / Warum alles kaputt geht, S 71)

Die oberen Grafiken zeigen modellhaft die Kerbspannungen auf. Auf den Grafiken oben sieht man, dass die Kraftverhältnisse in einem krummen Zugstab in etwa den Kräfteverhältnissen entsprechen, die in einer Lochplatte am Kreisrand herrschen. Die Nennspannung, die aufgrund des kleineren Querschnittes erhöht ist, wird von Biegespannungen, ähnlich wie sie im Krummstab herrschen, überlagert.

Jeder kennt das Phänomen der Kerbspannungen. Wenn man eine Plastiktüte öffnen will und das erste Stückchen mit viel Mühe eingerissen hat, platzt die Tüte plötzlich auf und alles fällt zum Ärgernis heraus.

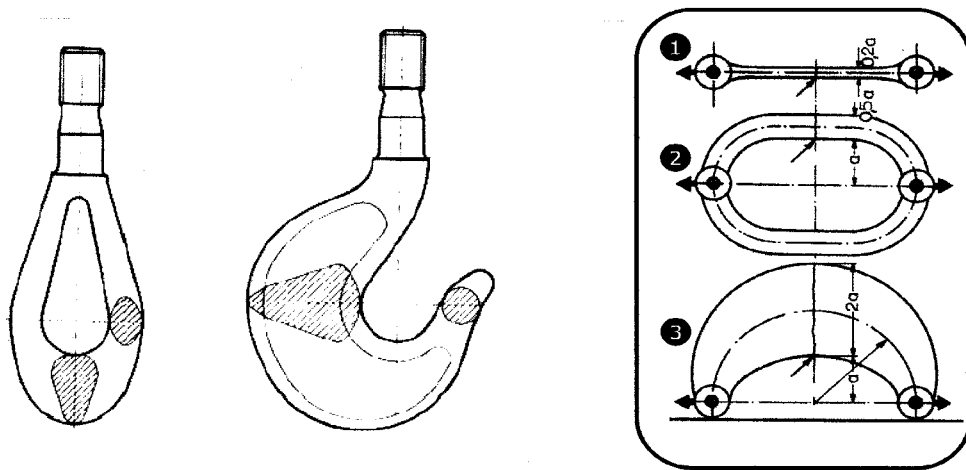
In der Technik und Konstruktionslehre werden Sollbruchstellen mittels Kerben geschaffen. Bauteile von Maschinen werden bezüglich der Wirkung von Kerben und Kraftumleitungen optimiert.

Die Optimierungsvorgaben geben dem Konstrukteur vor, die Bauteile so zu bauen, dass die eingeleiteten Kräfte möglichst kurz und gradlinig zur Kraftaufnahme führen. Dabei sollen sich die Kraftlinien möglichst nicht in schmalen Abschnitten drängen oder mit anderen Kraftlinien oder Wirbeln verbinden.

Das Optimum eines kerbspannungsfreien Bauteiles wäre eine Homogenisierung aller Spannungen. Nirgends befindet sich eine Spannungsüberhöhung. Wenn Bauteile hauptsächlich auf Biegung belastet werden, wie z.B. Bäume durch den Wind, dann gilt es, die Spannungen auf den Oberflächen anzugleichen. Denn bei Biegebelastungen treten die größten Spannungen nur in den Randfasern auf.

Will man ein Bauteil konstruieren, das überall gleich stabil sein soll, und ein Kraftfluss soll umgelenkt werden, so müssen die Abmessungen des Bauteiles in manchen Punkten erheblich vergrößert werden. Bei einer Konstruktion sind also solche abrupten Kraftflussumlenkungen zu vermeiden.

Wie man bei dem, auf Zug belasteten Kranhaken sieht, benötigt man bei einer einseitigen Kraftflussumleitung in einem Kreisbogen, verglichen mit einem gradlinigen Zugstab, die 20-fache Materialbreite, um die Vorgabe der Spannungs Konstanz zu erfüllen.



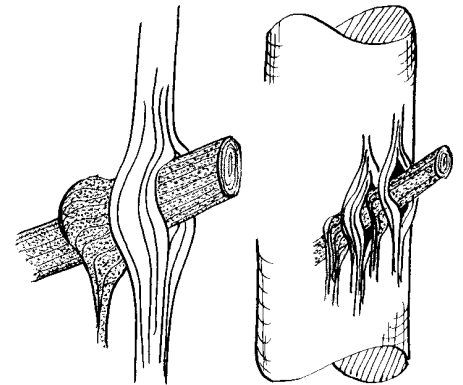
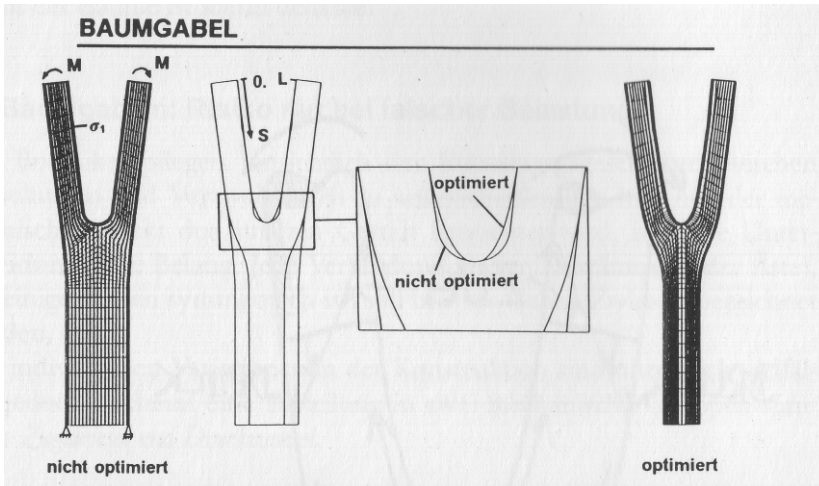
Kurze und direkte Kraffteinleitung spart Material

(Grafik J. Feldhusen, Institut für allgemeine Konstruktionstechnik des Maschinenbaus, RWTH Aachen)

Die innere und äußere Gestaltung von Bäumen könnte diesen Regeln der Vermeidung von Kerbspannungen und abrupten Kraftflussumleitungen gehorchen.

Die am Stärksten beanspruchten Baumteile sind entsprechend optimiert. An den Kreuzungspunkten von Stamm und Ästen sind die Fasern auf bestimmte Weise optimal miteinander verwoben. Die Ast- und Stammfasern werden zeitlich versetzt gebildet, so dass sie sich umeinander legen können.

