Quellenweg 5 5616 Meisterschwanden
+41 566701144 info@arboreus.ch

Pflegi Muri
Nordklosterrain 1
5630 Muri AG

Meisterschwanden, 29.5.2019

Statikgutachten

Objekt **Parkbaum Nr. 042**
Standort **Pflegipark**
Muri

Grundlage Lastanalyse vom 29.5.2019
Zugversuch/Statikmessung vom 29.5.2019

Ausgangslage

Aufgrund der starken Neigung Richtung Süd/Südsüdost bestehen bei den Baumaufnahmen 2016 Bedenken bezüglich der Standsicherheit. Zur Abklärung der Standsicherheit und des Stammzustandes werden eine Schalltomographie und zwei Zugversuche vorgenommen. Die Ergebnisse der Messungen dienen als Entscheidungsgrundlage für das weitere Vorgehen.

Situationsbild



Baum Nr. 042 mit Neigung

Inhalt Statikgutachten

Die Aufnahmen und Dokumentationen sind wie folgt unterteilt:

	Seiten		Seiten
Baum - ID / Bild	3	**Schalltomographie**	7
Baumdaten		**Lastanalyse&Statikmessung**	8,9,10,11
Aufnahmen vom 29.5.2019	3	**Darstellung vis. Kroneneinkürzung**	12,13
Bilddokumentation	4	**Empfehlung**	14
Bilddokumentation	5,6	**Baumnummerierung**	15

pfpa042 Rotbuche-Fagus sylvatica



Baumdaten

Aufnahme vom 29.5.2019

Stammumf.	cm	310	*1 m ab Boden*			**Wurzelraum**	einseitig freies Gelände
Höhe	m	23.6				**Wurzelraum / Abdeckung**	Asphalt
Kronen Radius	m	8.6 **N**	13.1 **S**	9.4 **W**	8.2 **O**	**Wurzelraum / Bewuchs**	Rasen/Unterbepflanzung
Kronen Ø	m	21.7	**N-S**	17.6	**W-O**		

Bedeutung	markanter Gruppenbaum	**Lage / Richtung / Jahr /Stärke / Anzahl**
Realisierte Eingriffe	Kronenverankerung Kronenentlastungsschnitt	1997 div
Biotische Schäden	Keine sichtbaren biotische Schäden	
Abiotische Schäden	Keine sichtbaren abiotische Schäden	

Bilddokumentation

pfpa.042

Rotbuche-Fagus sylvatica

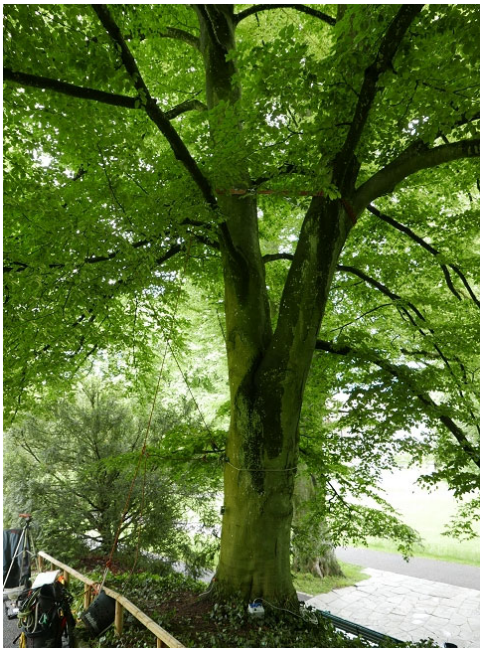


Abb.pfpa042.01

Spitzwinklige Verzweigung mit Kronensicherung

Zusammenfassung

Schalltomographie

Das Ergebnis der Schalltomographie zeigt einen zusammenhängenden, praktisch intakten Stammfuss. Im Kern (gelb) könnte sich eine beginnende, vom intakten Holz losgelöste Zone (Nasskern oder Pilzinfektion) befinden.

