

Quellenweg 5 5616 Meisterschwanden
+41 79 426 94 95 info@arboreus.ch

Gemeinde Freienwil
Schulstrasse 2
5423 Freienwil

Meisterschwanden, 24.3.2021

Statikexpertise

Objekt	Baumreihe Schulstrasse Freienwil
Standort	Schulstrasse Freienwil

Grundlage Wurzelkappungen: Baumassnahmen Parkplatzkonzept Freienwil
Besprechung und Besichtigung vom 22.2.2021
Schalltomographie / Statikmessung vom 24.3.2021

Ausgangslage

Im Zusammenhang mit den Grabarbeiten im Wurzelbereich der Rosskastanie Nr. 003, wurden im statisch relevanten Bereich des Baumes massive Wurzelbeschädigungen verursacht.

Vorgehen / Untersuchungsmethode

Die Rosskastanie wird, soweit im laublosen Zustand möglich, visuell beurteilt.

Am Stammfuss wird eine Schalltomographie gemacht. Richtung NNW und SO werden zur Messung der Standsicherheit je ein Zugversuch vorgenommen.

Situation



Wurzelkappungen bis an den Baumstumpf (Bild 22.2.2021)

Inhalt

Die Aufnahmen und Dokumentationen sind wie folgt unterteilt:

	Seiten		Seiten
1. Baum - ID / Bild	3	Darstellung vis. Kroneneinkürzung	14
Aufnahmen vom 24.3.2021		Baumstandort	15
2. Baumdaten	3	Empfehlung	16
Bilddokumentation	4		
Zusammenfassung	5-8		
Schalltomographie	9		
Lastanalyse & Statikmessung	10-13		

Beilage: Untersuchungsmethoden

Literaturhinweise

1. gefs003 Roskastanie-Aesculus hippocastanum



2. Baumdaten

Aufnahme vom **24.3.2021**

Stammumf.	cm	138				<i>1 m ab Boden</i>		Wurzelraum Wurzelraum / Abdeckung Wurzelraum / Bewuchs	Baumscheibe Randabschluss Verbundsteinbelag kein Bewuchs
Höhe	m	10							
Kronen Radius	m	4 N	5 S	4.5 W	4 O				
Kronen Ø	m	9	N-S	8.5	W-O				
Bedeutung	Baumreihe							Lage / Richtung / Jahr /Stärke / Anzahl	
Realisierte Eingriffe	Wurzelkappung Kronenschnitt							2021 Div	
Biotische Schäden	Keine sichtbaren biotischen Schäden								
Abiotische Schäden	Keine sichtbaren abiotischen Schäden								
Baumstatik	4=starke Gefährdung				Standsicherheit gefährdet				
Weitere Beobachtungen	Baumschutz-Sofortmassnahmen 2021.								

3. Bilddokumentation

gefs.003

Roskastanie-Aesculus hippocastanum



Abb. 001

Sichtbare Wurzelbeschädigung Richtung Süden/Südosten

gefs.003

Roskastanie-Aesculus hippocastanum



Abb. 002

Sichtbare Wurzelbeschädigung Richtung Westen

4. Zusammenfassung

4.1 Gesamtzustand

Bei der Beurteilung des Gesamtzustandes muss zwischen der Wachstumsphase (Vitalität) und der Schadstufe (Mechanische Schäden, Pilz- und Schädlingsbefall etc.) unterschieden werden.

4.1.1 Wachstumsphase

Die Wachstumsphasen bei Bäumen werden nach Roloff in vier Lebenszyklen eingeteilt und haben nicht direkt mit einer Schädigung zu tun. In welcher Wachstumsphase sich der jeweilige Baum befindet, steht auch im Zusammenhang mit der Standortsituation. Bäume in engen Baumscheiben oder in stark versiegelten Böden erreichen die letzte Lebensphase schneller, als Bäume mit optimalen Bedingungen.

Die Wachstumsphase kann aufgrund des starken Schnittes und der Reaktion mit Sekundärwachstum nicht abschliessend beurteilt werden. Aufgrund des Triebwachstums und des Kronenbildes, hinterlässt der Baum einen vitalen Eindruck. Durch die minimale Baumscheibe, ist die Rosskastanie in Relation zu ihrem Alter langsam gewachsen.

4.1.2 Schädigung

Durch die Wurzelkappungen wurde der Baum stark geschädigt. Wurzelkappungen im statisch wirksamen Wurzelbereich haben eine sofortige Auswirkung auf die Standsicherheit. Kürzliche Verletzungen, ausserhalb des statisch wirksamen Wurzelbereiches, haben beim Zugversuch keine Auswirkungen.

Ältere Schädigungen des Baumes sind keine sichtbar.

4.2 Schalltomographie

Bei der Schalltomographie werden im Baumstamm vom intakten Holz losgelöste Zonen wie Höhlungen, Risse, Nasskerne und von Pilzen zersetzte Bereiche, sichtbar gemacht.

4.2.1 Ergebnis

Das Ergebnis der Schalltomographie ergibt im Stammfuss intaktes, zusammenhängendes Holz. Ältere Verletzungen an den Wurzeln wären mit grosser Wahrscheinlichkeit hier sichtbar.

Grün: intaktes, zusammenhängendes Holz –tragfähig. Gelb: Abschottungs- / Übergangszonen / Nasskern –bedingt tragfähig. Rot: Faulstellen oder losgelöste Bereiche –keine Tragfähigkeit.

4.3 Statikmessung

Als Grundlage für die Beurteilung der Bruchsicherheit wird die Grundsicherheit des Baumes ermittelt.

4.3.1 Grundsicherheit

Die Grundsicherheit wird anhand der folgenden Parameter berechnet: Die Baumhöhe/Kronenfläche (Lastanalyse) im Verhältnis zum Stammdurchmesser bei Windstärke 12 (Orkan) ergibt den Grundsicherheitswert.

Beim Ergebnis der Grundsicherheitsberechnung handelt es sich um einen tendenziellen Wert.