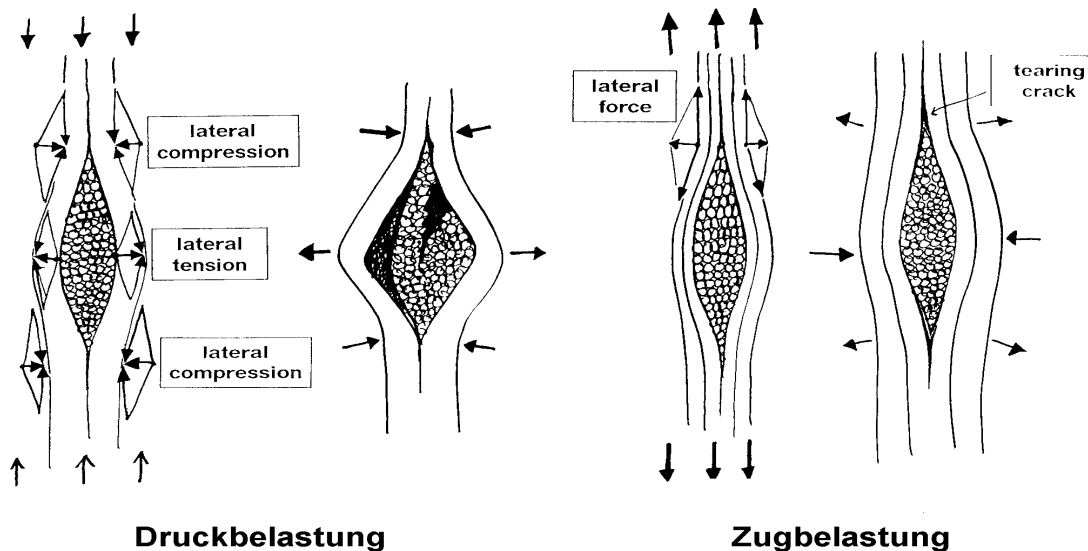
Die Fasern des Stammes laufen spindelförmig um den Ast und werden damit möglichst weich umgeleitet. Auch die Biegemomente des Astes werden aufgrund der konisch verbreiterten Form des Astkragens weich in den Stamm geleitet. Ebenso macht es oft den Anschein, als ob mancher Zugzwiesel kerbspannungsvermeidend geformt ist.



(Grafiken Mattheck, Design in der Natur S. 88 / und S. 121)

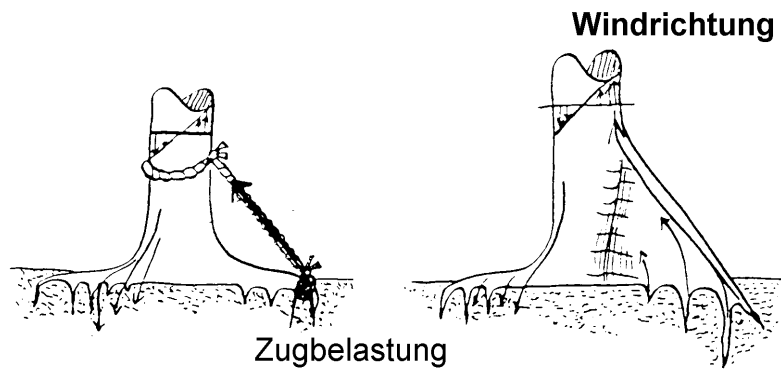
Die Holzstrahlen, die in den axial verlaufenden Holzfasern eingefügt sind, dienen hauptsächlich physiologischen Belangen des Quertransportes von Assimilaten. Ob sie selbst die Festigkeit des Holzes erhöhen, indem sie die längs laufenden Holzfasern verbolzen, wird widersprüchlich diskutiert.

Auf jeden Fall stellen sie für die Kräfte aufnehmenden Längsfasern eine Schwächung dar, da diese Fasern um die Holzstrahlen umgelenkt werden. Auch die Holzstrahlen sind daher oftmals spindelförmig ausgebildet.



(Grafik Mattheck u. H. Kubler, Wood- the internal optimization of Trees, S. 44)

Auch manche Wurzelanläufe sehen so aus, als ob sie sich nach den Wirkungen der umgelenkten Kraftflüsse formoptimiert gebildet haben. Bei manchen Stämmen meint man, so etwas wie Muskelstränge zu entdecken. Als ob sich hier dem Betrachter die Gebiete besonderer Kraftflüsse offenbaren.



(Grafik Mattheck, Die Baumgestalt als Autobiographie, S. 63)

Diese Fähigkeit der Bäume statisch optimierte Strukturen zu erzeugen, bringt uns auf die Frage einer Spannungskonstanz auf der Baumoberfläche sowie auf die Frage, ob der Baum selbst Spannungen messen kann. Weiterhin stellt sich die Frage, ob ein Baum demzufolge eine Kette gleich fester Glieder ist und ob es somit einen einheitlichen Sicherheitsfaktor gibt, der bei allen Bäumen gleichermaßen von Gültigkeit ist. Der Baum müsste also alle Kraftumlenkungen und Kerbspannungen, verursacht durch Biegespannungen, durch adaptives Wachstum und Selbstmessung kompensieren können, bis überall auf der Oberfläche die Belastungen harmonisiert sind.

Diese Fragen wurden leider sehr kontrovers diskutiert.

Die VTA-Methode basiert nun auf folgender Überlegung:

Bei einem Schaden durch holzzersetzende Pilze werden lastabtragende Querschnitte verringert.

Die Verkehrssicherheit eines Baumes wird alleine aufgrund von Beobachtungen der Symptome bestimmt, die durch die Fähigkeit der Selbstmessung und Selbstoptimierung, sprich durch adaptives Wachstum des Baumes, bei einem Schaden bewirkt sein könnten.

Es brauchen nur relative Dimensionsgrößen beschrieben werden, z.B. der Aushöhlungsgrad eines Stammes.

Die absoluten Dimensionen der belasteten Teile, z.B. der Stammdurchmesser, werden nicht mit den äußeren Belastungsfaktoren, wie z.B. dem Wind, verglichen.

Dieses sei legitim aufgrund der Tatsache, dass sich die Bäume in der Evolution entwickelt haben und damit sozusagen zwangsläufig auf eine statische Idealgestalt hin selektiert wurden.

Man könne also die äußeren Verhältnisse in einer Sicherheitsbetrachtung streichen und bräuchte nur die Symptome zu registrieren, die aufgrund einer Störung der statischen Idealgestalt durch den Baum gebildet werden.⁷

⁷ Mattheck, Breloer, Wie erkennt man mechanische Baumdefekte? in Das Gartenamt 5/1992, S. 325ff.

Zunächst wird ein Schaden aufgrund der Symptombildung aufgefunden. Als zweites erfolgt dann die Bewertung der Stärke der Symptombildung als Maß für die Leistungsfähigkeit des Baumes, seinen Schäden etwas entgegenzusetzen.

Berechtigung und Kritik des inneren Blickes – oder Idealisierungen als Blinder Fleck in der Erkenntnis

Erwiesenermaßen ist das so genannte „Axiom Konstanter Spannung von Bäumen“ von Mattheck falsch! Auch ist der Baum keine Kette gleich fester Glieder!⁸

Wir werden weiter unten bei der Betrachtung verschiedener Grundsicherheiten von Bäumen bemerken, dass ein Prinzip der Spannungskonstanz nicht existieren kann.