Statikmessung Richtung Osten

Grundsicherheit

Die rechnerische Grundsicherheit bei einem intakten Stamm ist mit 338% genügend. Die Standsicherheit bei Windstärke 10 ist mit 116% ungenügend.

Die Bruchsicherheit ist mit 267% genügend. Gemäss L. Wessoly sind bei einem intakten Stamm 150% erforderlich.

Statikmessung Richtung Südwest

Grundsicherheit

Die rechnerische Grundsicherheit bei einem intakten Stamm ist mit 307% genügend.

Die Standsicherheit bei Windstärke 10 ist mit 127% ungenügend.

Die Bruchsicherheit ist mit 387% genügend. Gemäss L. Wessoly sind bei einem intakten Stamm 150% erforderlich.

Baumstatik

Grundlage Windstärke

Normalerweise wird bei einem freistehenden Baum mit Windstärke 12 (34 m/s - Orkan) gerechnet. Steht der Baum in einer Gruppe oder wird er, wie die Nummer 042 im Pflegipark, Richtung Westen durch das Kloster und Richtung Norden/Süden durch einen anderen Baum geschützt, ist die Wahrscheinlichkeit sehr klein, dass die Krone der Windstärke 12 ausgesetzt wird.

Ergebnisse Statikmessungen

Die Standsicherheit ist bei beiden Messungen ungenügend. Würde der Baum mit der selben Wurzelung auf einem freien Feld stehen, wäre er wahrscheinlich bei einem der letzten Orkane, längst entwurzelt worden.

Unklar ist, ob die deutlich verringerte Standsicherheit mit alten Wurzelverletzungen (Bau des Weges) oder dem eher kleinen Wurzelraum Richtung Osten (Böschung) zusammenhängt.

Weiteres Vorgehen

Wenn auch die Wahrscheinlichkeit einer Entwurzelung sehr klein ist, empfehlen wir gemäss der Liste Seite 14 den Kronenschnitt 2019 oder 2020 auszuführen, Das gleiche gilt für die weiteren Massnahmen.

Eine Freistellung durch Fällung der Nachbarbäume muss unbedingt verhindert werden.

Für allfällige Fragen oder für eine Besprechung, stehe ich selbstverständlich gerne zur Verfügung.

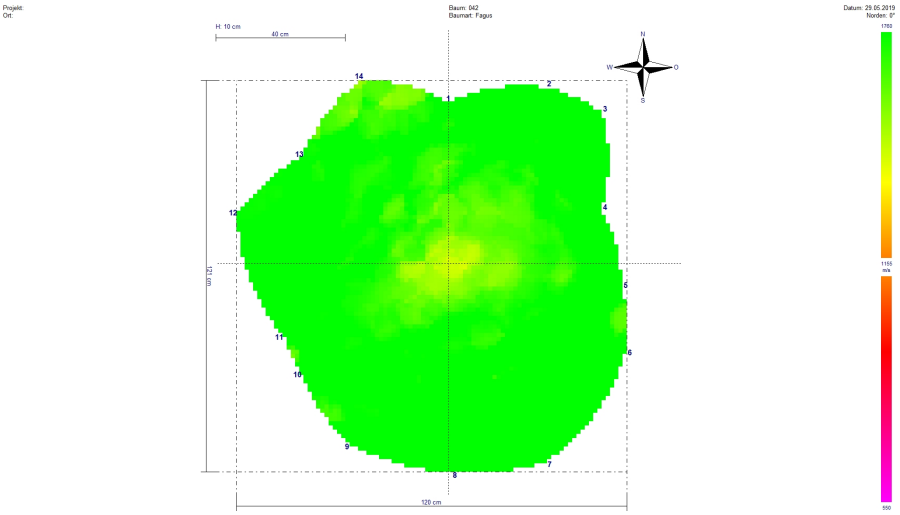
arboreus.ch
Guido Wagner



Baumsachverständiger /
Baumpflegespezialist eidg. Fachausweis

Dokumentation Schalltomographie

pfpa.042 Rotbuche-Fagus sylvatica



Mess Nr.	Messhöhe cm	Beschreibung	Abb.pfpa042.02
1	10		

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

pfpa.042 Rotbuche-Fagus sylvatica



Mess Nr.	Messhöhe cm	Beschreibung	Abb.pfpa042.03
1	10		

Lage Schalltomographie

Hinweis

Um Missverständnisse zu vermeiden, muss bei der Interpretation der Baumtomographie 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.

