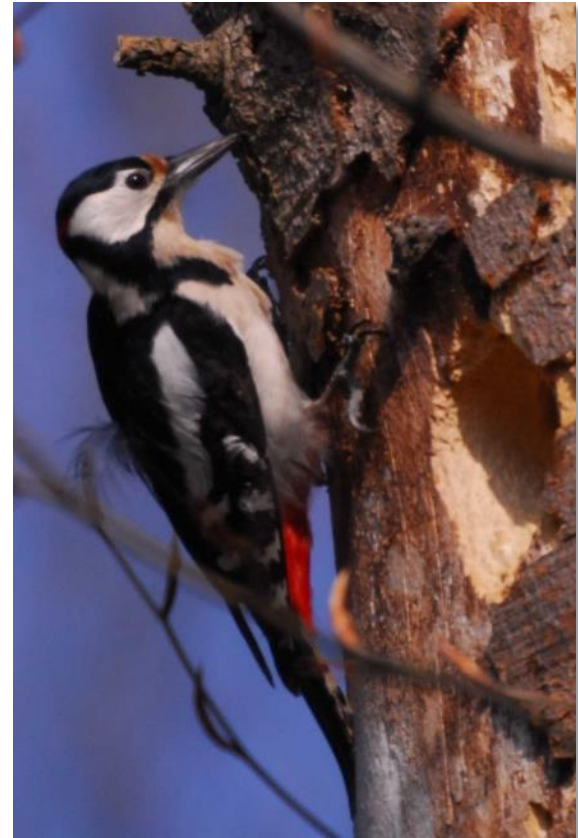




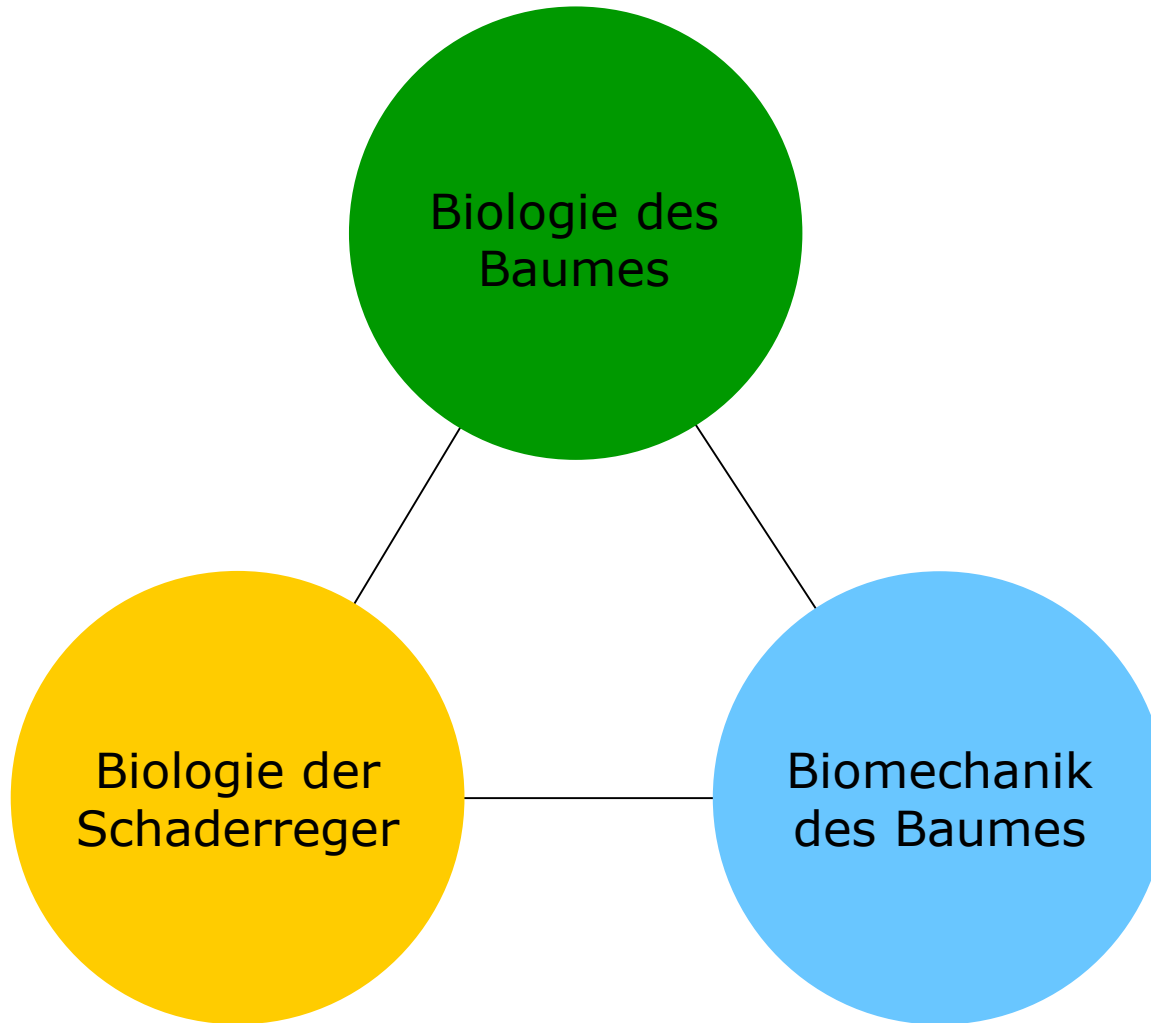
Biomechanische Abschätzung der Bruchsicherheit von Spechthöhlen

Sachgerechte Beurteilungsmethoden zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit unter Beachtung des Artenschutzes

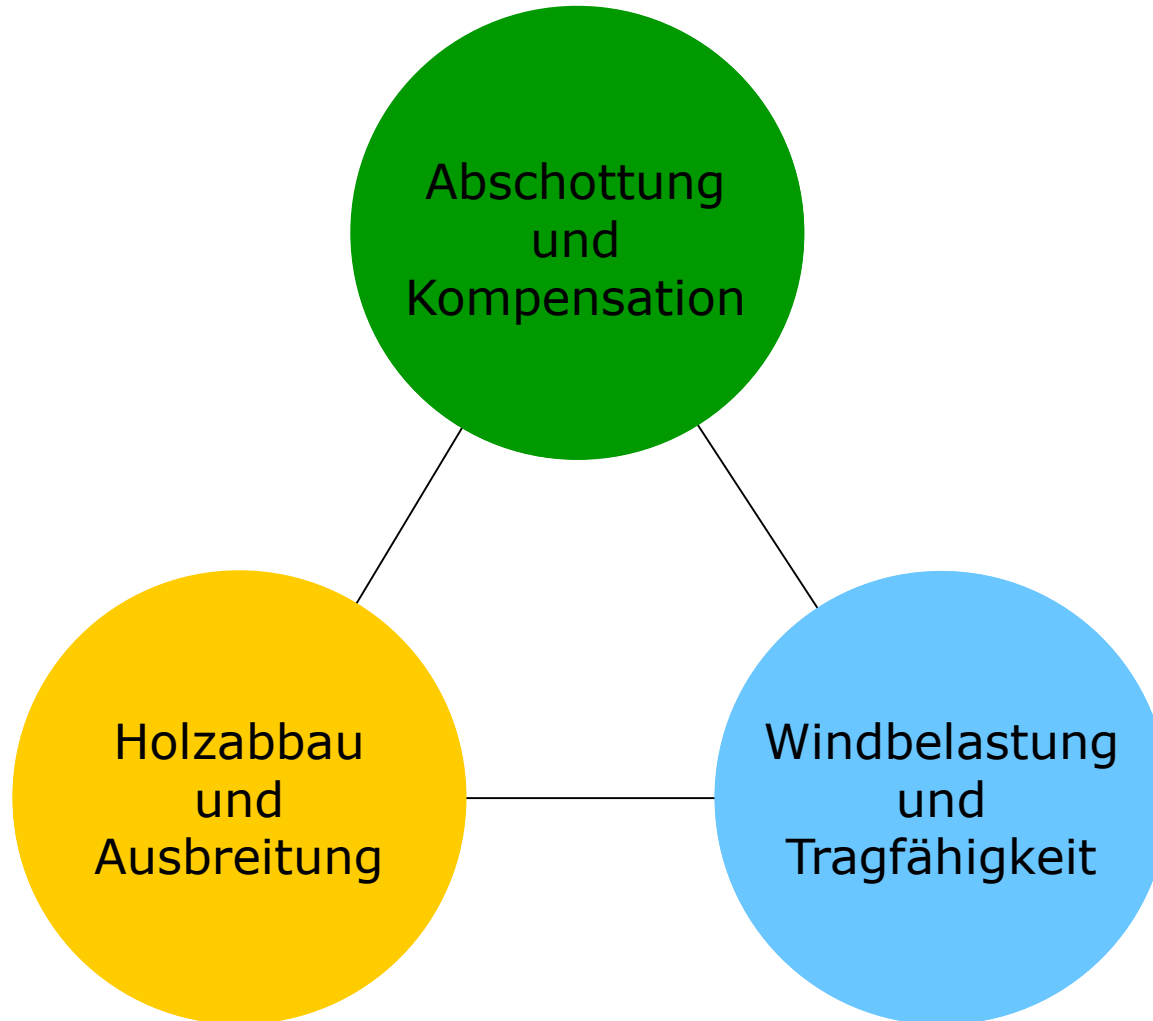
Dipl.-Ing. Andreas Detter
öbuv. Sachverständiger
Brudi & Partner TreeConsult, Gauting