4.3.1.1 Ergebnis Grundsicherheit

Die rechnerische Grundsicherheit für einen vollholzigen Stammquerschnitt beträgt Richtung NNW 125% und Richtung SO 111%. Die unterschiedlichen Ergebnisse sind auf die unregelmässige Stammform zurück zu führen.

Die Grundsicherheit ist in beide Zugrichtungen ungenügend. Für die Wiederherstellung der notwendigen Grundsicherheit (150%), muss die Baumkrone in der Höhe und Ausladung reduziert werden.

4.3.2 Zugversuche

Bei der Statikmessung (Zugversuch/Lastanalyse) wird eine zuvor definierte Windlast simuliert und mit Hilfe des Zugversuches in den Stamm eingeleitet. Bei dieser Messmethode wird der Baum in seiner Gesamtheit (Baumart, Grösse, Faulstellen etc.) und die Baumumgebung (Topographie, voraussichtliche Windlast etc.) miteinbezogen.

4.3.2.1 Messung Nr. 01 Zugrichtung NNW

Die berechnete Standsicherheit ist mit 121% ungenügend. Benötigt wird an diesem Standort, bei Windstärke 12 (Orkan), mindestens 150%. Die grössten Wurzelverletzungen und -verluste der Rosskastanie waren in Richtung Westen bis Südosten.

Beim Zug in Richtung NNW zeigt der niedrige Wert deutlich, die schwache Verankerung im Bereich der Wurzelschädigungen.

4.3.2.2 Messung Nr. 02 Zugrichtung SO

Die berechnete Standsicherheit ist mit 172% genügend. Benötigt wird an diesem Standort, bei Windstärke 12 (Orkan), mindestens 150%.

4.4. Fazit

4.4.1. Auswirkungen der Wurzelverletzungen

Die Ergebnisse der Zugversuche zeigen bereits die aktuelle Auswirkung der Wurzelverluste auf die Baumstatik der Rosskastanie.

Was sich erst im Laufe der Jahre zeigen wird ist, ob und wie stark sich durch die Schädigungen ein Pilzbefall ausbreiten kann. Wurzelschädigungen sind Eintrittspforten für verschiedene Pilze (z.B. Brandkrustenpilz, Hallimasch), die erst im Laufe der Jahre sichtbar werden und sich auch auf die Standsicherheit auswirken.

Ausserdem wird durch den Wurzelverlust die Wasserversorgung des Baumes beeinträchtigt, was ihn wiederum anfälliger für Schädlinge macht.

Mit dem Nachschneiden der Wurzeln und der Zugabe von Baums substrat wurde die Rosskastanie darin unterstützt, ihr Feinwurzelsystem wieder aus zu bilden.

Auch die Vergrösserung der Baumscheibe wird sich positiv auswirken.

Die Schalltomographie zeigt den aktuellen Stammzustand. Sie kann als Referenz dienen, um zukünftige Veränderungen im Holzzustand zu erkennen.

4.4.2 Wiederherstellung der Standsicherheit

Um die Standsicherheit wieder her zu stellen, sollte der Baum in der Höhe ca.100cm reduziert und die restliche Krone angepasst werden. Mit dem auf der Abb. 09 schematisch dargestellten Schnitt, kann die Standsicherheit auf 159% erhöht werden.

Zukünftig sollte die Rosskastanie nicht mehr höher werden.

4.5. Empfehlung

Wir empfehlen für die Rosskastanie die aufgeführten Massnahmen (s.S.16) aus zu führen. Sie sollte auf jeden Fall auch zukünftig weiterhin kontrolliert werden (siehe Empfehlung).

4.6 Abschliessender Kommentar

Generell möchten wir darauf hinweisen, dass auch die anderen Bäume der Allee durch die Grabarbeiten beeinträchtigt wurden und in Bezug auf Veränderungen beobachtet werden sollten.

Die Grabarbeiten für die Elektroleitungen zwischen den Bäumen Nr. 002 und 003 konnten von uns, entgegen den Abmachungen, nicht begleitet werden. Daher können wir über zusätzlich entstandene Schäden keine Aussage machen.

Für allfällige Fragen oder für eine Besprechung, stehen wir selbstverständlich gerne zur Verfügung.

arboreus.ch

Guido Wagner



Baumsachverständiger /

Baumpflegespezialist eidg. Fachausweis

Schalltomographie

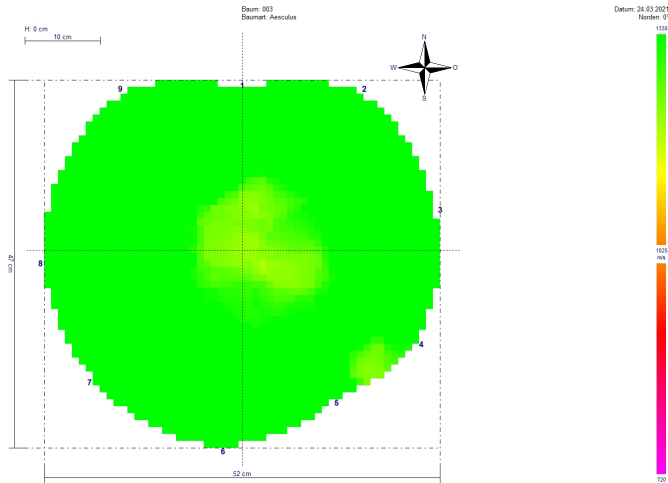
gefs.003 Rosskastanie-Aesculus hippocastanum



Mess Nr.	Messhöhe cm	Beschreibung
1	10	Abb. 003 Lage Messung

gefs.003 Rosskastanie-Aesculus hippocastanum

Projekt: Schulstrasse
Ort: Freienwil



Mess Nr.	Messhöhe cm	Beschreibung
1	10	Abb. 004 Ergebnis Schalltomographie Grün: intaktes, zusammenhängendes Holz – tragfähig.

Hinweis

Um Missverständnisse zu vermeiden, muss bei der Interpretation der Schalltomographie folgendes berücksichtigt werden: Fäulnis, Höhlungen, Risse oder losgelöste Zonen sind im Tomogramm praktisch nicht zu unterscheiden, haben aber die selbe Auswirkung auf die Tragfähigkeit des Holzes im gemessenen Bereich. Es kann durchaus sein, dass bei einer Fällung der gemessene Holzschnitt optisch mit dem Tomogramm nicht identisch ist.