Ob man aus diesem Grunde jedoch den Bäumen gleich grundsätzlich die Fähigkeit zur Selbstmessung und aktiven Spannungsminimierung absprechen muss, ist eine andere Frage!⁹

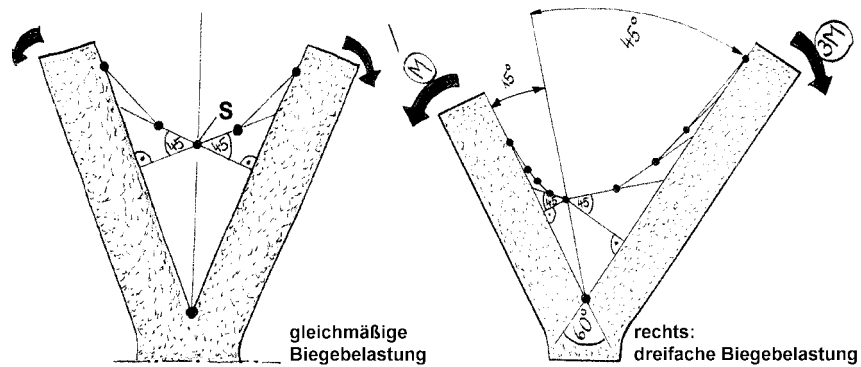
Aus eigener Beobachtung kenne ich Beispiele, bei denen eindeutig das Dickenwachstum lastorientiert gestaltet ist. Man denke da an aufliegende Äste, die im mechanisch unbelasteten Bereich dünner sind. Das kann physiologisch aufgrund des Blattwerkes, sprich der Assimilatproduktion, nicht erklärt werden. Ich kenne einen solchen aufliegenden Ast, der sich dabei auch noch hin und her schlängelt. Der Querschnitt ist bis zu dem Punkt der Auflage verjüngt. Erst der mechanisch belastete Teil ist stärker gestaltet. Die Bildung von Reaktionsholz auf der unteren oder oberen Seite von geneigten Baumstämmen oder Ästen wird oftmals aufgrund von Differenzen des basipetal fließenden Auxinspiegels erklärt. Der besagte Ast ändert aber laufend seine Richtung. Wuchsstoffdifferenzen können also dafür auch nicht ursächlich sein. Die Form dieses Astes kann sinnvoll nicht anders erklärt werden, als über die Fähigkeit der Spannungsmessung. Die Astdurchmesser sind tatsächlich sinnvoll entsprechend der Belastungen geformt.

Der Mechanismus einer Spannungsmessung ist jedoch bis heute unbekannt.

Es verblüfft aber, wie die ideal konstruierten Ingenieurbäume manchen natürlich vorkommenden Bäumen ähneln.

⁸ Gaffrey, Last- und Spannungssimulation für eine 64-jährige Douglasie, Stadt und Grün, 1/2001 S. 56, sowie Th. Sinn, Baumkontrollen, Stadt und Grün, 1/2001, S.58ff.

⁹ Th. Sinn, Baumkontrollen, in Stadt und Grün 1/2001, S.62f



(Grafik Mattheck, Verborgene Gestaltungsgesetze der Natur, S. 41 und 45)

Wir haben oben gesehen, dass Bäume nicht nur einen genetischen Plan zum Ausdruck bringen, sondern sich gegenüber Umwelteinflüssen im Wachstum verhalten können. Der Genotyp eines Baumes ist weit unbestimmter als bei den tierischen Körpern. Phänotyp und Genotyp liegen weit auseinander. Dazwischen spannt sich ein Bereich, der so etwas wie ein Verhalten und individuelle Anpassung während der Ontogenese zulässt.

Warum soll denn bei diesen Grundvoraussetzungen für das Baumwachstum ein spannungsorientiertes Wachstum nicht denkbar sein?

Es ist sogar wahrscheinlich, wenn man an den gewaltigen Einfluss von Kraftumlenkungen und Kerbspannungen denkt!

Nur eine aktive Optimierung kann auf die Wachstumseigenarten während der Ontogenese reagieren. Die statisch optimierten Formen von Astanbindungen können nicht ausschließlich durch die Gene bestimmt sein. Sie sind den jeweils besonderen Belastungssituationen angepasst.

Der scheinbare Widerspruch, dass die Baumgestalt eine statisch optimierte Struktur ist, und dennoch nicht den Prinzipien der Bauteiloptimierung gehorcht, lässt sich mit der oben schon aufgeführten Feststellung auflösen, dass das sekundäre Dickenwachstum wohl einer Vielzahl von Einflüssen unterworfen ist:

Spannungsmessung ist eben nicht der einzige Faktor für das Dickenwachstum!
Wahrscheinlich wird das Muster des Einflusses der mechanischen Belastung von anderen gleichwertigen Einflüssen überschrieben!

Wir sollten uns bei einer Baumkontrolle immer die Formen genau ansehen und Kraftflüsse sowie Bauteiloptimierungen erahnen. Die VTA-Methode basiert darauf. Eventuell entdecken wir auch kompensatorisches Holzwachstum, welches auf eine Spannungsüberhöhung hindeuten könnte.

An den Veränderungen des Rindenbildes kann man verstärktes Wachstum bemerken.

Wir sollten jedoch sehr vorsichtig sein, da man sich bei der Bewertung von Symptomen arg täuschen kann! Nicht jedes übermäßige Wachstum ist aufgrund von Spannungsüberhöhungen entstanden. Und Spannungsüberhöhungen weisen nicht immer zwangsweise auf einen Schaden hin!

So sind Falten unter großen Ästen nicht unbedingt ein Zeichen für Spannungsüberhöhungen. Genauso ist eine Maserknolle nicht aufgrund einer Faulstelle entstanden. Verstärktes Wachstum an einem Wurzelanlauf kann mit Spannungsüberhöhungen sowie mit umgelenkten Kraftflüssen zusammenhängen, dieses muss aber nicht zwangsläufig ein Hinweis auf einen Schaden sein.

Die Erscheinungen sind also komplex und nicht immer leicht zu deuten!

Bei der Beurteilung von hohlen Bäumen ist es enorm wichtig, sich von den Vereinfachungen dieses Blickwinkels zu verabschieden. Während die Betrachtung der Kraftflüsse und des kompensatorischen Holzwachstums sich auf unser Sehen stützt, erschließen sich die Urteile über hohle Bäume gänzlich aus den abstrakten Grundannahmen von VTA, wie Spannungskonstanz und identischer Sicherheitsfaktor. Hier sind unsere Erfahrungen im „Sehen“ nicht von Belang. Die Entscheidung über die Sicherheit eines hohlen Baumes geht alleine über ein abstraktes Verhältnis von Restwandstärke zu Stammradius zu von 1 zu 3. Wir bräuchten nur noch die dünnste Stelle zu messen.

Wir wollen hier kurz darauf eingehen, da dieses der Hauptanknopf der Methoden ist:

Matthecks Regel will sagen, dass weltweit fast alle Bäume brechen sollen, wenn sie mehr als $\frac{2}{3}$ ausgehöhlt sind; zumindest steige das Bruchrisiko nur aufgrund dieses Verhältnisses in den Dimensionen stark an.¹⁰

Weiter unten werden wir auf eine mögliche Erklärung dieser verhältnismäßigen Minderung der Bruchsicherheit noch einmal eingehen.

Mattheck macht aus dieser Annahme sogar eine weitere Naturkonstante. Diese will er in Felduntersuchungen bewiesen haben.

Kritiker unterstellen sogar, dass Mattheck seine Statistiken hierzu manipuliert haben soll, um diese Regel durch Naturbeobachtung zu beweisen.¹¹

Aufgrund der isolierten Betrachtung nur der Abmessungen einer Struktur kann man jedoch lediglich zu relativen Sicherheitsaussagen der folgenden Art gelangen: „Verglichen mit einem vollholzigen Stamm hat ein, um zwei Drittel ausgehöhlter Stamm desselben Durchmesser noch eine Tragfähigkeit von ca. 70 bis 80%.“

Einen hohlen Baum, der eine Restwandstärke von einem Drittel des Radius hat, aufgrund von Matthecks berühmt-berüchtigten „1/3 Regelung“ gleich fällen zu lassen, wäre töricht!