Beurteilung der Verkehrssicherheit



Beurteilung der Verkehrssicherheit



Gefahrenabschätzung bei Spechthöhlen

Vorgehensweise bei der visuellen Untersuchung

- I: Beurteilung der Kompensationsfähigkeit
- II: Abschätzung der Resttragfähigkeit
- III: Analyse der zu erwartenden Belastung
- IV: Einfache Beurteilungsmethoden und weiterführende Messverfahren



Gefahrenabschätzung bei Spechthöhlen

Vorgehensweise bei der visuellen Untersuchung

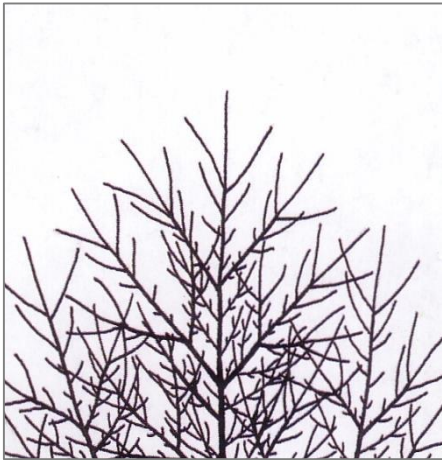
I: Beurteilung der Kompensationsfähigkeit

A: Wuchsleistung und Vitalität

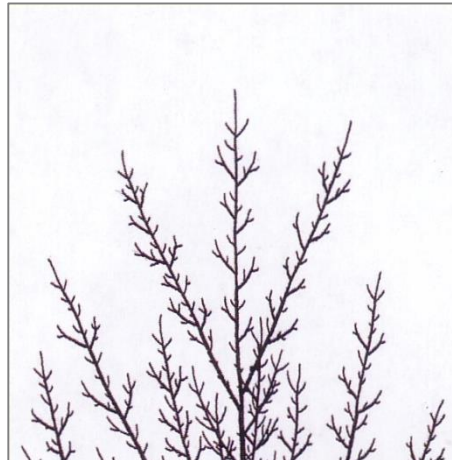


Kompensationsfähigkeit

Vitalität nicht allein über Verzweigungsmuster beurteilen

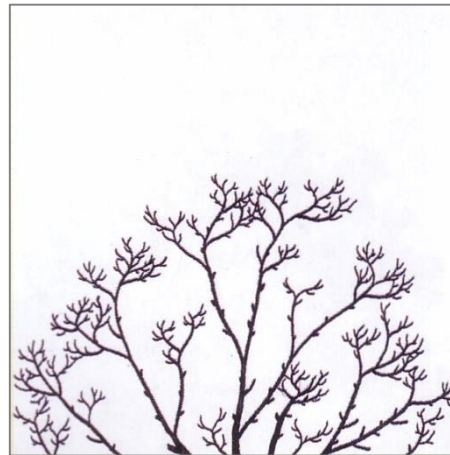


Explorationsphase

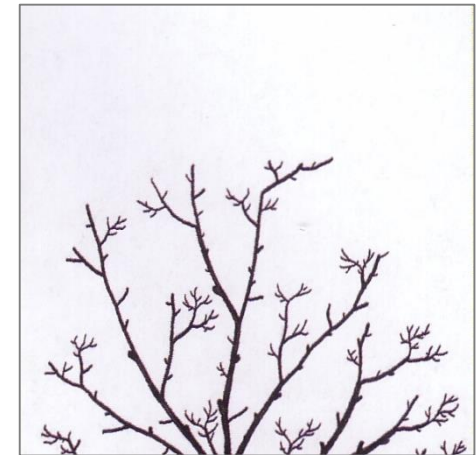


Degenerationsphase

Stagnationsphase



Resignationsphase



Kompensationsfähigkeit

Weitere Parameter zur Beurteilung der Vitalität nach Weihs 2017



- Zuwachs am Stamm und in der Krone
- altersbedingte und/oder traumatische Veränderungen der Zuwachseinheiten und der Kronenstruktur/Totholzbildung
- Fähigkeit zur Wundholz- und Kompensationsholzbildung
- Reiterations- und Blühfreudigkeit
- Belaubungsdichte und -farbe sowie Blatt- und Knospengröße unter Beachtung periodisch wirkender Störfaktoren

Edigna-Linde in Puch, Lkr. FFB

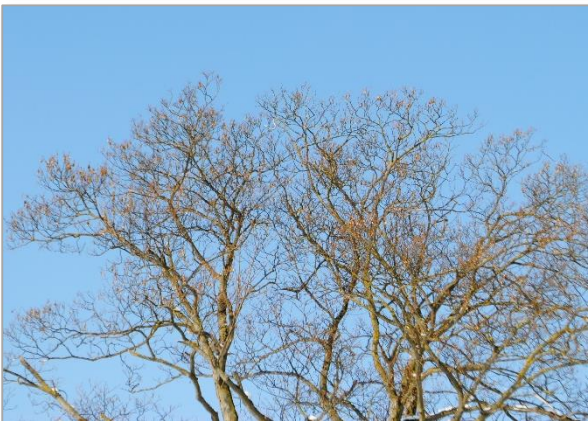


Kompensationsfähigkeit

Stufen zur Beurteilung der Vitalität nach Weihs 2017



- VS 0 = vital
gute Wuchskraft mit alters- und arttypischer Kronenstruktur und Belaubung, Auffälligkeiten sind unbedeutend, effektive Kompensations- und Reaktionsmechanismen
- VS 1 = leicht geschwächte Vitalität
nachlassende Ausprägung der Beurteilungskriterien, jedoch mit einer positiven Tendenz und ausreichendem Kompensationswachstum
- VS 2 = deutlich geschwächte Vitalität
Ausbleiben einzelner/mehrerer Beurteilungskriterien mit negativer Tendenz, keine ausreichende Wuchskraft, um Schäden künftig ausgleichen zu können
- VS 3 = abgängiger Baum
Ausbleiben aller Beurteilungskriterien, keine Reaktion und Kompensation mehr erkennbar, Baum in der Abbauphase/abgestorben



Vitale Alterskronen



Kompensationsfähigkeit

Dickenzuwachs am Stamm



kambiale Brücken



Reaktionsfähigkeit

Wundholzbildung



Austriebskraft – Reiteration



Kompensation durch Zuwachs

Wachstumsdefizite



Gefahrenabschätzung bei Habitatbäumen

Vorgehensweise bei der visuellen Untersuchung

- I: Beurteilung der Kompensationsfähigkeit
 - A: Wuchsleistung und Vitalität
 - B: Defekteingrenzung und Kompensation



Schadeingrenzung

Baumartspezifische Abschottungsfähigkeit



Gut abschottende Baumarten:

- ✓ Eiche (nicht Rot-Eiche)
- ✓ Buche
- ✓ Hainbuche
- ✓ Feld-Ahorn
- ✓ Fichte (wg. Harz)
- ✓ Mammutbaum

Mittlere Abschottung:

- ✓ Berg-Ahorn
- ✓ Spitz-Ahorn
- ✓ Esche
- ✓ Linde
- ✓ Robinie

Schlecht abschottende Baumarten:

- ✓ Rosskastanie
- ✓ Pappel, Weide
- ✓ Rosengewächse (Obstgehölze)
- ✓ Birke, Erle
- ✓ Walnuss, Schnurbaum
- ✓ Rot-Eiche, Silber-Ahorn