Dokumentation Dynamische Lastanalyse/Zugversuch

Baum Nr. pfpa042 Abb.pfpa042.04

Messung Nr. 01 - Osten

TSE Tree Stability Evaluation Software for Tree Stability Tests

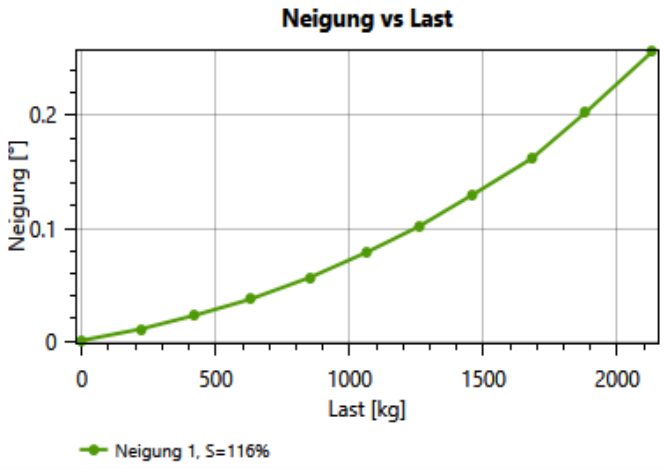
Projekt: Pflegi_Muri_042 Baum Nr. 042 Report Nr. 112_2019_01 Datum: 29.05.2019 Gutachter: Gudio Wagner

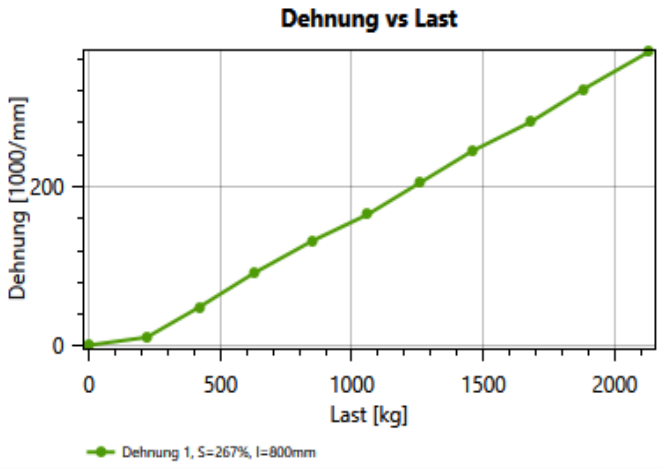


Ort:	Kleinstadt
Geländefaktor alpha:	0.2
Bodengrenzschicht:	305 m
Art:	Fagus sylvatica
Festigkeit:	2.25 kN/cm²
Elastizitätsgrenze:	0.26 %
Cw Wert:	0.25
Lastschwerpunkt:	13.2 m
Höhe Lasteinleitung:	12 m
Ankerpunkt Distanz:	34 m
Ankerpunkt Höhenkorr.:	-4 m