Wir benötigen für eine Aussage zur Bruchsicherheit eines hohlen Baumes nicht nur relativ-verhältnismäßige Kriterien, sondern absolut-tatsächliche.

Denn Bäume sind verschieden!

¹⁰ Mattheck, Breloer, Baumkontrollen mit VTA, Das Gartenamt 11/1992, S. 777ff., sowie Handbuch der Schadenskunde von Bäumen 1994

¹¹ Schlag, VTA-Möglichkeiten und Grenzen, in 27 SVK Gehölzseminar, 2004

Es gibt hohe und dicke, breite und schmale Bäume, Bäume aus festem und elastischem Holz und solche aus brüchigem und sprödem Holz.
Bäume sind Lebewesen, die ihre Gestalt laufend ändern, sie haben zu verschiedenen Zeiten ihres Lebens auch verschiedene Sicherheitsreserven.

Daher ist eine Einbeziehung der äußeren Kräfte und Dimensionen des Baumes zur Bestimmung der Verkehrssicherheit ebenso wichtig!

Wir wollen die Berechtigung und Kritik des inneren Blickes noch einmal kurz zusammenfassen:

Das sekundäre Dickenwachstum wird durch mehrere Faktoren beeinflusst. Das Muster der mechanischen Reize wird durch andere Muster, wie das des Zuwachses aus physiologischen Gründen, überschrieben.

Ein Baum ist somit keine Kette gleich fester Glieder. Es herrscht auch keine Spannungskonstanz, wie ein Axiom Newtons, oder ein identischer Sicherheitsfaktor.

Somit kann ein Aushöhlungsgrad bei Bäumen von 1/3 ebenso keine Naturkonstante für das Baumversagen sein!

Alle diese Grundannahmen der VTA-Methode sind in ihrer Vereinfachung falsch. Wenn man sie jedoch zerbröckeln sieht, erkennt man die dahinter liegende Wirklichkeit eines möglicherweise mechanisch gesteuerten, adaptiven Dickenwachstums, welches zu optimierten Baumformen führen kann und Kraftflüsse erahnen lässt.

Obwohl deswegen der innere Blick seine Berechtigung hat, können wir die Verkehrssicherheit eines Baumes nicht alleine aufgrund von Beobachtungen der Symptome bestimmen, die durch eine Selbstmessung und Selbstoptimierung des Baumes bei einem Schaden bewirkt sein könnten.

Denn die Selektion der Bäume während ihrer Stammesgeschichte gehorchte nicht unseren Bedürfnissen nach Sicherheit. Insofern sind die tatsächlich vorzufindenden statischen Optimierungsleistungen der Bäume nur im Kontext einer erweiterten ökologischen Betrachtung zu bewerten. Die Beobachtung eines mechanisch gesteuerten, adaptiven Holzwachstums führt uns eben nicht geradewegs zu einer nur uns dienlichen Sicherheitsaussage.

Um Aussagen über die Verkehrssicherheit eines Baumes zu erhalten, muss man in einer statischen Gleichgewichtsbetrachtung die tragfähige Struktur den auftretenden Lasten gegenüber stellen.

Es wäre unzulässig, nur beim inneren Blick zu verweilen, um lediglich die Störungen der Idealgestalt zu registrieren. Die Idealgestalt der Bäume genügt eben nicht unseren menschlichen Bedürfnissen!

Warum auch!

3.2.3. Der äußere Blick: Querschnittsflächen Widerstandsmomente

(Dies ist der Blick des Ingenieurs für Luft- und Raumfahrttechnik, Dr. Wessolly, einer der Entwickler der SIA Methode)

Im Folgenden sollen erst einmal ein paar Grundsätze aus der Festigkeitslehre aufgeführt werden.

Bei der Überlegung einer statischen Situation führt man sich vor Augen, wie die einwirkenden Kräfte sich mit den widerstreitenden Kräften der statischen Struktur aufheben.

Die Aufhebung der Kräfte ist der Grund der Ruhe, der Statik der Struktur, ansonsten würde sich etwas bewegen oder beschleunigen.

Es geht im Folgenden darum, sich eine Vorstellung von den mathematischen und geometrischen Verhältnissen zu machen.

Es soll beobachtet werden, wie gewisse Faktoren in die Gleichungen einfließen.

Es gibt dabei proportionale und exponentielle Verhältnisse.

- Kräfte

Kraft wird in mathematischen Formeln mit F angegeben, die Einheit ist Newton.

Kräfte besitzen neben einer Größe immer eine Richtung. Die Größen summieren oder subtrahieren sich je nach den Größen und Richtungen. In einem Kräfteparallelogramm kann man die Richtung von Kräften in gedachte Teilrichtungen zerlegen. Auch können mehrere Kräfte aus verschiedenen Richtungen sich vereinigen.

$$\vec{F}_r = (\vec{F}_1, \vec{F}_2)$$



- Spannung

Spannung ist das Verhältnis von Kraft pro Fläche. Das Formelzeichen ist das altgriechische Sigma σ , die Einheit ist Newton pro Flächenmaß.

Wenn man eine gleich bleibende Kraft in eine doppelt so große Fläche einleitet, dann verringert sich die Spannung entsprechend proportional, d.h. sie halbiert sich.

$$\sigma = F / A$$

- Dehnung

Dehnung bezeichnet die Größenänderung eines belasteten Bauteils im Verhältnis zur Ursprungsgröße in Krafrichtung. Das Zeichen ist das griechische Epsilon ε

$$\varepsilon = \Delta L / L$$

- Elastizitätsmodul

Mit dem Elastizitätsmodul wird eine Materialeigenschaft angegeben. Der E Modul gibt die Größe des Widerstandes an, den ein Werkstoff unter Krafteinfluss gegen seine Verformung aufbringen kann. Er beschreibt das Verhältnis von Spannung pro Längenänderung.

Bis zu einer gewissen Grenze ist dieses Verhältnis konstant.

Wenn man immer mehr Kraft – und damit Spannung – in ein Bauteil gibt, dann verformt es sich proportional bis zum Punkt des primären Versagens. Wenn man dann noch mehr Kraft einleitet und die Spannung erhöht, fängt das Bauteil an, sich stärker und anders zu verformen. Der Widerstand nimmt erheblich ab, bis es bricht. Der Bruchpunkt bezeichnet den Punkt des sekundären Versagens.

Bis zum Punkt eines primären Versagens ist die Verformung umkehrbar. Nach diesem Punkt sind die Verformungen auch nach der Entlastung dauerhaft. Das Bauteil wird dann geschädigt.

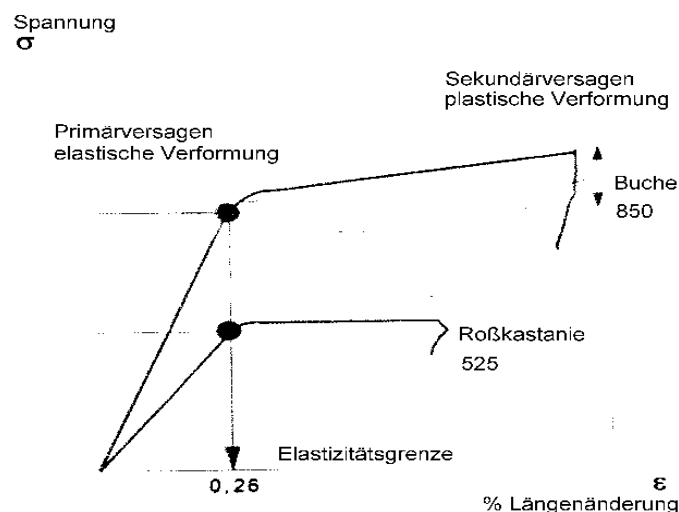
Wir werden weiter unten noch einmal auf diese Unterscheidung Primär- / Sekundärversagen zurückkommen.