Zugversuch 01 - NNW

Baum Nr. gefs003

Abb. 05

Messprotokoll 01



Projekt: Schulstrasse_Freienwil

Baum Nr. 003

Report Nr. 133.2021

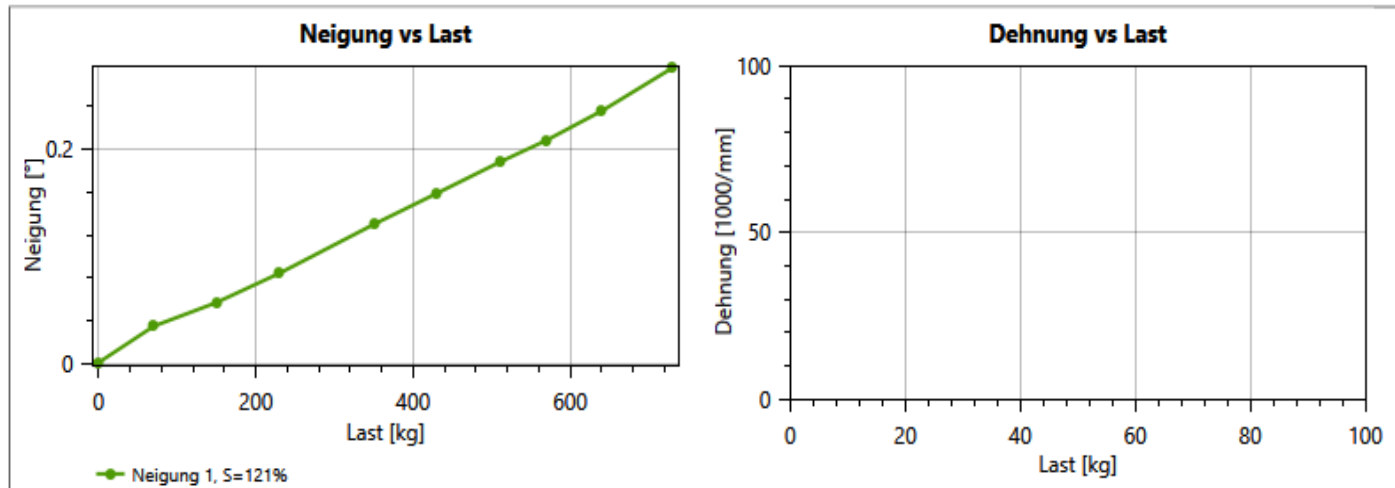
Datum: 24.03.2021

Gutachter: Guido Wagner

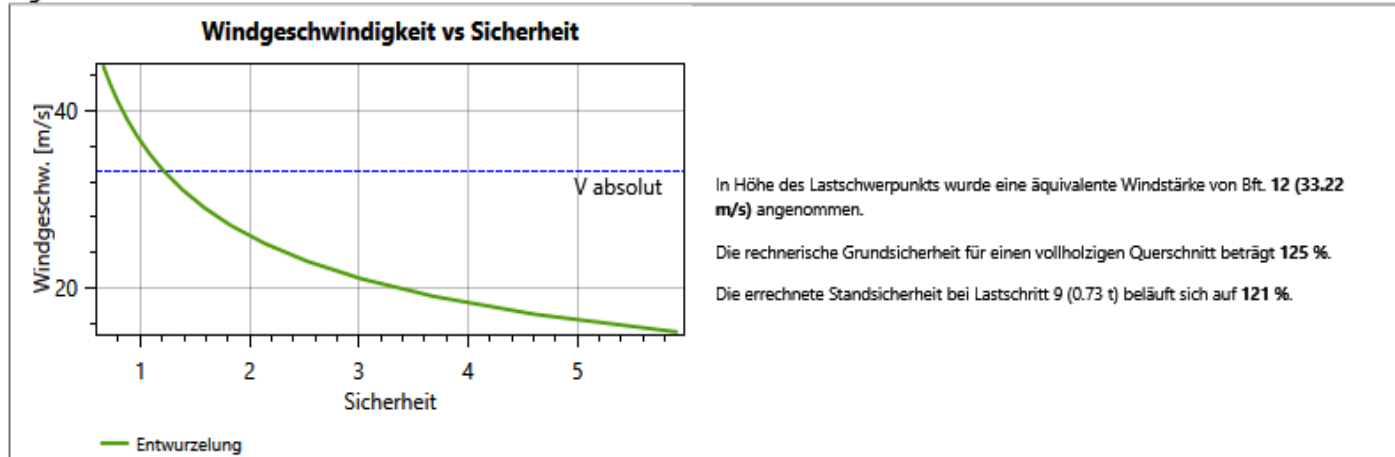


Ort:	Kleinstadt	Baumhöhe:	10 m
Geländefaktor alpha:	0.2	Durchmesser Stamm:	41 cm (1 cm Rinde, 1 m)
Bodengrenzschicht:	305 m	Kronenfläche:	51 m ²
Art:	Aesculus hippocastanum	Vwind effektiv LS:	33.22 m/s
Festigkeit:	1.4 kN/cm ²	Böenfaktor:	1.5
Elastizitätsgrenze:	0.27 %	Frequenzfaktor:	1.3
Cw Wert:	0.35	Luftdruck:	1000 mb
Lastschwerpunkt:	6.4 m	Lufttemperatur:	12 °C
Höhe Lasteinleitung:	5.4 m	Luftdichte:	1.22 kg/m ³
Ankerpunkt Distanz:	17 m	Windmoment:	75.56 kNm
Ankerpunkt Höhenkorrr.:	0 m		