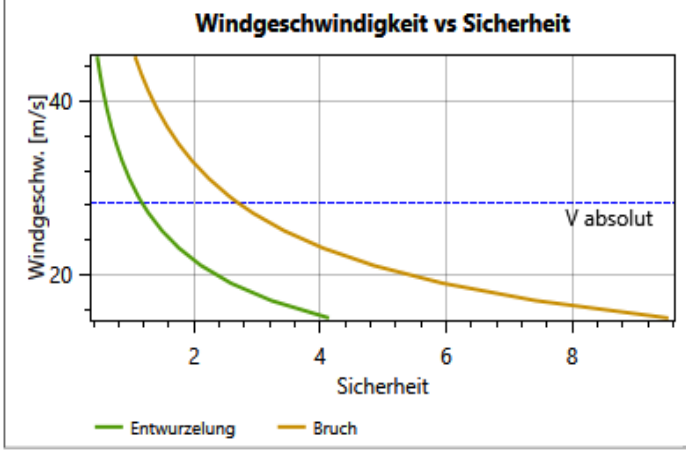
Baumhöhe:	24 m
Durchmesser Stamm:	100 cm (1 cm Rinde, 1 m)
Kronenfläche:	339 m²
Vwind effektiv LS:	28.36 m/s
Böenfaktor:	1.2
Frequenzfaktor:	1.2
Luftdruck:	1000 mb
Lufttemperatur:	16 °C
Luftdichte:	1.2 kg/m³
Windmoment:	531.55 kNm

Messwerte





Ergebnis



In Höhe des Lastschwerpunkts wurde eine äquivalente Windstärke von Bft. **10 (28.36 m/s)** angenommen.

Die rechnerische Grundsicherheit für einen vollholzigen Querschnitt beträgt **338 %**.

Die errechnete Standsicherheit bei Lastschritt 10 (2.13 t) beläuft sich auf **116 %**.

Die Bruchsicherheit für den Sensor 1 beläuft sich auf **267 %**.