Schadeingrenzung

Wundrand- und Wundholzbildung



Schadeingrenzung

Rindenschäden



Bild: F. Kalz, Herrsching



Schadeingrenzung

Rissnarben bei Pilzausbreitung entlang der Holzstrahlen



Schadeingrenzung

Rissnarben bei Pilzausbreitung entlang der Holzstrahlen



Schadeingrenzung

Rissnarben bei Pilzausbreitung entlang der Holzstrahlen



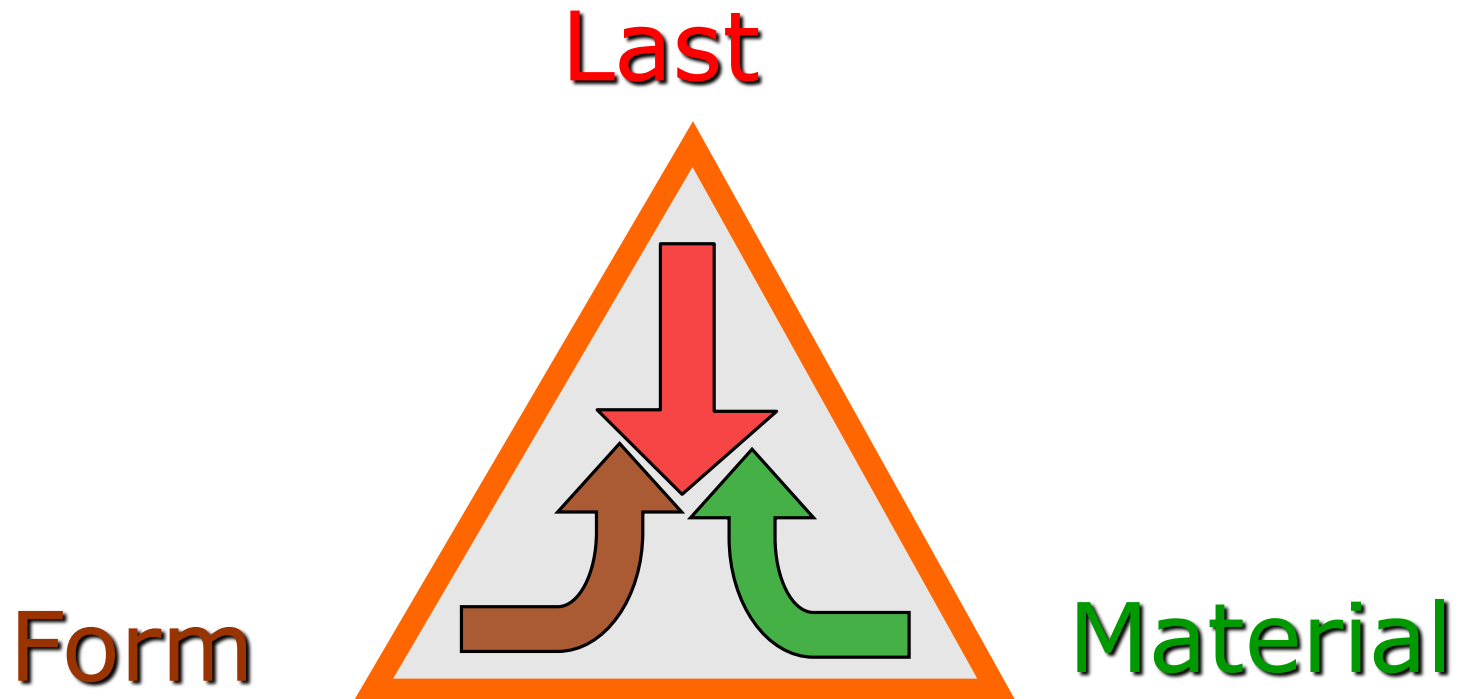
Kompensationsfähigkeit

Begrenzung und Überwallung



Baumstatik

Das Dreieck der Baumstatik – Lasteintrag



Gefahrenabschätzung bei Habitatbäumen

Vorgehensweise bei der visuellen Untersuchung

I: Beurteilung der Kompensationsfähigkeit

II: Abschätzung der Resttragfähigkeit



Gefahrenabschätzung bei Habitatbäumen

Vorgehensweise bei der visuellen Untersuchung