Wenn ich das E-Modul eines Werkstoffes kenne, dann kann ich aufgrund der Längendifferenz bei einer Belastung, die wirkende Spannung berechnen.

Mit der Spannung kann ich entweder die Kraft oder die Größe der lastaufnehmenden Fläche berechnen.

Dieses macht man sich in einem Zugversuch zunutze.

$$E = \sigma / \varepsilon$$



(Grafik abgewandelt: Wessolly, Bruchdiagnose von Bäumen, Stadt und Grün, 6/95, S.417)

- Hebelarm

Das Hebelgesetz beschreibt die Proportionalität von Kraft und Hebelarm. Das Resultat dieser Gleichung ist das Hebelmoment. Wenn ich ein Gewicht an einem Balken hebe, der doppelt so lang ist wie ein anderer mit demselben Gewicht, dann ist mein Kraftaufwand doppelt so groß.

$$M = F \times l$$

- Biegemoment

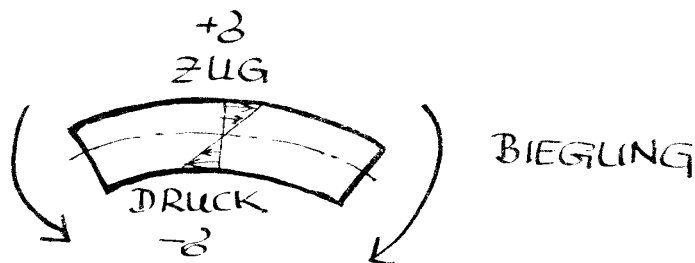
Die gravierendsten Belastungen auf einen Baum werden durch Windkräfte verursacht. Der Einfluss von Gewichtskräften ist damit verglichen eher unbedeutend. Nur bei schrägen Bäumen oder sehr langen Ästen spielen Gewichtskräfte statisch eine wesentliche Rolle.

Zum Vergleich: Eine Rotbuche mit 32 m Höhe und einer Kronenfläche von 185m² bringt unten am Stamm ein Windlastmoment von 1518 kNm auf, das entspricht 154,7 To.

Vereinfacht dargestellt, werden die Stämme und die Äste von Bäumen durch Windkräfte gebogen. (Andere statische Kräfte wie Torsion und Schub oder dynamische Kräfte wie Schwingungen sollen bei dieser Überlegung erst einmal unberücksichtigt bleiben.)

Der Baum entspricht, nochmals vereinfacht, einem runden Balken. Der runde Balken ist einseitig eingespannt. (Andere Querschnittformen sollen unberücksichtigt bleiben.)

Bei einer Biegung entstehen zwei unterschiedliche Kräfte, die sich in der Mittellinie aufheben. Auf einer Seite wachsen die Zugkräfte von der neutralen Faser bis an den Rand kontinuierlich an, während das Gleiche auf der gegenüberliegenden Seite für die Druckkräfte gilt. Die höchsten Belastungen werden also in die Randfasern eingeleitet.



(Grafik, Mattheck, Die Baumgestalt als Autobiographie, S. 14)

Das Biegemoment beschreibt das Produkt von seitlich eingehender Kraft (Windkraft) und Hebelarm (Baumhöhe).

$$M_B = F \times l$$

Da es sich um statische Verhältnisse handelt, müssen alle Kräfte und Momente sich aufheben, ansonsten würde sich etwas bewegen.
(Zu der Kraft (Windkraft), die das Biegemoment einleitet, weiter unten mehr.)

- Widerstandsmoment

Der Stamm muss also ein entsprechendes Widerstandsmoment gegen das Biegemoment aufbringen.

So sieht die Formel für das Widerstandsmoment eines Kreises aus:

$$W = \pi \times D^3 / 32$$

Was sofort an dieser Formel auffällt ist, dass der Durchmesser mit einer 3er Potenz in die Rechnung eingeht!

Wenn man an Flächenformeln denkt, dann weiß man, dass hier die Höhe mit der Breite multipliziert wird.

(Für die Fläche des Kreises gilt $A = \pi \times D^2 / 4$)

Die 3. Potenz wird durch den Abstand der tragenden Fläche zur Neutralfaser verständlich. Denn umso weiter eine Fläche von der neutralen Linie entfernt liegt, umso mehr Widerstand kann sie dem Biegemoment entgegenbringen. Das gleiche Flächenstück kann nur aufgrund seiner Lage den Widerstand erhöhen.

In die Rechnung geht neben einer Flächengröße D^2 auch eine Geometriegröße D mit ein.

Das Widerstandsmoment drückt also Folgendes aus:

Es ergibt sich aus der Summe aller Teilflächen multipliziert mit ihren jeweiligen Hebelarmen zur neutralen Faser. Deswegen „ D^3 “¹²

Um es noch einmal zu wiederholen: Der Querschnitt eines Baumstammes geht mit einer 3er Potenz in die Gleichung ein.

Man sollte sich vergegenwärtigen, dass alte Bäume mit dicken Stämmen daher über gewaltige Sicherheitsreserven verfügen können. Sie können hochgradig ausgefault sein, bevor sie ein Sicherheitsproblem darstellen, da sie über lastaufnehmende Holzflächen verfügen, die weit von der neutralen Biegelinie entfernt liegen.

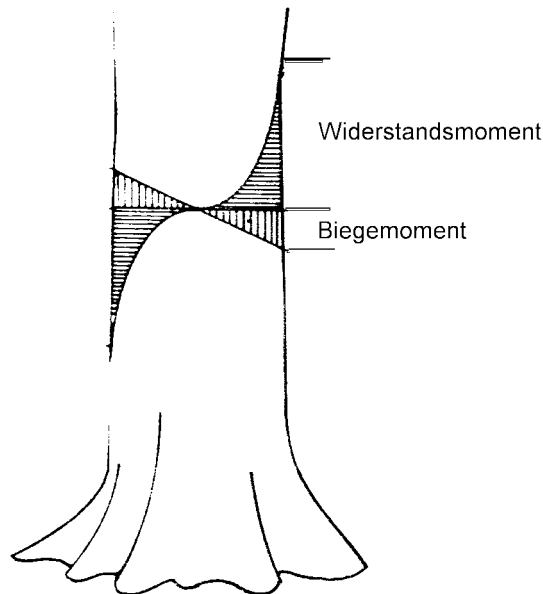
Wir haben gesehen, dass die gleiche Fläche mit den gleichen Materialeigenschaften weiter außen in der Peripherie eines alten Stammes liegend, mehr Biegespannungen aufnehmen kann, als eine weiter innen liegende Fläche. Und dieses allein aufgrund der Lage! Man kann sich dieses Maß auch als eine Art Hebel vorstellen.

Die Spannung in der Radfaser lässt sich aus dem Verhältnis von Biegemoment zu Widerstandsmoment berechnen.

„Biegemoment-Aus-Windlast“ zu „Widerstandsmoment-Aus-Querschnitt“.

¹² Wessolly, Handbuch der Baumstatik, 1998, S..225

Hier sollte beachtet werden, dass das Biegemoment von der neutralen Faser nach außen proportional linear ansteigt, während, wie wir oben gesehen haben, das Widerstandsmoment exponentiell ansteigt.