Messwerte



Ergebnis



Lage Sensoren

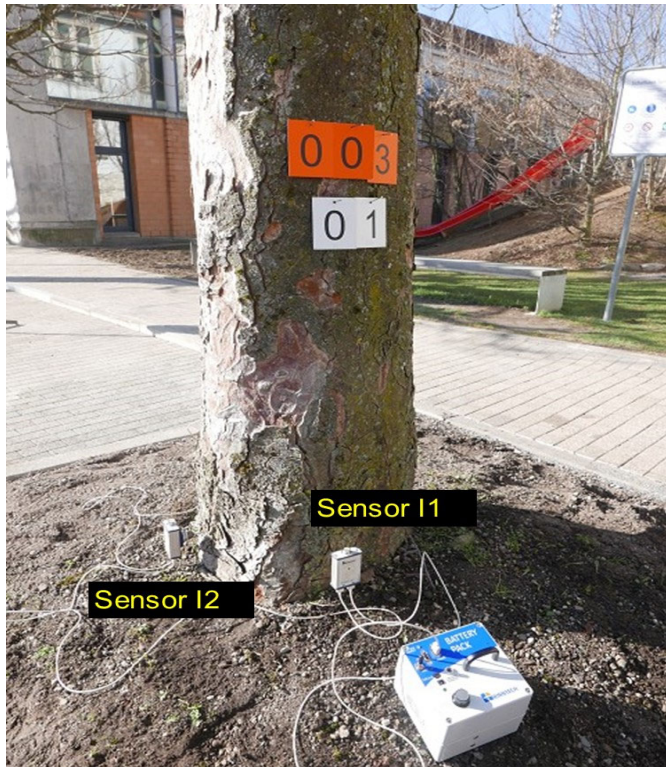


Abb. 06
Lage Winkelsensoren

Zugversuch 02 - SO

Baum Nr. gefs003

Abb. 07

Messprotokoll




Projekt: Schulstrasse_Freienwil

Baum Nr. 003

Report Nr. 134.2021

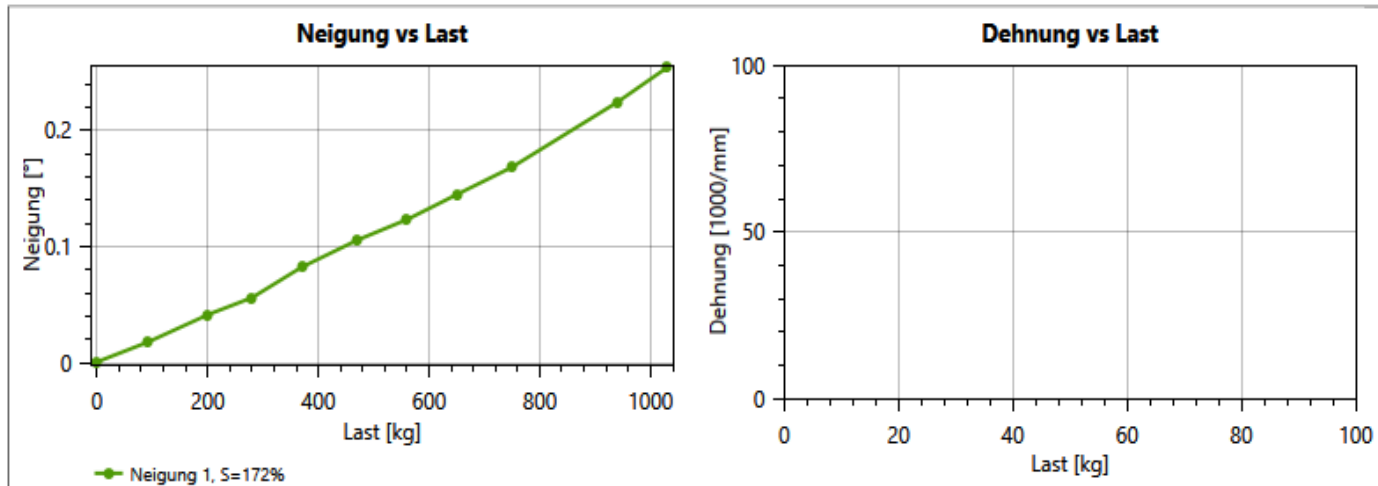
Datum: 24.03.2021

Gutachter: Guido Wagner

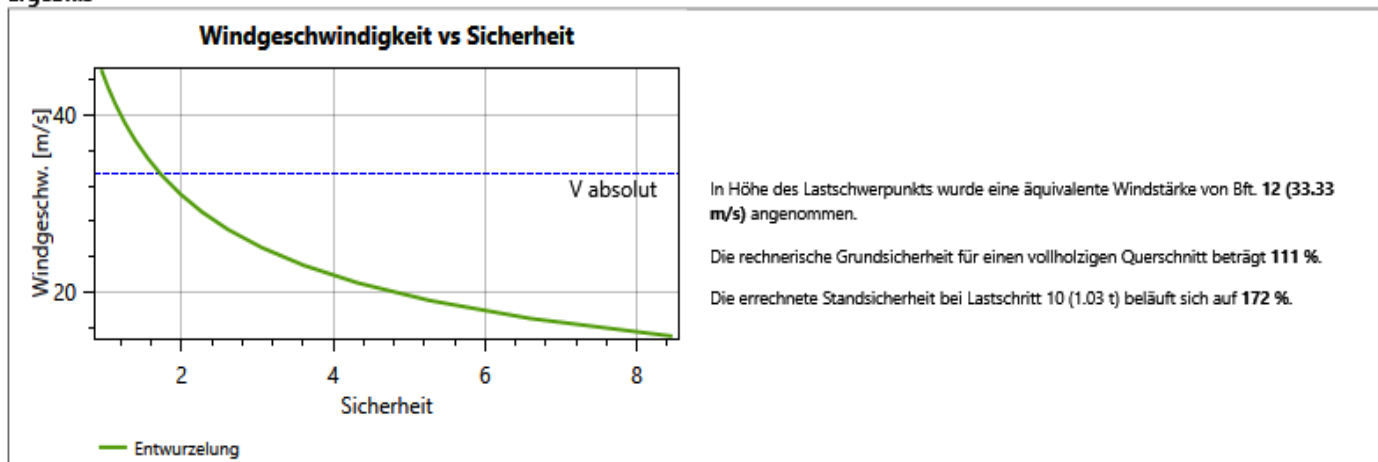


Ort:	Kleinstadt	Baumhöhe:	10 m
Geländefaktor alpha:	0.2	Durchmesser Stamm:	40 cm (1 cm Rinde, 1 m)
Bodengrenzschicht:	305 m	Kronenfläche:	52 m ²