I: Beurteilung der Kompensationsfähigkeit

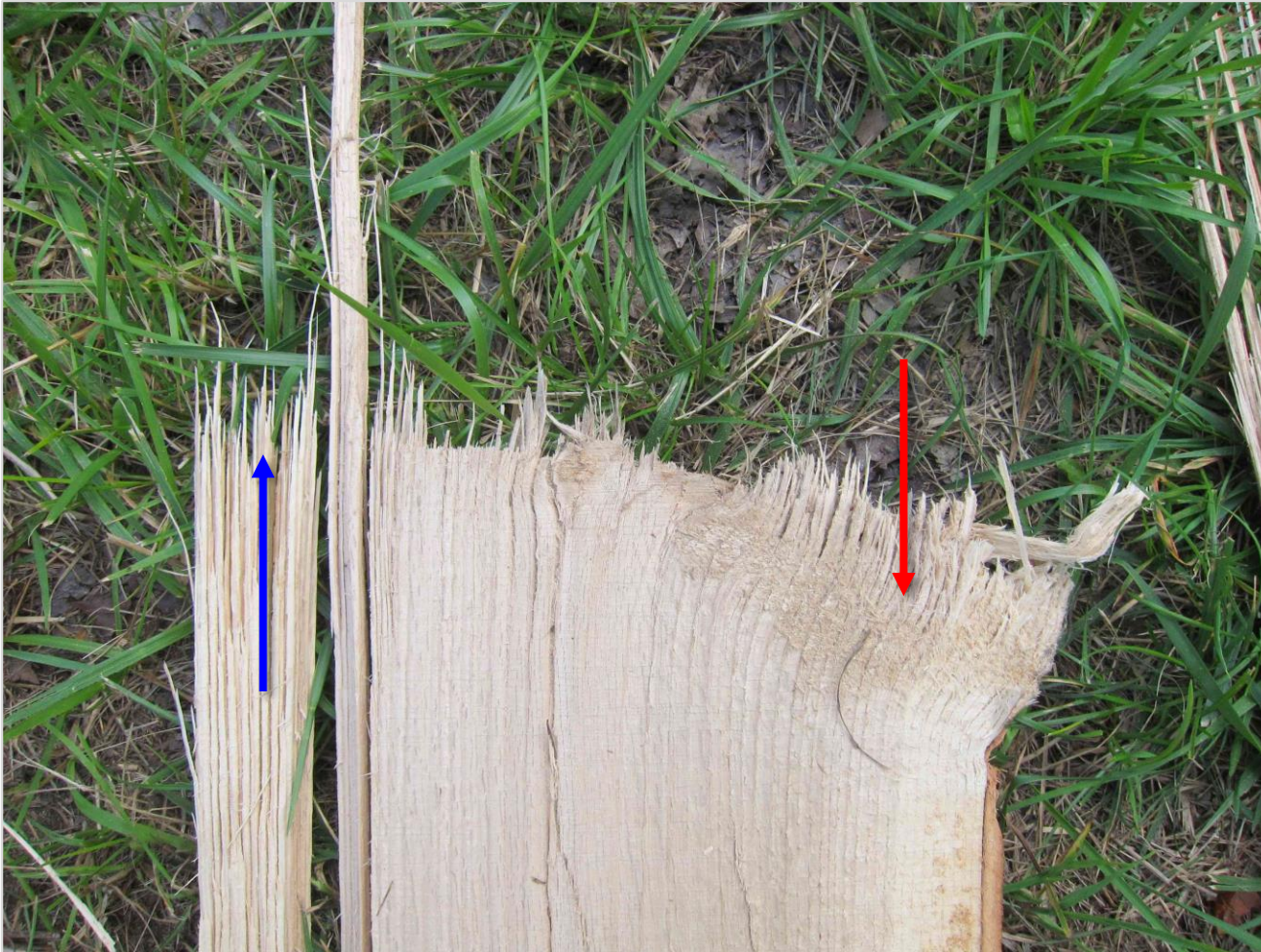
II: Abschätzung der Resttragfähigkeit

A: Materialeigenschaften des Holzes



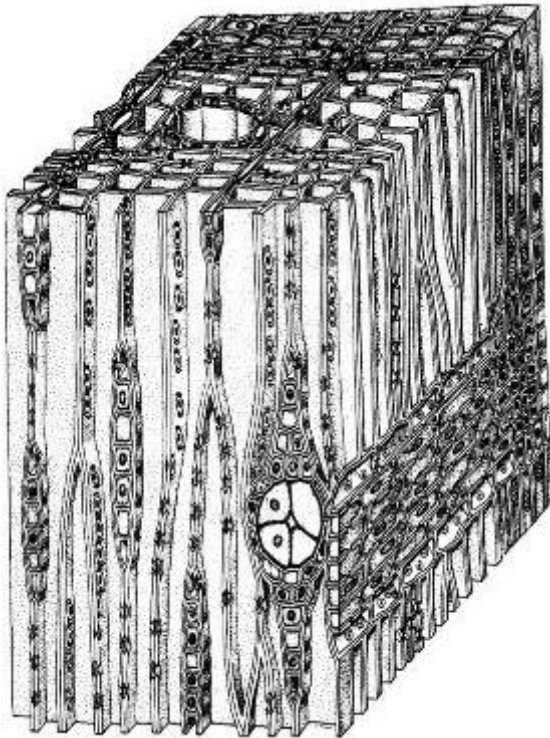
Widerstand gegen Bruch

Biegeversagen

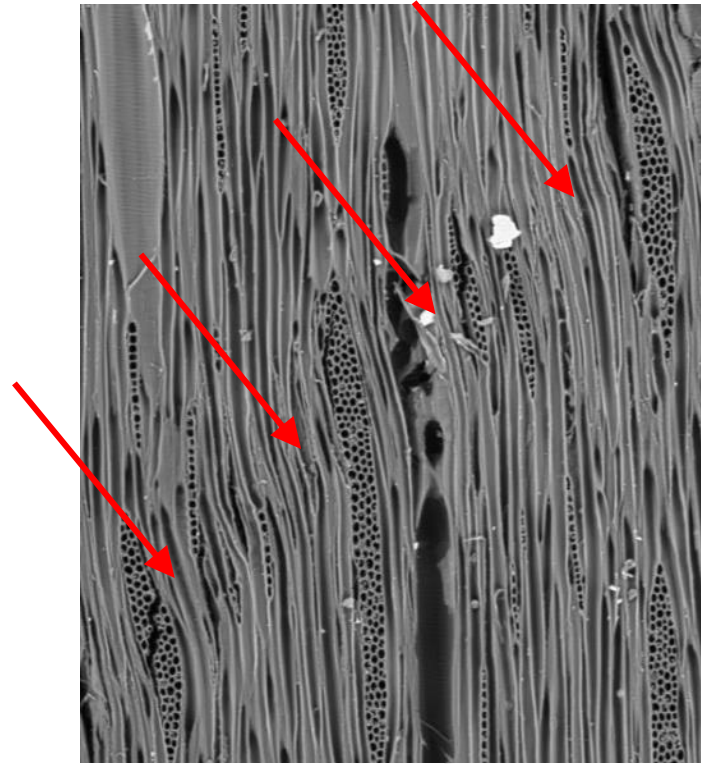


Widerstand gegen Bruch

Primärversagen grünen Holzes



aus: S. Vogel



Faserknicken

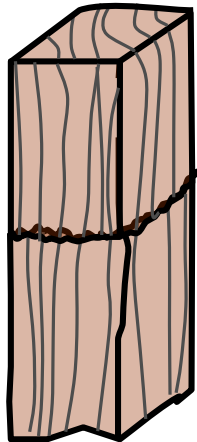


Baumstatik

Bandbreite der Druckfestigkeit grüner Hölzer Mitteleuropas



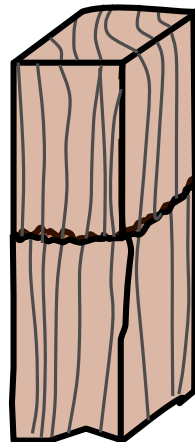
20



Mittelwert
grüner Hölzer



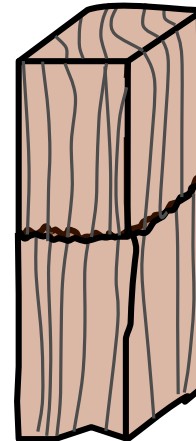
14



Roskastanie



28

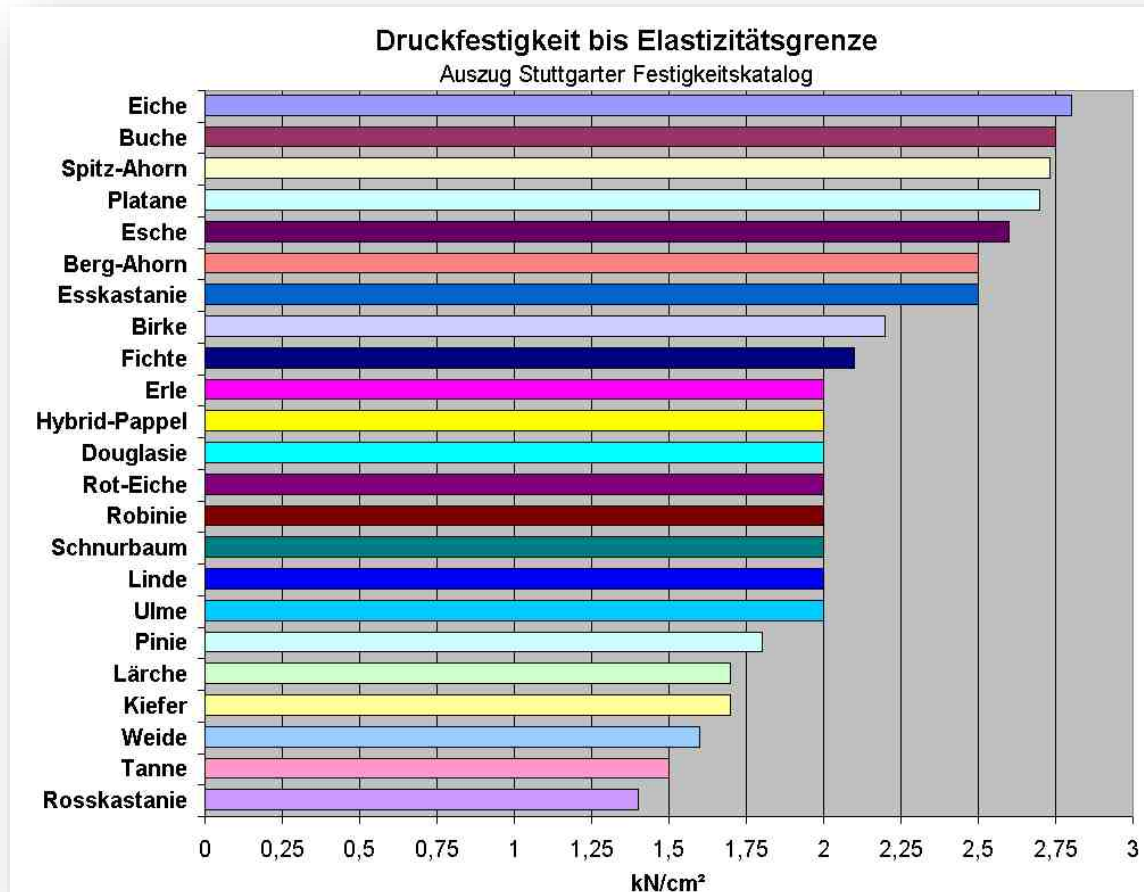


Eiche



Baumstatik

Stuttgarter Festigkeitskatalog



Widerstand gegen Bruch

Hochstubben



Gefahrenabschätzung bei Habitatbäumen