Dokumentation Dynamische Lastanalyse/Zugversuch

Lage Sensoren

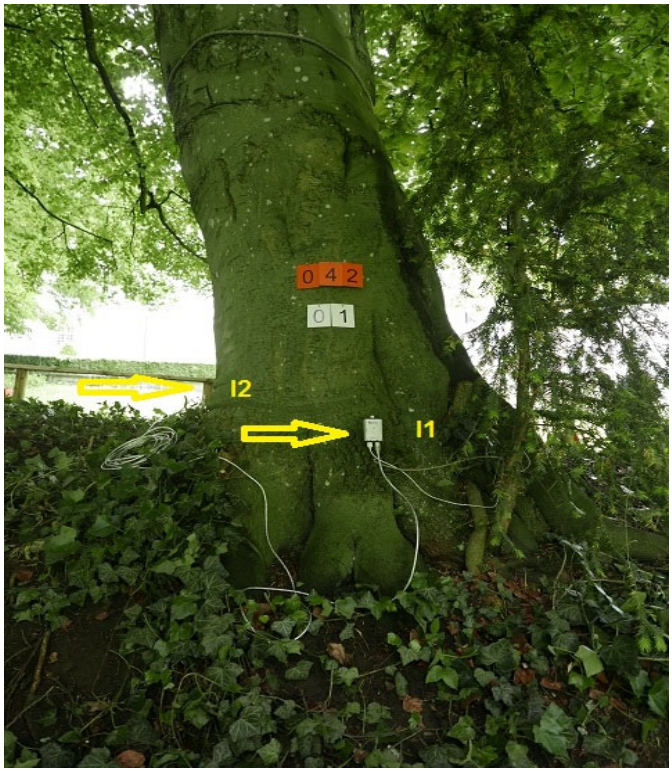


Abb.pfpa042.05

Lage Winkelmesser

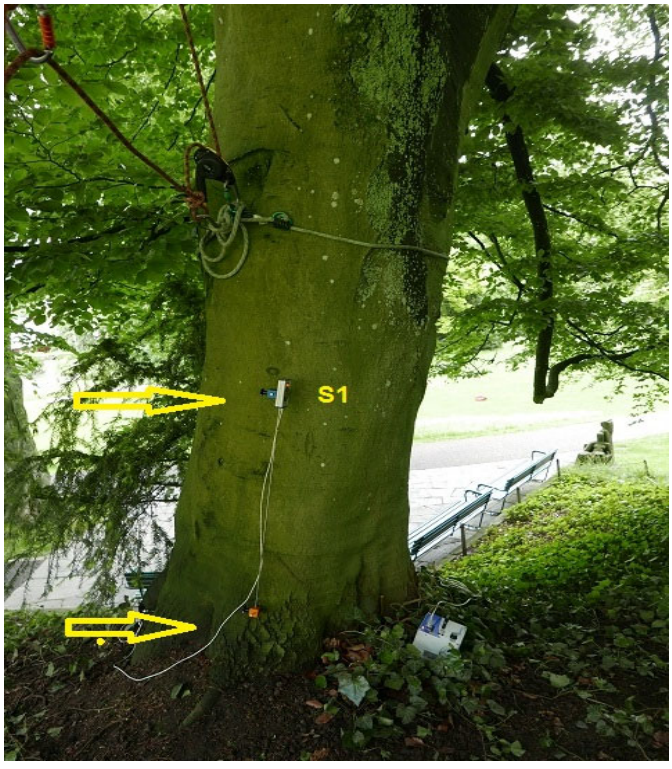


Abb.pfpa042.06

Lage Dehnungssensor

Dokumentation Dynamische Lastanalyse/Zugversuch

Baum Nr. pfpa042

Abb.pfpa042.07

Messung Nr. 02 - Süden

TSE Tree Stability Evaluation
Software for Tree Stability Tests

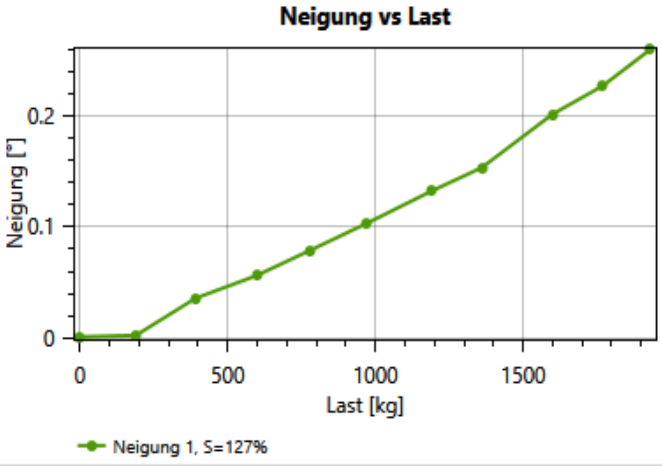
Projekt: Pflegi_Murti_042 | Baum Nr. 042 | Report Nr. 112_2019_02 | Datum: 29.05.2019 | Gutachter: Guido Wagner

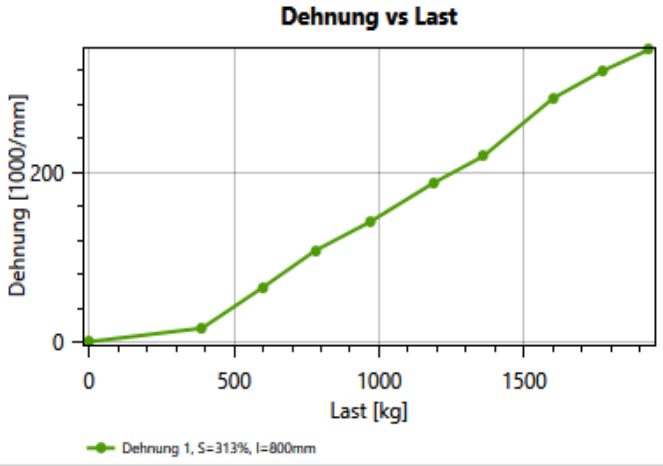


Ort:	Kleinstadt
Geländefaktor alpha:	0.2
Bodengrenzschicht:	305 m
Art:	Fagus sylvatica
Festigkeit:	2.25 kN/cm²
Elastizitätsgrenze:	0.26 %
Cw Wert:	0.25
Lastschwerpunkt:	13.8 m
Höhe Lasteinleitung:	12 m
Ankerpunkt Distanz:	30.5 m
Ankerpunkt Höhenkorr.:	3.7 m