Art:	Aesculus hippocastanum	Vwind effektiv LS:	33.33 m/s
Festigkeit:	1.4 kN/cm ²	Böenfaktor:	1.5
Elastizitätsgrenze:	0.27 %	Frequenzfaktor:	1.3
Cw Wert:	0.35	Luftdruck:	1000 mb
Lastschwerpunkt:	6.5 m	Lufttemperatur:	12 °C
Höhe Lasteinleitung:	5.4 m	Luftdichte:	1.22 kg/m ³
Ankerpunkt Distanz:	14 m	Windmoment:	78.73 kNm
Ankerpunkt Höhenkorr.:	0 m		

Messwerte



Ergebnis



Lage Sensoren

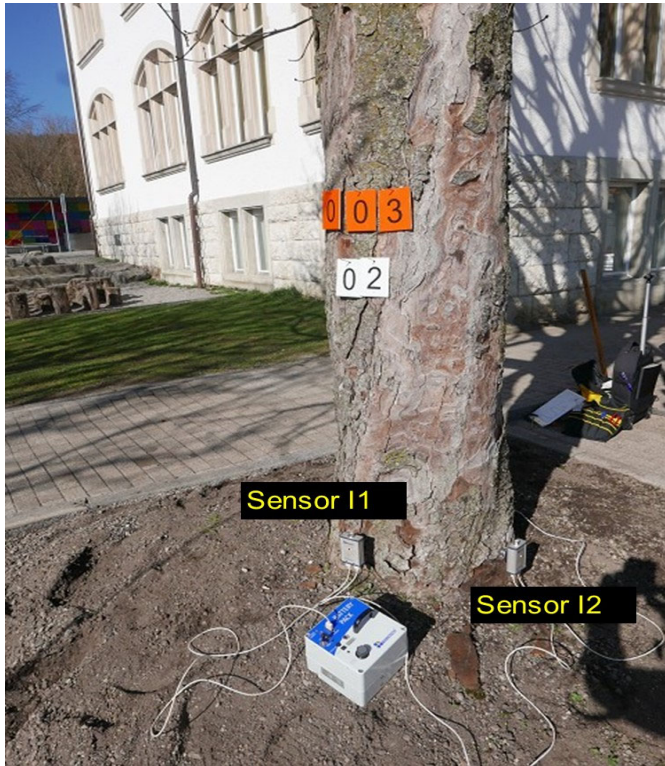
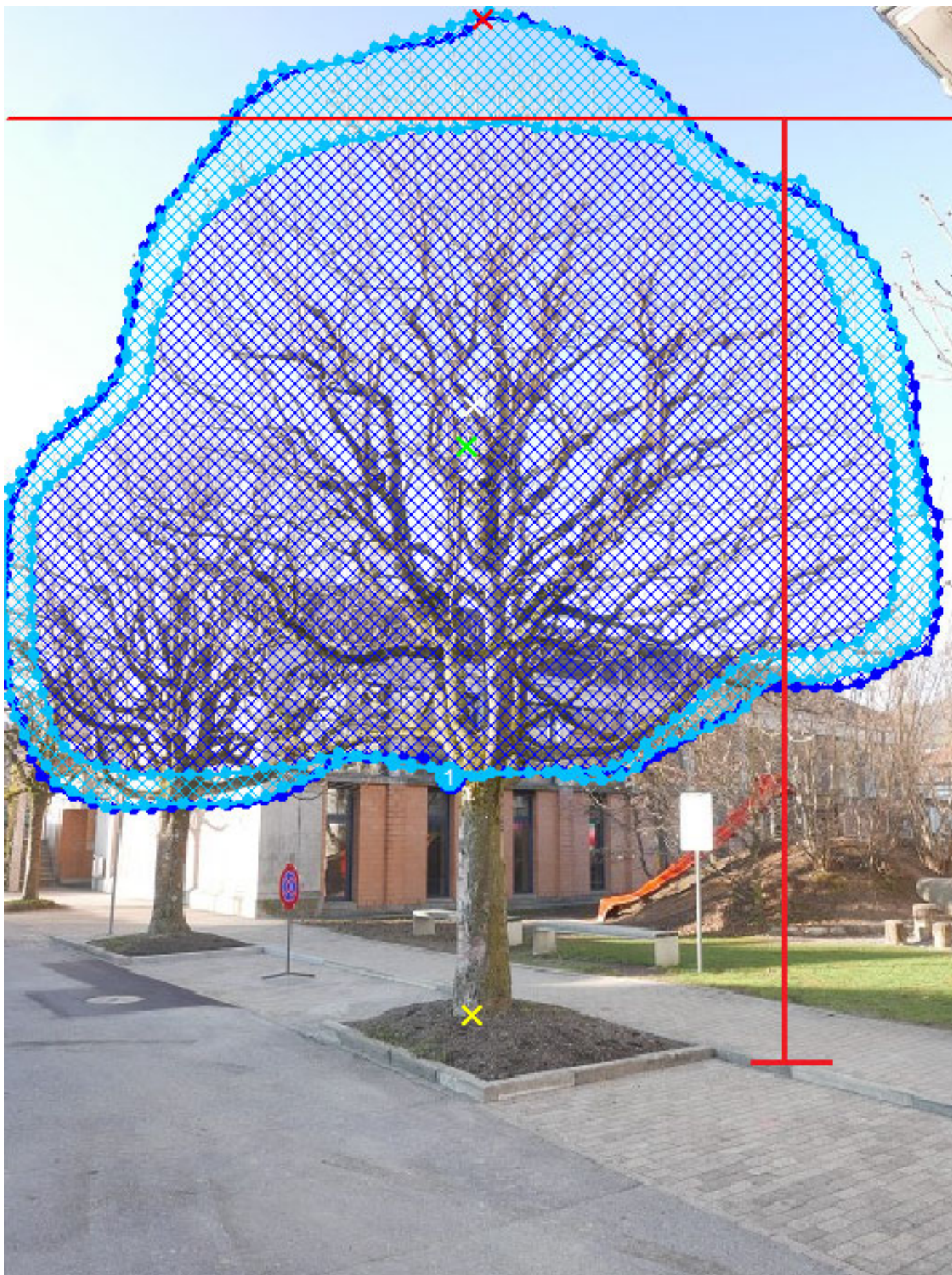