Vorgehensweise bei der visuellen Untersuchung

I: Beurteilung der Kompensationsfähigkeit

II: Abschätzung der Resttragfähigkeit

A: Materialeigenschaften des Holzes

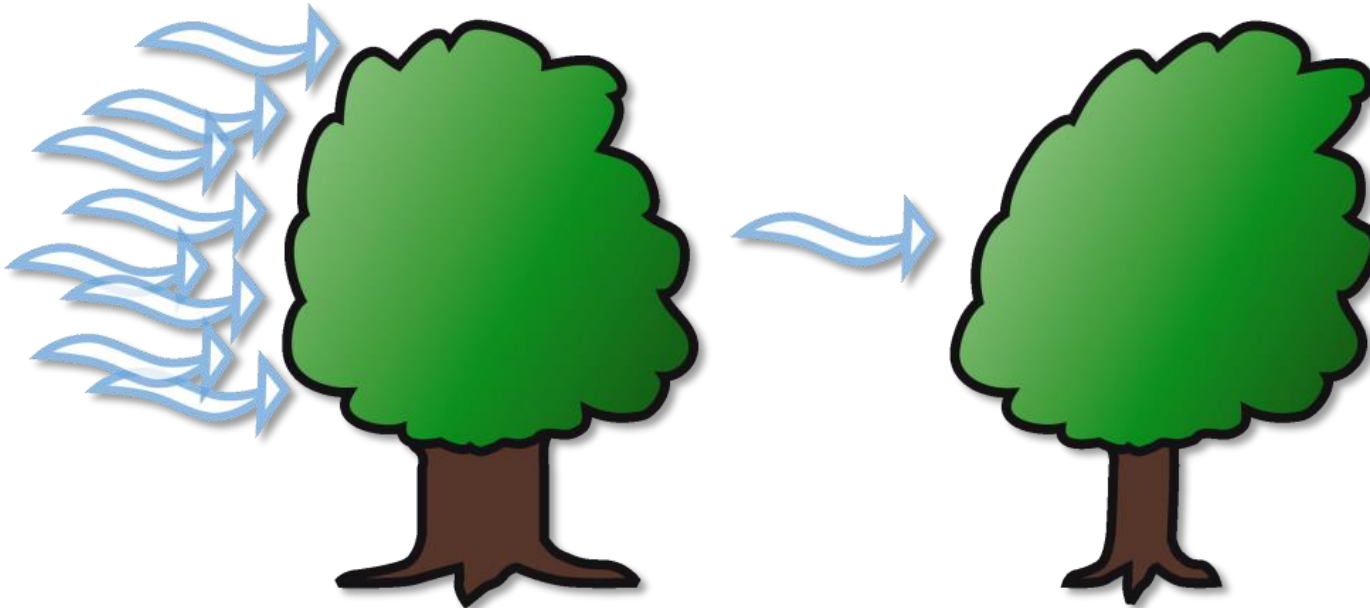
B: Einfluss der Form



Einfluss des Stammdurchmessers

- Doppelter Durchmesser
- Belastbarkeit 8 x

- Einfacher Durchmesser
- Belastbarkeit 1 x

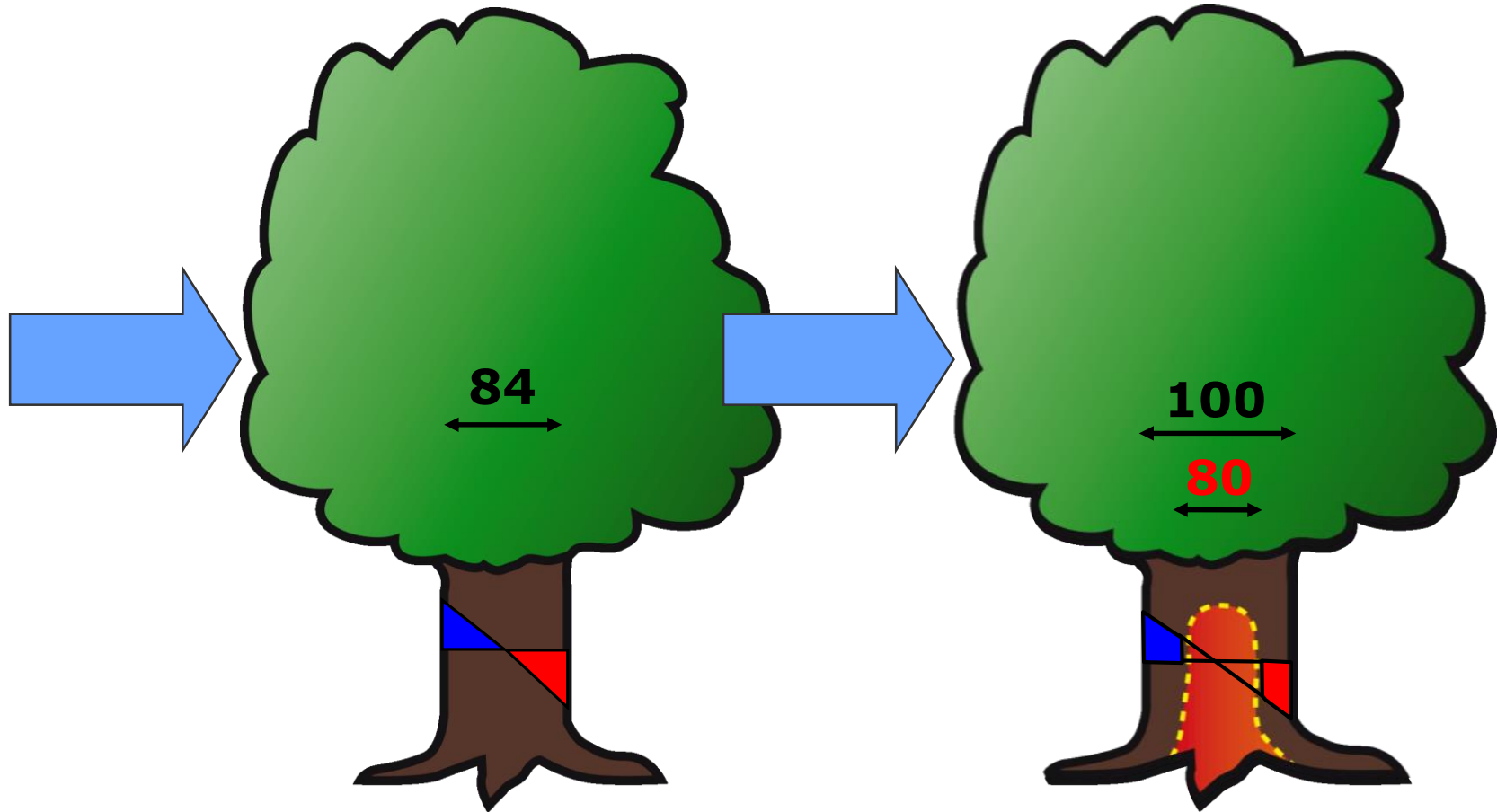


Widerstandsmoment $W = d^3 \times \pi/32$



Einfluss des Stammdurchmessers

Gleiche Tragfähigkeit trotz Höhlung

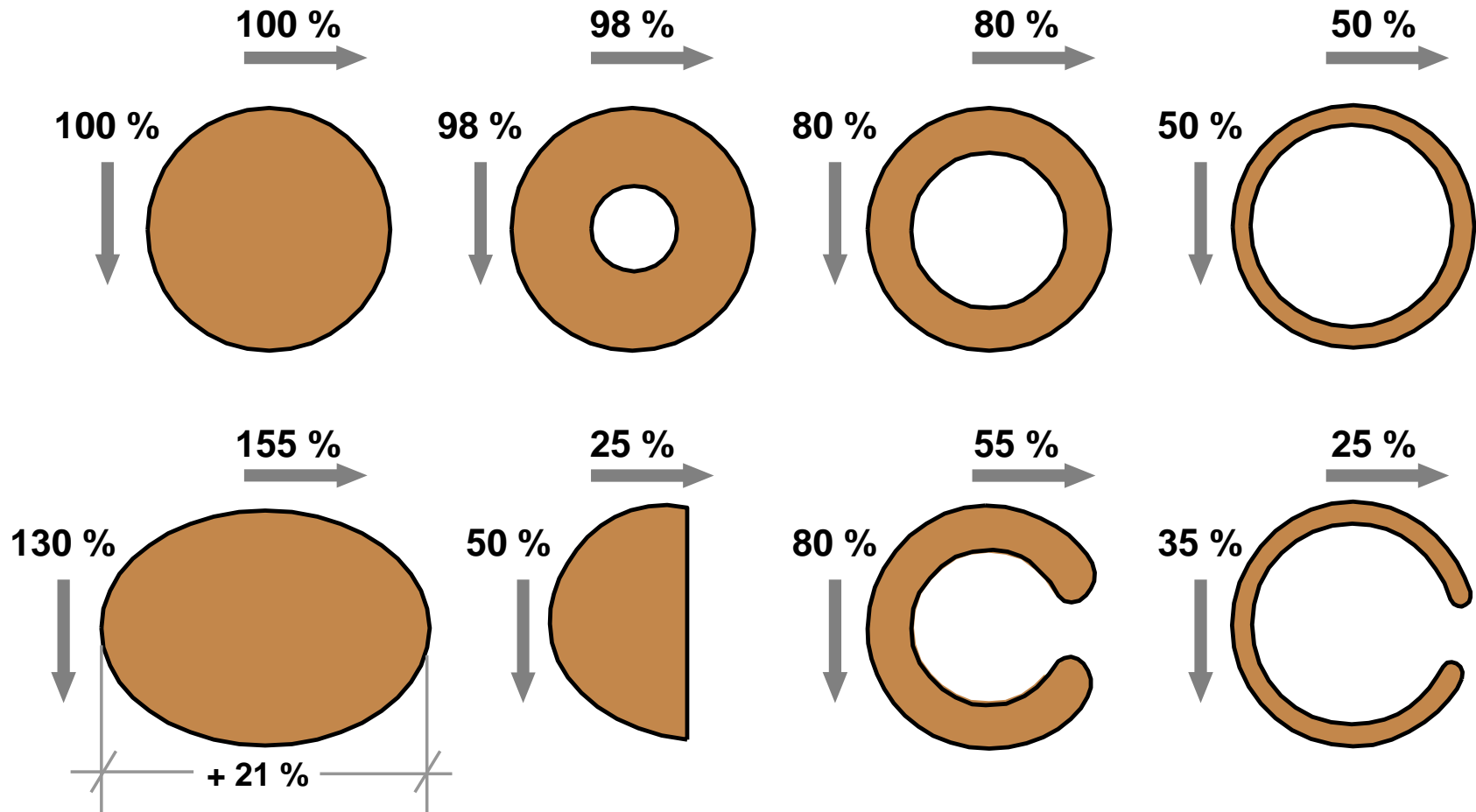


nach WESSOLLY & ERB 1998



Verminderung der Tragfähigkeit

Richtwerte zur Reduktion des Widerstandsmoments



Verminderung der Tragfähigkeit

punktueller Öffnung



längsovale Öffnung