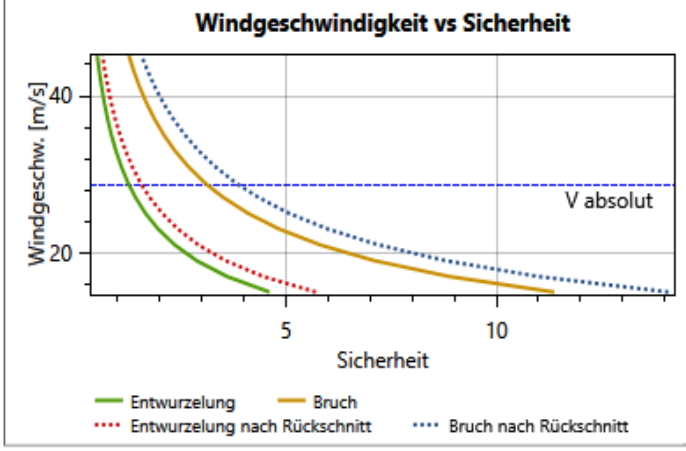
Baumhöhe:	24 m
Durchmesser Stamm:	92 cm (0 cm Rinde, 1 m)
Kronenfläche:	263 m²
Vwind effektiv LS:	28.61 m/s
Böenfaktor:	1.2
Frequenzfaktor:	1.2
Luftdruck:	1000 mb
Lufttemperatur:	18 °C
Luftdichte:	1.2 kg/m³
Windmoment:	435.85 kNm
Kronenfl. n. Rückschnitt:	222 m²
Lastschwp. n. Rückschnitt:	13.2 m

Messwerte





Ergebnis



In Höhe des Lastschwerpunkts wurde eine äquivalente Windstärke von Bft. **11 (28.61 m/s)** angenommen.

Die rechnerische Grundsicherheit für einen vollholzigen Querschnitt beträgt **307 %**.

Die errechnete Standsicherheit bei Lastschritt 9 (1.77 t) beläuft sich auf **127 %**.

Die Bruchsicherheit für den Sensor 1 beläuft sich auf **313 %**.