Abb. 08

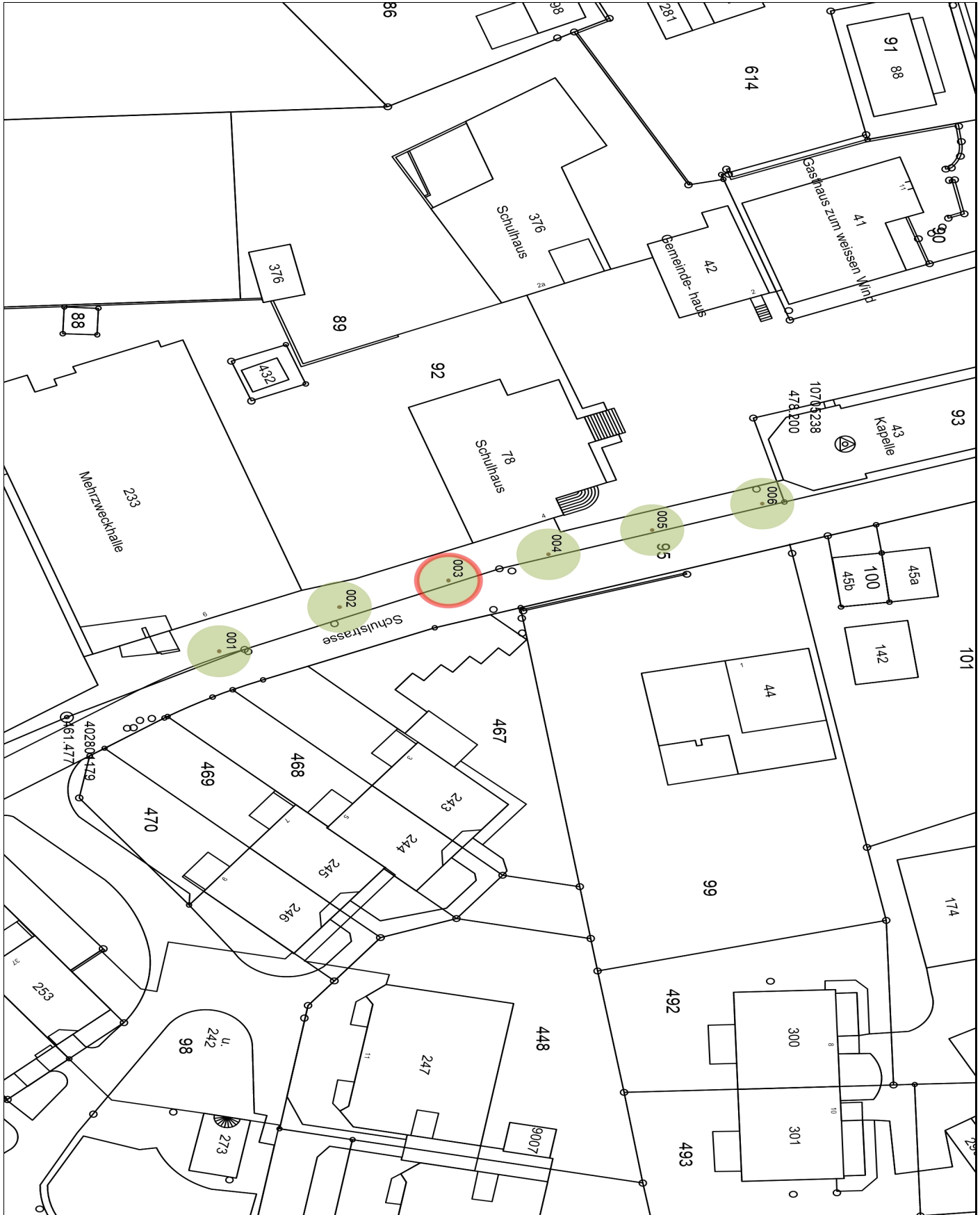
Lage Winkelsensoren

Darstellung vis. Kroneneinkürzung



Beschreibung Abb. 09 Kroneneinkürzung Höhe 1m - Krone seitlich anpassen. Baumhöhe neu 9m

Baumstandort



Empfehlung gestützt auf die Begutachtung vom 24.3.2021
(Massnahmenjournal)

gefs.003 Rosskastanie-Aesculus hippocastanum

Jahr	Priorität	Massnahme	Intervall Jahre	Erledigt	Bemerkungen
2021	1	Kronenreduktionsschnitt	2	<input type="checkbox"/>	<u>Gemäss Statikmessung 2021</u> <u>Baumhöhe nach dem Schnitt 9m</u>
2025	1	Baumkontrolle	0	<input type="checkbox"/>	<u>Schalltomographie Stammfuss</u>

Untersuchungsmethoden

Folgende Untersuchungsmethoden verwenden wir bei Begutachtungen von Bäumen vor Ort:

Visuelle Beurteilung

Basis einer jeden Untersuchung von Bäumen ist die visuelle Zustandsbeurteilung. Hierbei wird neben der biologischen Leistungsfähigkeit die mechanische Festigkeit des Baumes anhand biomechanischer Merkmale beurteilt. Die Grundlagen dieses Verfahrens wurden von Claus Mattheck entwickelt und sind unter dem Namen VTA (Visual Tree Assessment) in der Rechtsprechung anerkannt. Anhand von optisch erkennbaren Veränderungen der Baumgestalt lassen sich demnach Rückschlüsse auf mögliche Defekte erheben. Im Zweifel über die mechanische Relevanz ist der Einsatz von verschiedenen Messverfahren im Rahmen einer technischen Untersuchung unumgänglich.