Verminderung der Tragfähigkeit

Längsausdehnung dünnwandiger Querschnitte



Verminderung der Tragfähigkeit

Strukturversagen extrem dünnwandiger Querschnitte



bei Restwandstärke $t/R < 0,15$:
Längsausdehnung der Höhlung mehr
als $\frac{1}{3}$ der Hebelarmlänge!

Spatz & Niklas 2013



Foto: P. van Wassenaeer, Canada



Gefahrenabschätzung bei Habitatbäumen

Vorgehensweise bei der visuellen Untersuchung

- I: Beurteilung der Kompensationsfähigkeit
- II: Abschätzung der Resttragfähigkeit
- III: Analyse der zu erwartenden Belastung



Parameter der Windlastabschätzung

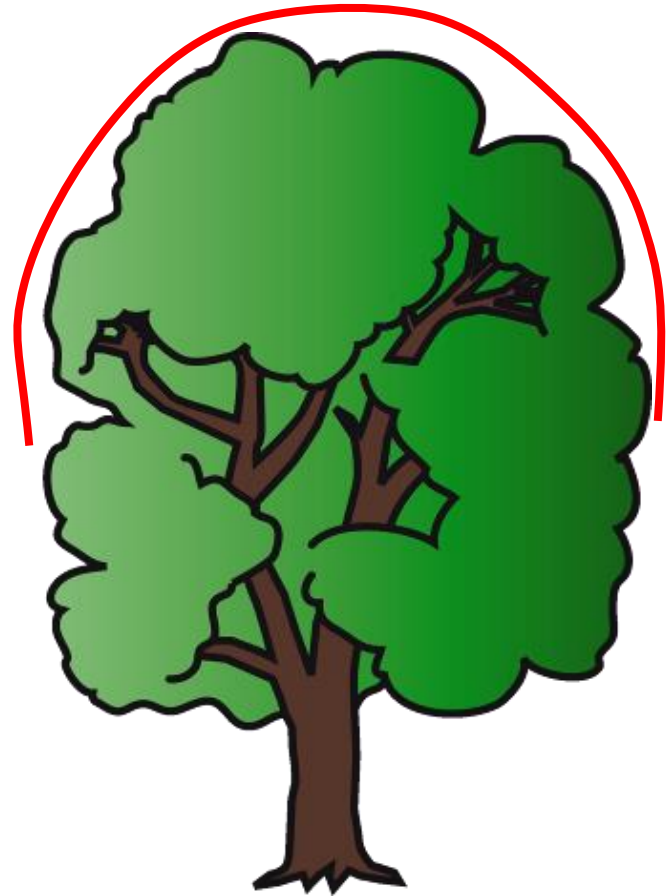
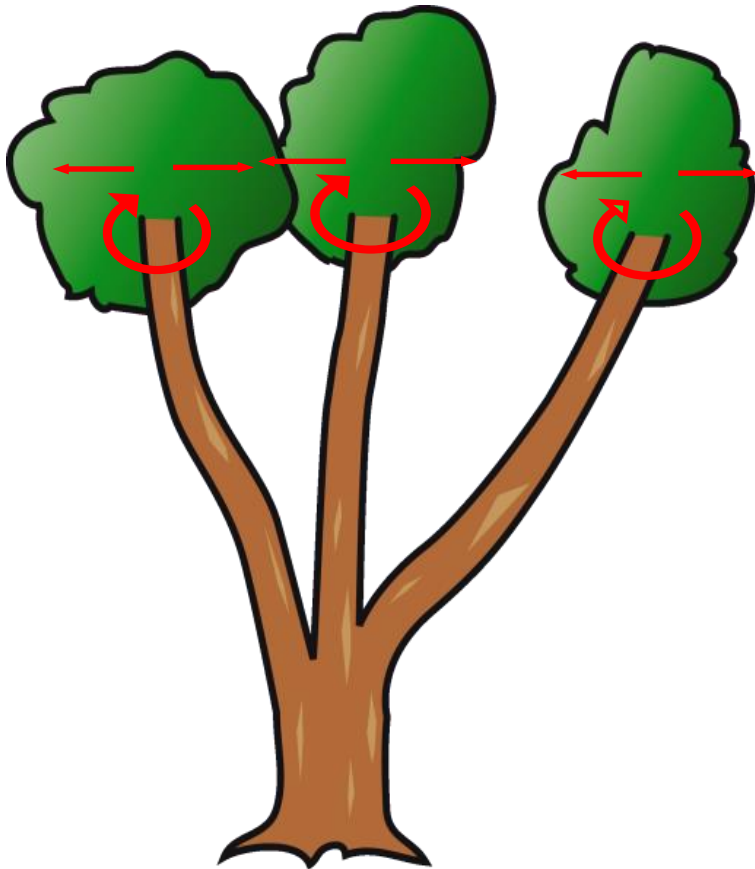
Exposition

- Klimatische Faktoren
- lokale Standortbedingungen
- individuelle Abschirmung oder Mehrbelastung in der Krone