Dokumentation Dynamische Lastanalyse/Zugversuch

Lage Sensoren



Abb.pfpa042.08

Lage Winkelmesser

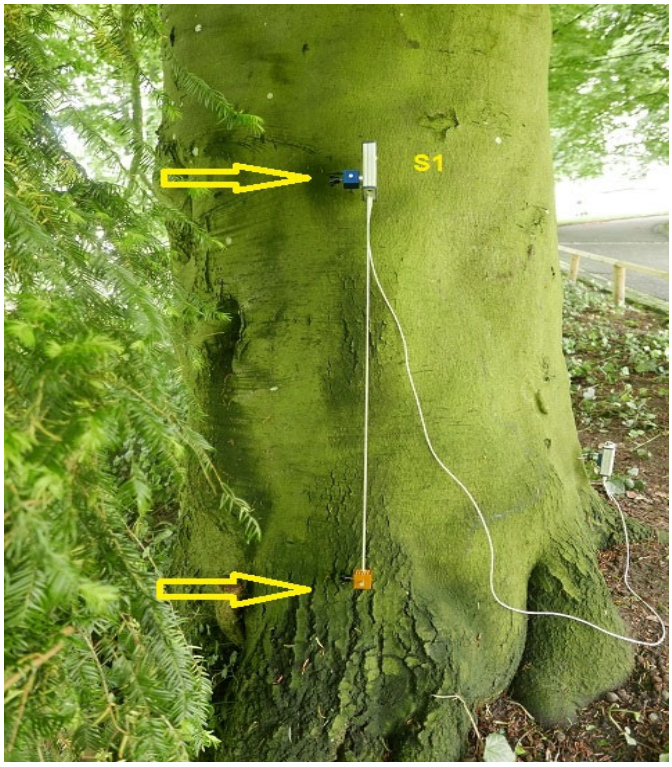
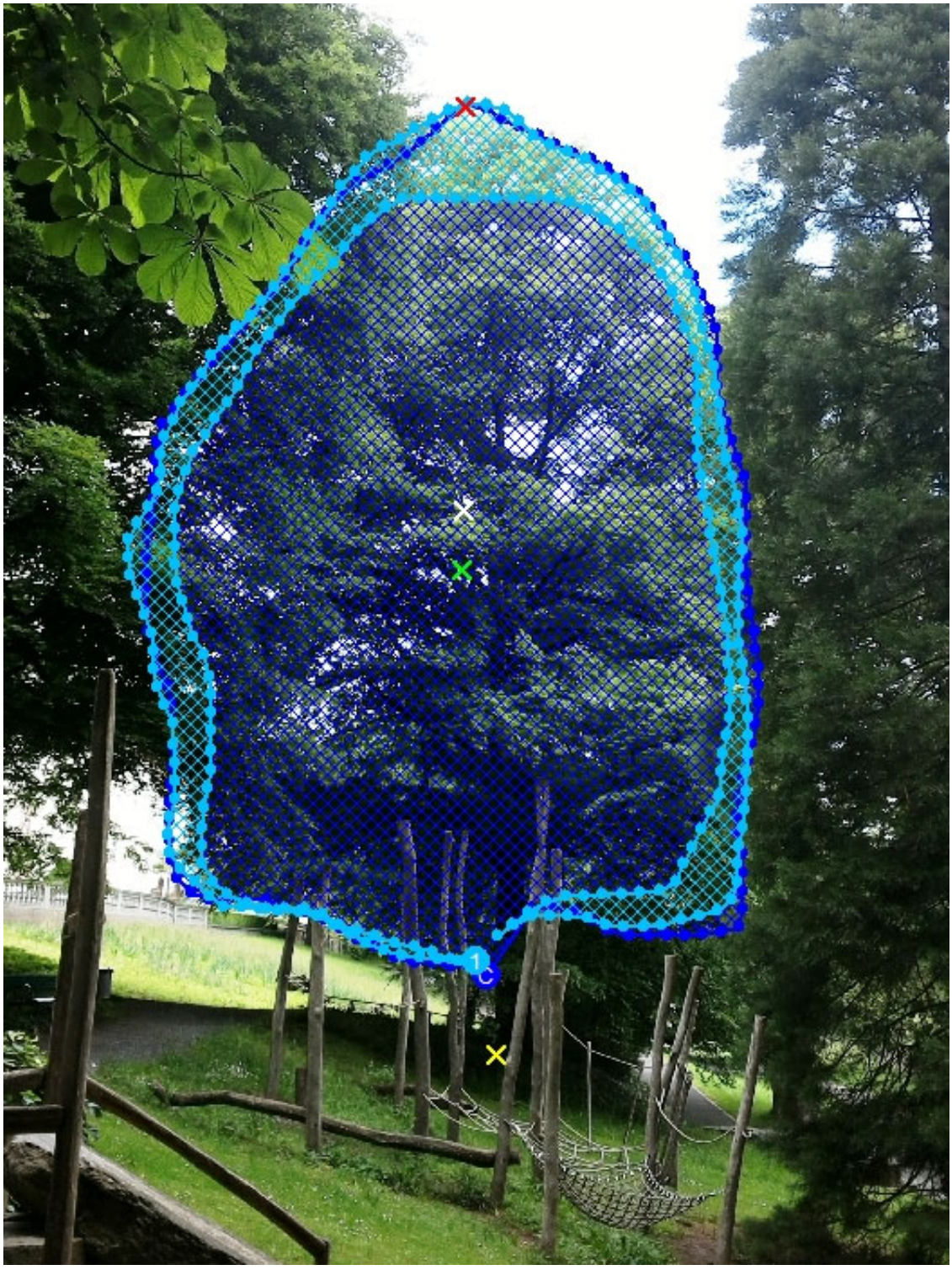