Der unterirdische Teil, die Wurzelausbreitung und deren Zustand, insbesondere der mechanische Verbund der statisch wirksamen Wurzeln mit dem Boden (= Standsicherheit), lässt sich visuell nicht erfassen. Bei begründeten Bedenken kann ein Zugversuch durchgeführt werden. Dabei wird eine Zuglast in den Baum eingebracht und das Kippverhalten geprüft.

Technische Untersuchungen

Die reine Abschätzung der statischen und mechanischen Situation von Bäumen anhand einer visuellen Beurteilung bei nicht eindeutigen Befunden erfüllt heute nicht mehr die Anforderungen zur objektiven Beurteilung von Bäumen. Durch die stetige Weiterentwicklung diagnostischer, technischer Verfahren können Defekte aber sehr gut bewertet werden. Jede Untersuchungsmethode hat ein eigenes Einsatzspektrum und lässt nur bestimmte Diagnosen zu. Daher ist es in vielen Fällen notwendig, aufeinander aufbauend mehrere Untersuchungsmethoden zu verwenden, um eine gutachterliche Aussage über den Ist-Zustand eines Baumes und dessen Zukunftsprognose tätigen zu können.

Bruchfestigkeitsuntersuchung über Zugversuche (Elastomethode nach Wessoly)

Bruchsicherheitsabschätzungen von tragenden Baumteilen können über das Feststellen der tragfähigen Restwandstärken erfolgen. Aber auch über das Dehnungsverhalten der Holzrandfaser bei Lastbeaufschlagung können recht genaue Erkenntnisse über die Bruchfestigkeit der untersuchten Bäume gewonnen werden.

Im Stuttgarter Festigkeitskatalog ist die Grenzdehnung für grünes Holz bestimmter Baumarten empirisch erfasst. Die bei der Zugbelastung erreichte Randfaserdehnung (max. ca. 40 %) wird unter Berücksichtigung der eingebrachten Prüflast bis zur max. Windlast hochgerechnet. Daraus ergibt sich ein Sicherheitsfaktor. Ein vollholziger, zylindrischer oder konischer Rundstab (z.B. Stamm) mit definierten Ausmaßen, welcher am Fußpunkt befestigt ist (z.B. Wurzel), wird oben (z.B. in der Krone) mit einer Last (F) beaufschlagt. Dadurch biegt sich der Rundstab und die Randfasern werden auf Zug, gegenüber auf Druck belastet, am Fußpunkt am stärksten (Dehnung/Stauchung am größten, Hebelarm), nach oben immer weniger. Will man eine gleichmäßige Spannungsverteilung (Dehnung/Stauchung) über die gesamte Länge des Rundstabes erreichen, muss dieser entweder konisch sein (unten breiter wie oben, Quantitätsoptimierung), oder unten bessere Holzqualitätswerte besitzen (Qualitätsoptimierung). In diesem Fall könnte der Rundstab seine zylindrische Form behalten, eine gleichmäßige Spannungsverteilung würde über die ansteigende Holzqualität garantiert.

Bei Zugversuchen werden hochsensible Sensoren verwendet. Die Zuglasten und Sensorwerte werden aufgezeichnet und im Nachgang ausgewertet. Für die Erfassung der Kronenfläche und des dazugehörigen Flächenschwerpunktes wird das Rechenprogramm ARWIL0 verwendet, die baumstatischen Berechnungen erfolgen auf Berechnungsgrundlagen der Methode WESSOLLY über das vom Sachverständigenbüro Siegert entwickelte Rechenprogramm TSE (Tree Stability Evaluation).

Standfestigkeitsuntersuchung über Zugversuche (Inclinomethode nach Wessoly)

Neben der Schwerkraft muss der Baum Windlasten widerstehen, welche über die Krone in den Stamm und die Wurzel in den Boden abgetragen werden.

Die Bruchsicherheit der überirdisch liegenden Baumteile kann mit den Standardmessverfahren / -messgeräten (z.B. Resistograph, Schall- bzw. Elektrotomographen, etc.) gut überprüft und beurteilt werden. Die Verankerungssicherheit der Wurzel mit dem Boden kann mit den vorgenannten Messsystemen aber nur sehr eingeschränkt und mit hohen Unsicherheiten abgeschätzt werden.

Der Zugversuch dagegen ermittelt die Verankerungssicherheit indirekt über exogen eingebrachte Lasten, welche die Baumstrukturen ähnlich zu statischen Windkräften belasten. Die dabei festgestellten Messwerte werden zu Sicherheitsaussagen verrechnet.

Der zu untersuchende Baum wird mit bis zu ca. 50 % seiner möglichen Verankerungsfestigkeit über eine Zugeinrichtung belastet. Hierbei biegt sich der Baumstamm, der Wurzelstock neigt sich, kippt um einen bestimmten Winkel. Dieser wird meist mittels zwei, auch in unterschiedlichen Höhen platzierten, hochauflösenden 1- und/oder 2-Wege- Kippwinkelsensoren ($1/1000^\circ$) aufgezeichnet.

Aus dem aufgenommenen Kippwinkel und der dazu benötigten Zuglast kann das Kippmoment des Baumes mittels der verallgemeinerten Kippkurve errechnet werden. Bringt man dieses Kippmoment ins Verhältnis mit dem berechneten Windmoment, lässt sich so der Sicherheitswert eines Baumes bestimmen.

Bohrwiderstandsmessung

Mittels eines speziellen, elektronisch arbeitenden Bohrgerätes wird eine 3 mm dicke und 40 cm lange Bohrnadel in den Holzkörper gebohrt. Über einen hochauflösenden Messwandler werden die Bohrkräfte graphisch aufgezeichnet. Die Messkurve zeigt den Dichteverlauf des Holzkörpers in Messrichtung an der jeweiligen Messstelle (punktuelle Messung). Der Dichteverlauf im Messprofil entspricht weitgehend den Holzfestigkeitswerten an der Prüfstelle, besondere Bedingungen sind allerdings zu berücksichtigen (z.B. Holzerzersetzungsmuster). Um die räumliche Situation besser abschätzen zu können, sind ggf. mehrere Messungen notwendig.