(Grafik: G. Sinn, Das Anbohren von Bäumen, Das Gartenamt 1/93, S. 43)

$$\sigma = M / W$$

Die Materialeigenschaften von Holz können aus Tabellen abgelesen werden. So kann man dem so genannten „Stuttgarter Festigkeitskatalog für grüne Hölzer“ entnehmen:

Stieleiche:

Druckfestigkeit längs: 2,8 KN/cm², Elastizitätsmodul: 690 KN/cm²

Hybridpappel:

Druckfestigkeit längs: 2,0 KN/cm², Elastizitätsmodul: 605 KN/cm²

- Windkraft

Wir haben uns mit den Gleichungsbestandteilen der Lastaufnahme beschäftigt. Wir können jetzt mit den Werten des Materials sowie eines definierten Durchmessers das Widerstandsmoment eines Eichenstammes berechnen.

Auch die Dehnung einer unteren Randfaser lässt sich für eine gewisse Kraft, die in einer gewissen Höhe in die Baumkrone eingeleitet wird, aufgrund des „E-Moduls“ berechnen.

Es fehlt uns nur noch auf der Seite der Lasteinträge die Kraft, die das Biegemoment erzeugt.

Die Formel für die Windlastabschätzung lautet:

$$F = c_w \times p/2 \times A \times V^2$$

Der erste Faktor „ c_w “ ist eine Konstante für die aerodynamische Eigenschaft einer Form (z.B. Kugel, Hohlchale, Kegel, ebene Fläche etc.).

Der zweite gibt die Luftmasse an. In der Höhe ist die Luft dünner als unten.

Der dritte Faktor „ A “ ist die Segelfläche der Krone

In dem vierten Faktor geht die Luftgeschwindigkeit, sprich Windstärke, quadratisch ein.

Bezüglich der Segelfläche der Krone kann man festhalten, dass diese nur einfach proportional in die Rechnung eingeht.

Berechtigung und Kritik des äußeren Blickes – oder die künstliche Rechen-Genauigkeit

Wenn wir jetzt beide Momente vergleichen, das lasteinbringende und das lastaufnehmende Moment, dann sollte uns Folgendes auffallen:

Proportionale Verhältnisse:

- Der Stamm eines Baumes mit einer doppelt so großen Kronenfläche in derselben Höhe wird doppelt so stark belastet.

Exponentiale Verhältnisse:

- Ein Baum mit einem doppelt so dicken Stamm kann dem achtfachen Biegemoment widerstehen!

Wir wissen, dass Bäume Zeit ihres Lebens weiter in die Dicke wachsen, ohne ihre Höhen oder Kronenflächen entsprechend zu vergrößern.

Bei der Beurteilung der Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen sollten wir uns immer die Verhältnisse ihrer Grundsicherheit vor Augen führen.

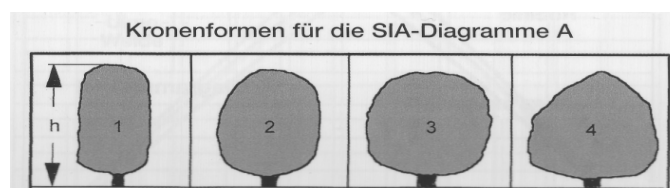
Diese Grundsicherheit kann ganz verschieden sein.¹³

Abschätzen lässt sie sich mittels der SIA-Methode.

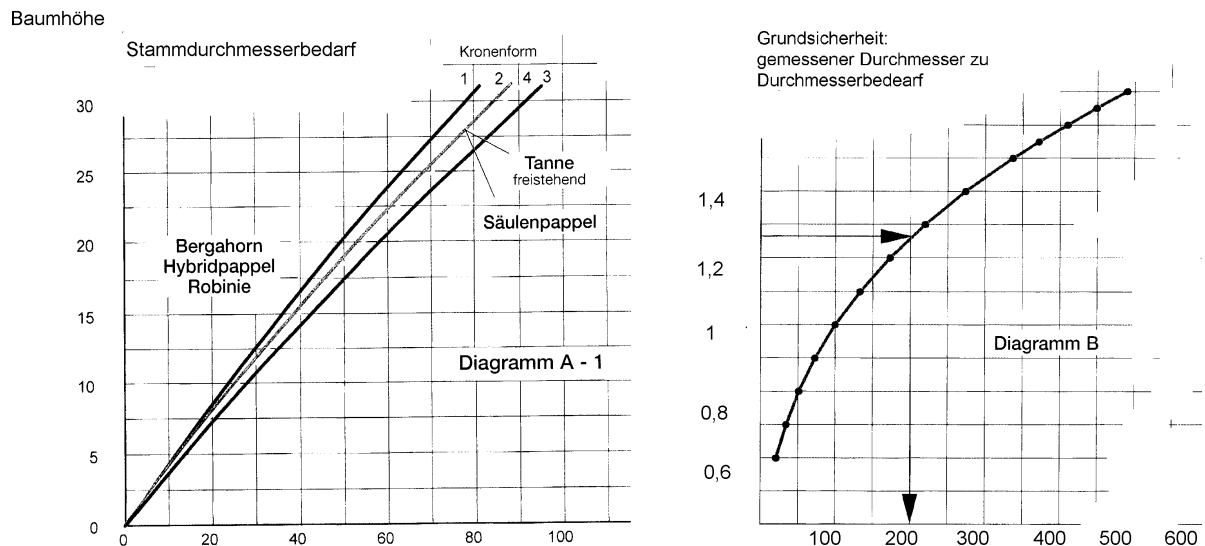
Bei dieser Methode berechnet man die mögliche Lastaufnahme des Stammes und vergleicht diesen Wert mit den gerechneten tatsächlichen Werten.

Dabei muss die Stammdicke sowie die Baumhöhe gemessen werden. Die Kronenform wird anhand von vier typischen Modellen bestimmt.

SIA-Berechnung:



¹³ L. Wessolly, Eingehende Untersuchung mittels Zugversuch, in Pro Baum 1/2004



(Grafik, verändert, L. Wessolly, Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle, 229)

Bäume sind jedoch äußerst komplexe und lebendige Strukturen. Sie sind den mannigfaltigen Umweltbelastungen ausgesetzt. Aufgrund der Kompliziertheit eines Baumes lassen sich statische Verhältnisse schwer quantifizieren oder berechnen!

In technischen Handbüchern der Festigkeitslehre für Bauingenieure sind die von der SIA-Methode verwendeten Formeln auf den ersten Seiten zu finden. Es sind die einfachen Fälle der so genannten „Balkentheorie“. Auf den nachfolgenden Kapiteln wird die Sache äußerst kompliziert. Man findet dort z.B. Berechnungsformeln über Knickstäbe und Schalen, Diskussionen über Tragwerkslagerung und ideale Einspannformen. Warum erfordert die Berechnung eines Flugzeugflügels die Kapazitäten von Großrechnern, während die Berechnung der Sicherheit eines Baumes mit drei Grundformeln bewerkstelligt werden könne?

Auch die Rechnungen, die in der Statisch-Integrierten-Abschätzung vollzogen werden, stellen Idealisierungen dar!

Auf zwei ganz unterschiedliche Probleme der „SIA-Baumberechnung“ soll im Folgenden noch kurz eingegangen werden: Es ist zum einen das Problem der Mess-Ungenauigkeiten sowie zum anderen das Problem der schwächeren „Querfestigkeit“ von Holz und tangentialen Zugkräften.