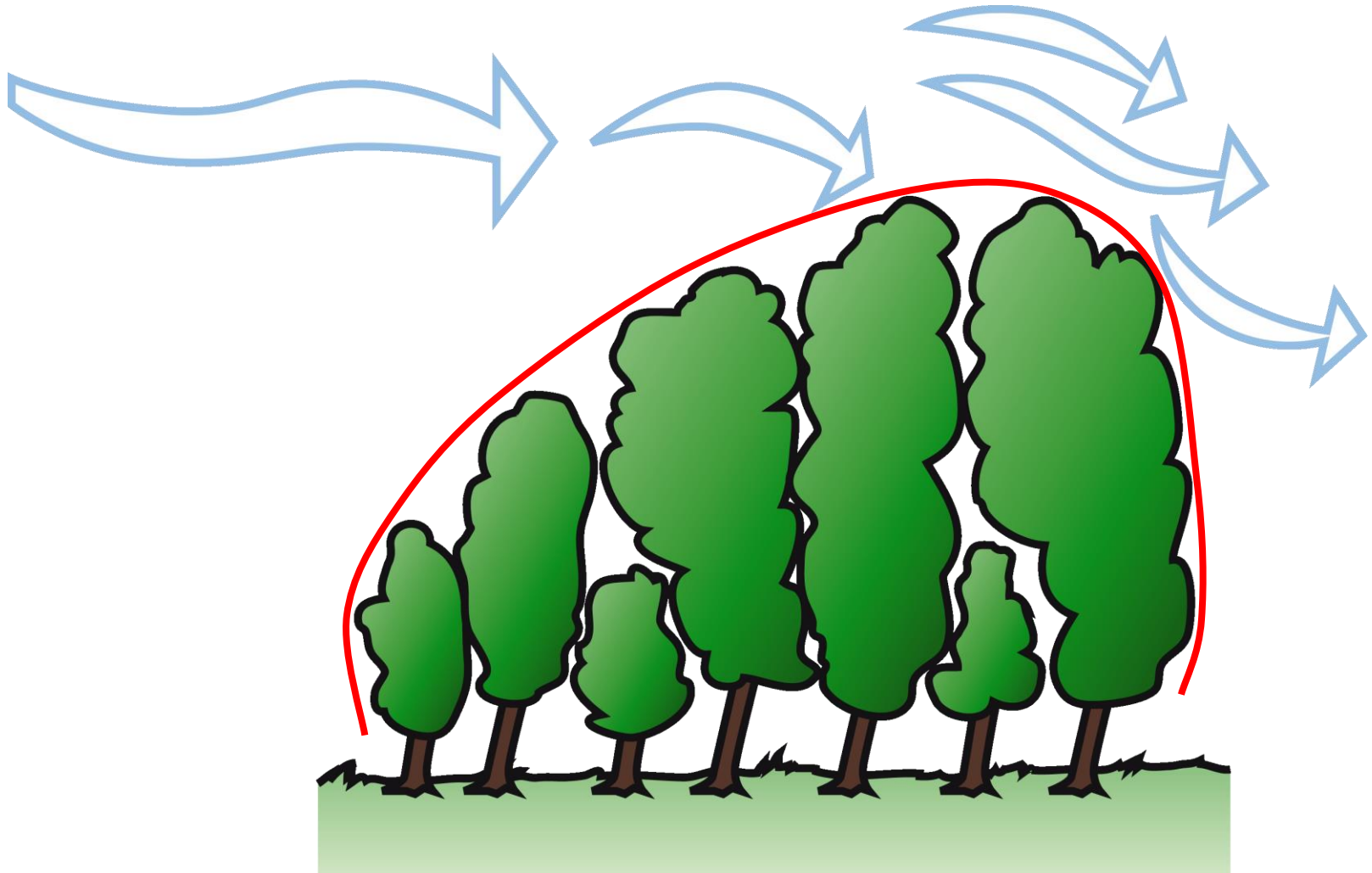
Exposition

Schutz in der Baumkrone



Exposition

Schutz in einer Baumgruppe



Parameter der Windlastabschätzung

Exposition

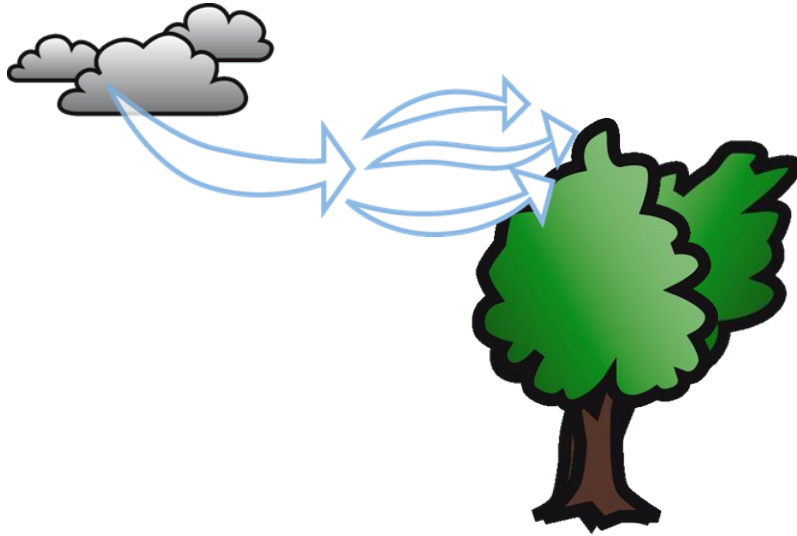
- Klimatische Faktoren
- lokale Standortbedingungen
- individuelle Abschirmung oder Mehrbelastung

Windeinzugsfläche

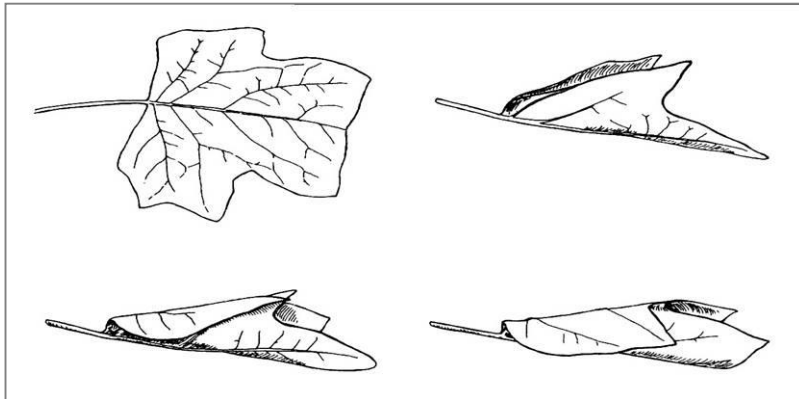
- Größe der Kronenfläche
- Winddurchlässigkeit
- Asymmetrie im Kronenaufbau



Windeinzugsfläche



Liriodendron tulipifera



Vogel (1998)



Parameter der Windlastabschätzung

Exposition

- Klimatische Faktoren
- lokale Standortbedingungen
- individuelle Abschirmung oder Mehrbelastung