Die Bohrwiderstandsmessung untersucht sowohl die Qualität als auch Quantität des Holzkörpers mittels punktueller Messung, mehrere Messungen können eine räumliche Zustandsbeurteilung erlauben. Die Bohrwiderstandsmessung verursacht kleine Holzverletzungen. Daher wird sie nur gezielt, vor allem zur Ermittlung der Restwandstärken eingesetzt.

Arboradix Wurzelortung

Wurzeln leiten in den Boden eingebrachte Schallwellen besser als der umgebende Boden. Über ein Schlaggerät werden Impulse in den Boden eingebracht. Geber- und Nehmersensoren zeichnen Laufzeiten auf. Mit Hilfe spezieller Berechnungssoftware können die Bereiche hoher Laufzeiten (Wurzeln) räumlich dargestellt werden.

Schalltomographie

Die Impulstomographie erzeugt ähnliche Bilder wie der aus der Medizin bekannte Computertomograph. Mittels eingeleiteten Schallwellen wird der Stamm in einer oder mehreren Ebenen untersucht. Mit hochauflösenden Impulslaufzeitdetektoren kann durch Veränderungen der Laufzeitgeschwindigkeiten ein hochauflösendes Flächentomogramm, bei Mehrschichtmessungen ein 3 D-Tomogramm erzeugt werden. Aufgrund der hohen Anzahl der gleichzeitig verwendeten Messsensoren ergibt sich ein dichtes Impulslaufgitter, was eine gute Darstellung der inneren Zustände des Baumes erlaubt. Außergewöhnliche holzanatomische Verhältnisse/Feuchtigkeitsverteilungen ergeben Zustandsbilder, welche unter Umständen nicht sicher zu interpretieren sind. Zur Absicherung der Diagnose ist der Einsatz ergänzender Untersuchungstechniken, z.B. die Bohrwiderstandsmessung, sinnvoll.

Literaturhinweise

- Balder, H. (1998): *Die Wurzeln der Stadtbäume. Ein Handbuch zum vorbeugenden und nachsorgenden Wurzelschutz.* Ulmer Verlag
- Bernatzky, A. (1988): *Baumchirurgie und Baumpflege,* Thalacker Verlag
- Braun H.J. (1988): *Bau und Leben der Bäume,* Verlag Rombach, Freiburg
- DIN 18920:2014-07: *Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen*
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1999): *Richtlinien für die Anlage von Straßen - Teil: Landschaftspflege, Abschnitt 4: Schutz von Bäumen, Vegetationsbeständen und Tieren bei Baumaßnahmen (RAS-LP 4)*
- Forschungsgesellschaft Landschaftsbau Landschaftsentwicklung e.V. (2006): *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Baumpflege (ZTV)*
- Forschungsgesellschaft Landschaftsbau Landschaftsentwicklung e.V. (2010): *Baumkontrollrichtlinien, Richtlinien für Regelkontrollen zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen*
- Heinrich O.B. (2009): *Handbuch der Baugrunderkennung,* Vieweg und Taubner Verlag
- Hölting B., Coldeway, G. (2009): *Hydrogeologie,*
- Höster, H.R. (1993): *Baumpflege und Baumschutz, Grundlagen, Diagnosen, Met*
- Jahn, H., Reinartz H., Schlag, M. (2005): *Pilze an Bäumen: Saprophyten und Parasiten, die an Holz wachsen,* Patzer Verlag
- KA 5, *Bodenkundliche Kartieranleitung, Hannover 2005, Bundesanstalt f. Geowissenschaften und Rohstoffe*
- Konijnendijk, u.a. (2005): *Urban Forests and Trees,* Springer Verlag
- Köstler/Brückner/Bibelriether (1968): *Die Wurzeln der Waldbäume: Untersuchungen zur Morphologie der Waldbäume in Mitteleuropa,* Parey Verlag
- Lyr H. u.a. (1992): *Physiologie und Ökologie der Gehölze,* Gustav Fischer Verlag
- Mattheck C. (1997): *Design in der Natur, 3. Auflage,* Rombach Verlag
- Mattheck C. (2003): *Warum alles kaputt geht,* Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
- Mattheck, C., Bethge, K., Weber, K. (2014): *Die Körpersprache der Bäume: Enzyklopädie des Visual Tree Assessment,* Karlsruher Institut für Technologie
- M.P. Cutts/J.Grace (1995): *Wind and Trees,* Cambridge-University Press
- Nielsen, C.N. (1990): *Einflüsse von Pflanzabstand und Stammhaltung auf Wurzelform, Wurzelbiomasse, Verankerung sowie auf die Biomasseverteilung im Hinblick auf die Sturmfestigkeit der Fichte. (Dissertation) Schriften der Forstlichen Fakultät Göttingen*
- Niklas Karl J. (1992): *Plant Biomechanics,* The University of Chicago Press

Rinn, F.: Arwilo-Berechnungsprogramm zur Ermittlung der Kronenfläche/Lastschwerpunktes

Rinn, F., Becker, B., Kromer, B. (1992): Penetration-resistance measurements: density profiles of conifers and deciduous trees. In: T.S. Bartholin, B.E. Berglund, D. Eckstein, F.H. Schweingruber, and O. Eggertsson, eds., Tree Rings and Environment: Proceedings of the International Symposium, Ystad, South Sweden, 3-9 September, 1990. Lundqua Report (Department of Quaternary Geology, Lund University, Sweden) 34: 274-276

Roloff, A. (2001): Baumkronen: Verständnis, Zusammenhänge und Anwendung, Ulmer Verlag

Ruck, B.: Windlast, Laboratorium für Gebäude- und Umweltdynamik, Universität Karlsruhe

Schmidt O. (1994): Holz- und Baupilze, Springer Verlag

Siegert, B. Die Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen im Praxistest, AFZ Der Wald

Wessolly, L. Erb, M. (2014): Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle, Patzer Verlag