Rechengenauigkeit

An den SIA-Rechnungen wird kritisiert, dass die einzugebenden Parameter aufgrund der Messungen größere Ungenauigkeiten aufweisen müssten. Diese Schwankungen müssten berücksichtigt werden.

Wer vermag z.B. die Windwirkung quantitativ genau zu bestimmen?

Wenn man eine parallele Fehlerrechnung durchführen würde, dann entstünde aufgrund der Potenzierung der Ungenauigkeiten, ein Ergebnis, welches nicht mehr genügend Aussagekraft besäße.¹⁴

Es ist unbestreitbar wichtig, in einer Gleichgewichtsbetrachtung die statischen Grundsicherheiten eines Baumes zu ermitteln.

Es fragt sich nur, ob das Ergebnis im Nachkommerbereich sinnvoll zu quantifizieren ist. Wir sollten die Zahlen einer statisch integrierten Abschätzung wieder in qualitative Aussagen verwandeln und diese mit anderen Beobachtungen über den Baum verbinden.

Gewiss, wie wir oben gesehen haben, wird das statische Widerstandsmoment mit steigendem Stammdurchmesser nur aufgrund der Geometrie des Querschnittes exponentiell erhöht. Eine gleichgroße Querschnittsfläche kann ringförmig angeordnet viel biegesteifer sein als in einer kompakten Anordnung. Wie befremdlich muss einem Praktiker jedoch ein Ergebnis erscheinen, welches für einen alten hohlen Baum eine Restwandstärke von genau 1,2 cm fordert, um noch sicher zu sein!

Querfestigkeit und das Strukturversagen

Zu Recht werden die Idealisierungen der VTA-Methode von den Kritikern Matthecks angefeindet.

Manchen eigenen Vorwürfen an den Vereinfachungen der VTA-Methode können die Begründer der SIA-Methode selbst nicht ausweichen!

In die Rechnungen fließen lediglich die Belastungen aus einer gleichmäßigen Biegung ein. Drehkräfte (Torsionen) oder dynamische Vorgänge wie Schwingungen können aufgrund ihrer Komplexität nur abgeschätzt werden oder werden gar nicht berücksichtigt.

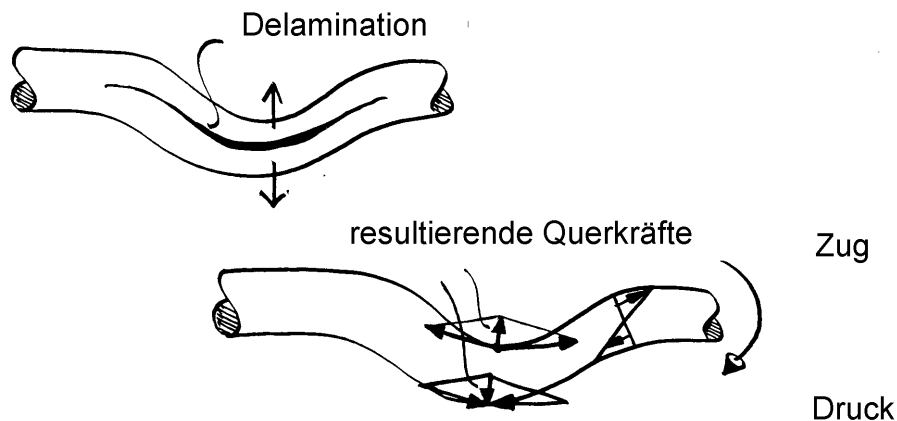
Eine sehr interessante Erfahrung ist es, bei Sturm in einem Baum zu sitzen und die Bewegungen der Krone von oben zu beobachten. Bäume rudern und winden sich. Die Bewegungen sind eher kreisförmig, drehend.

Holz besitzt in verschiedenen Richtungen ganz unterschiedliche Festigkeiten. So sind die meisten grünen Hölzer halb so druckfest wie zugfest und ca. nur ein Zehntel so querfest (tangential zugfest).

Dieses bemerkt jeder beim Schlagen von Kaminholz.

Es ist auch der Grund des Versagens der sogenannten Unglücksbalken.

¹⁴ F. Rinn, Wie genau kann die Bruchsicherheit eines Baumes ermittelt werden? In Das Gartenamt 2/1994, S. 104ff.



(Grafik verändert, Mattheck, Handbuch der Schadenskunde, S. 68)

Ein isotroper Werkstoff ist in allen Richtungen gleich fest.
Holz ist aber ein orthotroper Werkstoff, senkrecht anders fest als quer.

Die Widerstandsmomente der tragenden Querschnitte werden in den SIA-Berechnungen jedoch in Verbindung mit einem isotropen „Holzmaterial“ ermittelt.

Bei Ast- und Baumbrüchen kann man oft beobachten, dass zuerst die Fasern quer auseinander reißen, „zerbrettern“ und erst im Nachhinein längs reißen. Oft sieht man gebrochene Äste von Birken oder Eichen, die noch an einzelnen, aus dem Verbund gerissenen, geknickten Fasern an der Bruchstelle baumeln.

Man kann anhand dieser Bruchbilder vermuten, dass das Schadereignis mit dem Auseinanderreißen der Fasern aus ihrem Verbund verknüpft sein muss.

In der Festigkeitslehre wird üblicherweise zwischen Materialversagen und Strukturversagen unterschieden. Wir sind oben bei der Erläuterung des E-Moduls schon darauf gekommen.

Ein Strukturversagen liegt z.B. vor bei einer Auflösung des Faserverbundes oder bei einer Änderung des Querschnittes während der Belastung.

Eine veränderte, während der Biegung zusammengedrückte Querschnittsfläche hat auch ein anderes Widerstandsmoment und muss jeweils neu berechnet werden.

Und bei einer Auflösung des Verbundes der lastabtragenden Querschnittsflächen sinkt rapide das Widerstandsmoment, da nun alle Teilflächen nur summarisch in die Rechnung einfließen.

Ein Strukturversagen kann eine dramatische Entwicklung nehmen, da die Änderungen der Struktur bei Belastungen gleichzeitig das Widerstandsmoment herabsetzt, welches wiederum zurückwirkt und die Strukturveränderung verstärkt.

So gerät das belastete Bauteil in einen Teufelskreis.

Eine komplexere Betrachtungsweise, die diese Verhältnisse von Strukturversagen und Materialversagen sowie die geringere Querfestigkeit von Holz berücksichtigt, wirft, wie zu erwarten ist, große Kontroversen auf.