Windeinzugsfläche

- Größe der Kronenfläche
- Winddurchlässigkeit
- Asymmetrie im Kronenaufbau

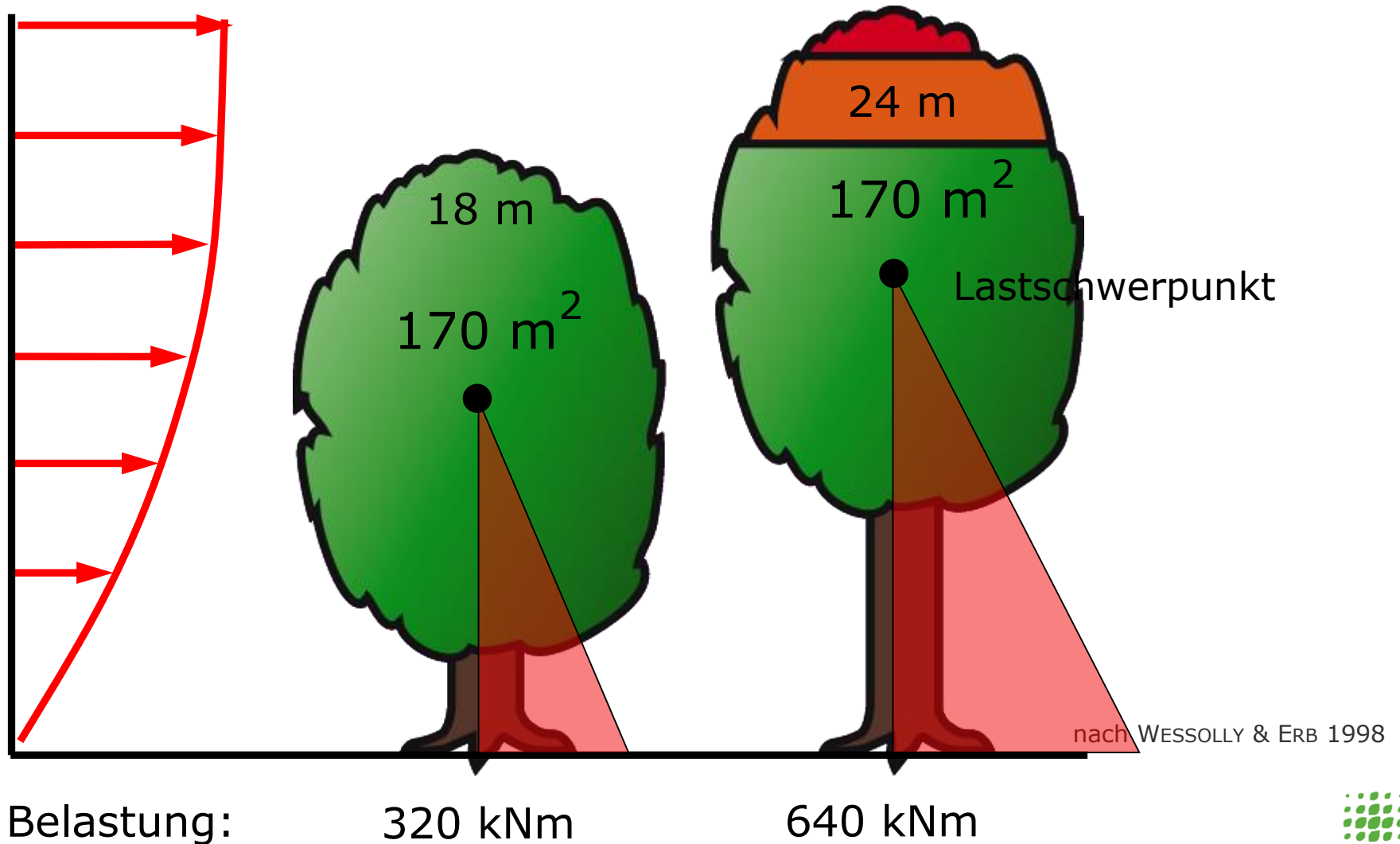
Baumhöhe

- Lage des Lastschwerpunkts
- Windgeschwindigkeit
- Höhe umgebender Strukturen



Baumhöhe

Wuchsform und Hebelkraft



Baumhöhe

Höhe der umgebenden Strukturen



Parameter der Windlastabschätzung

Exposition

- Klimatische Faktoren
- lokale Standortbedingungen
- individuelle Abschirmung oder Mehrbelastung

Windeinzugsfläche

- Größe der Kronenfläche
- Winddurchlässigkeit
- Asymmetrie im Kronenaufbau

Baumhöhe

- Lage des Lastschwerpunkts
- Windgeschwindigkeit
- Höhe umgebender Strukturen

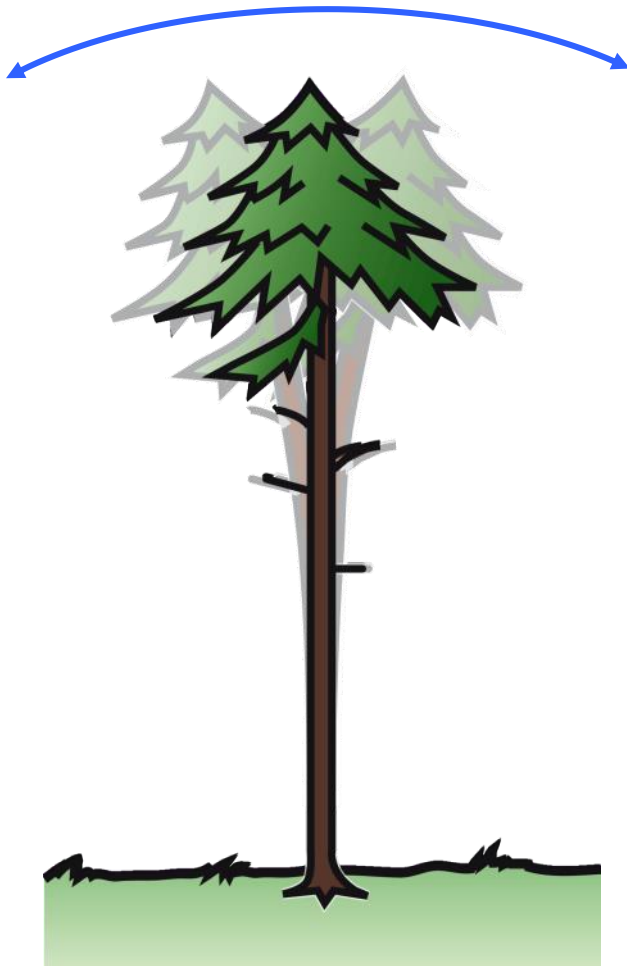
Schwingungswilligkeit

- Dämpfung von Lastspitzen
- Aufschwingen im böigen Wind, Resonanzgefahr
- Spannungsmaxima



Schwingungswilligkeit

Eigenfrequenz und Dämpfung



Gefahrenabschätzung bei Habitatbäumen

Vorgehensweise bei der visuellen Untersuchung

- I: Beurteilung der Kompensationsfähigkeit
- II: Abschätzung der Resttragfähigkeit
- III: Analyse der zu erwartenden Belastung
- IV: Einfache Beurteilungsmethoden und weiterführende Messverfahren



Sicherheitsfaktoren von Bäumen

Tragfähigkeit des Stammes im Vergleich zur Windlast
www.treecalc.com

The screenshot displays the 'treecalc.com' web application interface, which is used for calculating the safety factors of trees. The interface is divided into several sections:

- Eingabe (Input):** This section contains various input fields and sliders for tree parameters. The 'Baumart (bot)' dropdown is set to 'Robinia pseudacacia'. The 'Baumart' dropdown is set to 'Robinia'. The 'Höhe [m]' slider is set to 25. The 'Stamm Ø1 BHD (par.) [cm]' slider is set to 34. The 'Stamm Ø2 BHD (senkr.) [cm]' slider is set to 77. The 'Rindendicke [cm]' slider is set to 2. The 'Windstoßstandsbeiwert' is set to 0.15. The 'Druckfestigkeit [MPa]' is set to 20. The 'angelegter Sicherheitsfaktor' is set to 1.5. The 'Windgeschwindigkeit [m/s]' slider is set to 22.5.
- Kronentyp:** This section shows a 3D model of a tree with a green canopy and a brown trunk.
- Kronenmodifikation:** This section shows a 3D model of a tree with a green canopy and a brown trunk.
- Ergebnisse (Results):** This section displays the calculated results. The 'Grundlastwert' is 1.68. The 'Erforderliche Restwandstärke [cm]' is 20. The 'Querschnitt' is 10% Öffnung - 80% verbleibend. The 'Wind' direction is indicated by a blue arrow. The 'Bruchsicherheit des Stammes' is 1.17. The 'Erforderliche sichelförmige Einbohrung der Baumhöhe um [m]' is 3.5. The 'Reduzierung der Baumhöhe um [%]' is 13.

A central text box with a blue border contains the following information:

PROMO-Code
EZEVL4
gültig für 5 Analysen

Sicherheitsfaktoren von Bäumen

Tragfähigkeit des Stammes im Vergleich zur Windlast
www.treecalc.com



Analyse nur möglich für:

- freiwachsende Bäume, keine Waldbäume oder Gruppen
- Höhlungen im durchgehenden Stamm, nicht an Zwieseln
- zuverlässig nur bis etwa zwei Dritteln der Baumhöhe
- exakte Messung des Durchmessers an der Höhle, der Messebene und der Baumhöhe zwingend erforderlich



Belastungsprofil nach J. Bond

Frage 1



Wie groß ist die Exposition innerhalb der Krone gegenüber hohen Belastungen (Wind und/oder Regen, Schnee)?

Frage 2



Wie groß ist die exponierte Oberfläche, auf die Belastungen einwirken können?

Frage 3



Gibt es sprungartige Änderungen des Durchmessers oder Verjüngungen, die Spannungen erhöhen können?



Belastungsprofil nach J. Bond

Frage 4



Wie lang ist der verstärkend wirksame Hebelarm?

Frage 5



Ist die Krone schlank, ausgedünnt und daher besonders schwingungswillig (excurrente Kronenarchitektur)?

Frage 6



Ist das Material der Baumart besonders brüchig?



Belastungsprofil nach J. Bond

Nachvollziehbare Beurteilungskriterien

neutral: keine besondere Windexposition, mittlere Schwingungswilligkeit

ungünstig: große Windeinzugsfläche, wenig belastbares Material

günstig: keine lokale Verjüngung, geringe Hebelarmlänge

		Exp	Sur	Str	Lvr	Exc	Mat
ID	High		✗				✗
	Medium	✗				✗	
	Low			✗	✗		

KEY	Q1	Actual exposure	Q4	Lever arm length
	Q2	Surface area	Q5	Excurrent architecture
	Q3	Stress raiser severity	Q6	Material weakness

aus Bond (2010)





Wir bedanken uns für Ihre Aufmerksamkeit

Dipl.-Ing. Andreas Detter
Brudi & Partner TreeConsult, Gauting
www.tree-consult.org

TREECONSULT
BRUDI & PARTNER

- ✓ Baummanagement
- ✓ Ökologische Bauleitung
- ✓ Gehölzwertermittlung
- ✓ Softwareentwicklung
- ✓ Fortbildung, Seminare
- ✓ Forschung

öbuv Sachverständige für Baumpflege
bestellt von der IHK f. München u. Oberbayern