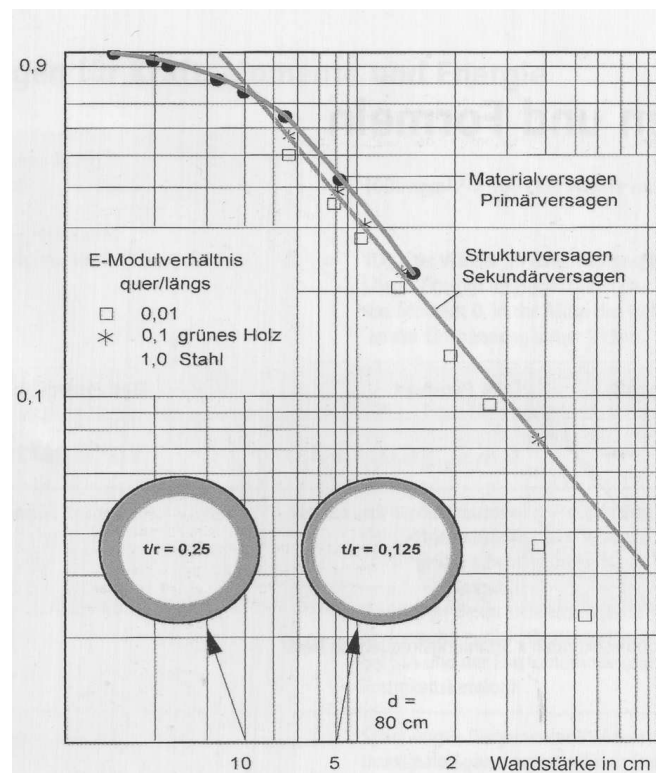
Die Vertreter der SIA-Methode berufen sich darauf, dass die kleinere Querfestigkeit des Holzes auch bei ganz dünnen Restwandstärken keine zusätzliche Schwächung gegen Biegung bewirken soll.¹⁵

Das heißt, dass bei ausgehöhlten Bäumen immer zuerst das Material gegenüber Druck versagen soll. Der Wert der Druckfestigkeit ist ja definiert an der Grenze, bei der normalerweise ein Versagen der Struktur einsetzt.

Ein Versagen der Struktur erfolgt demnach immer nachlaufend, sekundär oder im schlimmsten Fall gleichzeitig, jedoch nicht davor.

D.h., bei Biegung wird erst der Kennwert des Materialversagens gegen Druck erreicht und nachfolgend verflacht sich der Querschnitt oder löst sich der Faserverbund auf.

Insofern solle die einfache Betrachtung ausreichen, in der lediglich die Querschnittsflächen gegenüber der Belastung durch Biegung berechnet werden. Es reichen dafür die einfachen Materialdaten, wie z.B. die Druckfestigkeit in Längsrichtung.



(Grafik, Wessolly, Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle, S. 223)

Mattheck sowie die Vertreter dieser misslichen 1/3 Regelung für hohle Bäume sind da anderer Meinung. Wir sollten uns zumindest die Argumente kurz ansehen:

Ihnen zufolge kann bei dünnwandig gestalteten Verhältnissen der Dimensionen durchaus das Strukturversagen dem Materialversagen vorangehen!

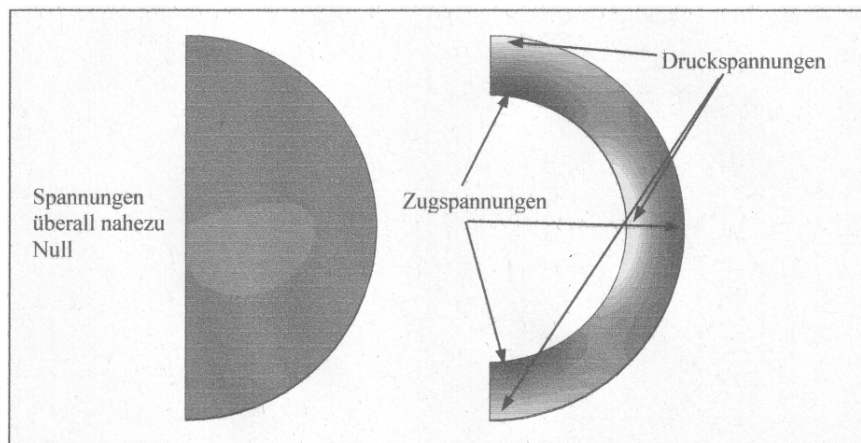
Nach ihren Berechnungen steigen bei ausgehöhlten Strukturen die tangentialen Zugkräfte auf der Innenseite einer Höhlung stark an.¹⁶

¹⁵ H. C. Spatz, Ein Kommentar zur mechanischen Stabilität hohler Bäume, Das Gartenamt 2 / 1994, S. 92

Das wären ja die Kräfte, denen Holz am Wenigsten etwas entgegenzusetzen hätte. Wir erinnern uns an die weitaus geringeren tangentialen Zugfestigkeiten von Holz.

Wenn man einen Hohlzylinder biegt, dann entstünden Kräfte, die den Querschnitt zusammendrücken und verflachen. Die Fasern hätten die Tendenz, sich in Richtung zur mittleren, neutralen Faser zu entspannen. Abgesehen davon, dass sich der lastabtragende Querschnitt geringfügig ändert, entstünde ein Querdruck auf die Hohlshell, die zu Längsrissen führen könnte. Man kann sich das vorstellen, wenn man an die Belastung einer Bogenbrücke denkt.

Die Grafik unten soll die Verteilung von tangentialen Zug- und Druckkräften eines auf Biegung belasteten Hohlzylinders aufzeigen. Die Biegerichtung ist senkrecht:



(Grafik: M. Ledermann, Dissertationsschrift, Beiträge zur Optimierung von Faserverbunden nach dem Vorbild der Natur, 2003, S. 64)

Spitz ausgeformte Holzfäulen auf den Innenseiten von Höhlungen sollen zusätzliche Kerbwirkungen verursachen, welche die Gefahr des „Zerbretterns“ von Holz noch verstärken sollen.¹⁷

Ganz allgemein soll das Bruchversagen an Orten des Holzes beginnen, an denen Einschlüsse oder Fehler, wie z.B. alte abgestorbene Äste, die Längsfasern umleiten. Dieses wird nun wiederum mit der Wirkung von Kerbspannungen in Zusammenhang gebracht.¹⁸

¹⁶ M. Ledermann, Dissertationsschrift, Beiträge zur Optimierung von Faserverbunden nach dem Vorbild der Natur, 2003, S. 66

¹⁷ Wie 15 nur S. 67

¹⁸ Mattheck, Design in der Natur, S. 200ff.

3.2.4. Schluss

Zum Schluss noch einmal die provozierende These vom Anfang:

Alle allgemeingültigen Prinzipien für die Überprüfung der Baumstatik sind unvollständig oder falsch!

Man mag der einen oder anderen Richtung mehr Glauben schenken.
Man kann die mehr oder weniger offensichtlichen Fehler, Ungereimtheiten oder Unzulänglichkeiten der Methoden kritisieren und diese damit ablehnen.
Man kann der einen oder anderen Richtung auch geschworen sein, so dass die Beschäftigung mit dem jeweils anderen Blickwinkel ein Verrat an der guten Sache wird.

Beide Methoden können uns offensichtlich in ihren Bann ziehen, weil sie uns ein Versprechen zu geben scheinen. Sie versprechen uns Naturbeherrschung!
Bei diesem zutiefst menschlichen Wunsch können wir aber scheitern!

Die kritische Beschäftigung mit beiden Methoden kann jedoch auch den Erkenntnisstand über Bäume bereichern.

Wenn wir vor dem Baum stehen, dessen Verkehrssicherheit wir einschätzen sollen, dann sollten wir uns für einen kurzen Moment vorstellen, dass wir es sind, die beurteilt werden.

Vielleicht kommen wir ja aufgrund dieser kurz gelingenden, eigentlich schwer möglichen, weil über alle Verstandeskategorien gehenden Identifikation mit dem Baum aus dem nebulösen Fahrwasser der Theorien heraus und finden eine verantwortbare Einschätzung aus unserer Erfahrung, aus unserem Wissen und aus unserer Intuition.