Abb.pfpa042.09

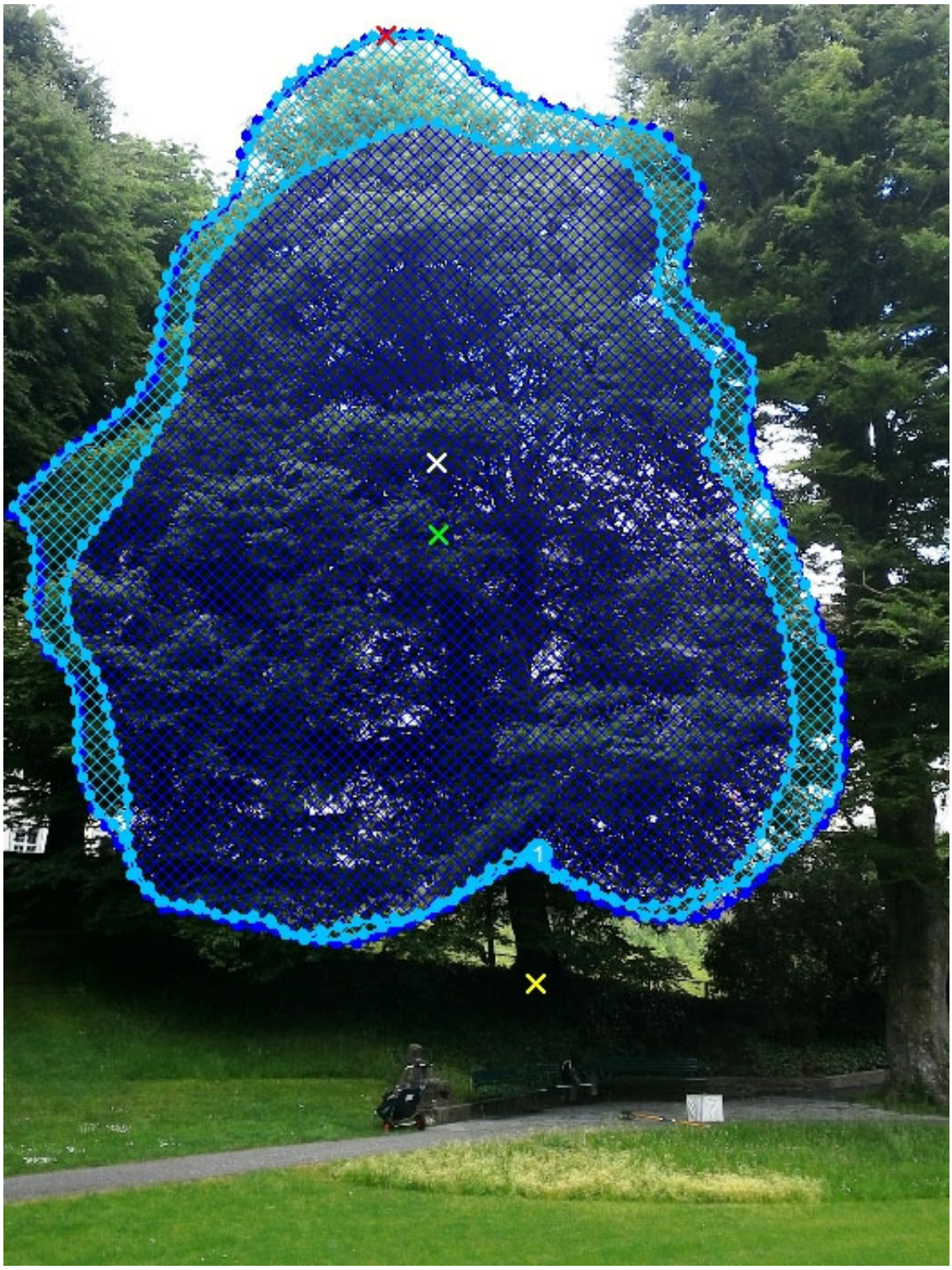
Lage Dehnungssensor

Darstellung visuelle Kroneneinkürzung



Beschreibung Sicht aus Richtung Süden

Darstellung visuelle Kroneneinkürzung



Beschreibung Sicht aus Richtung Osten

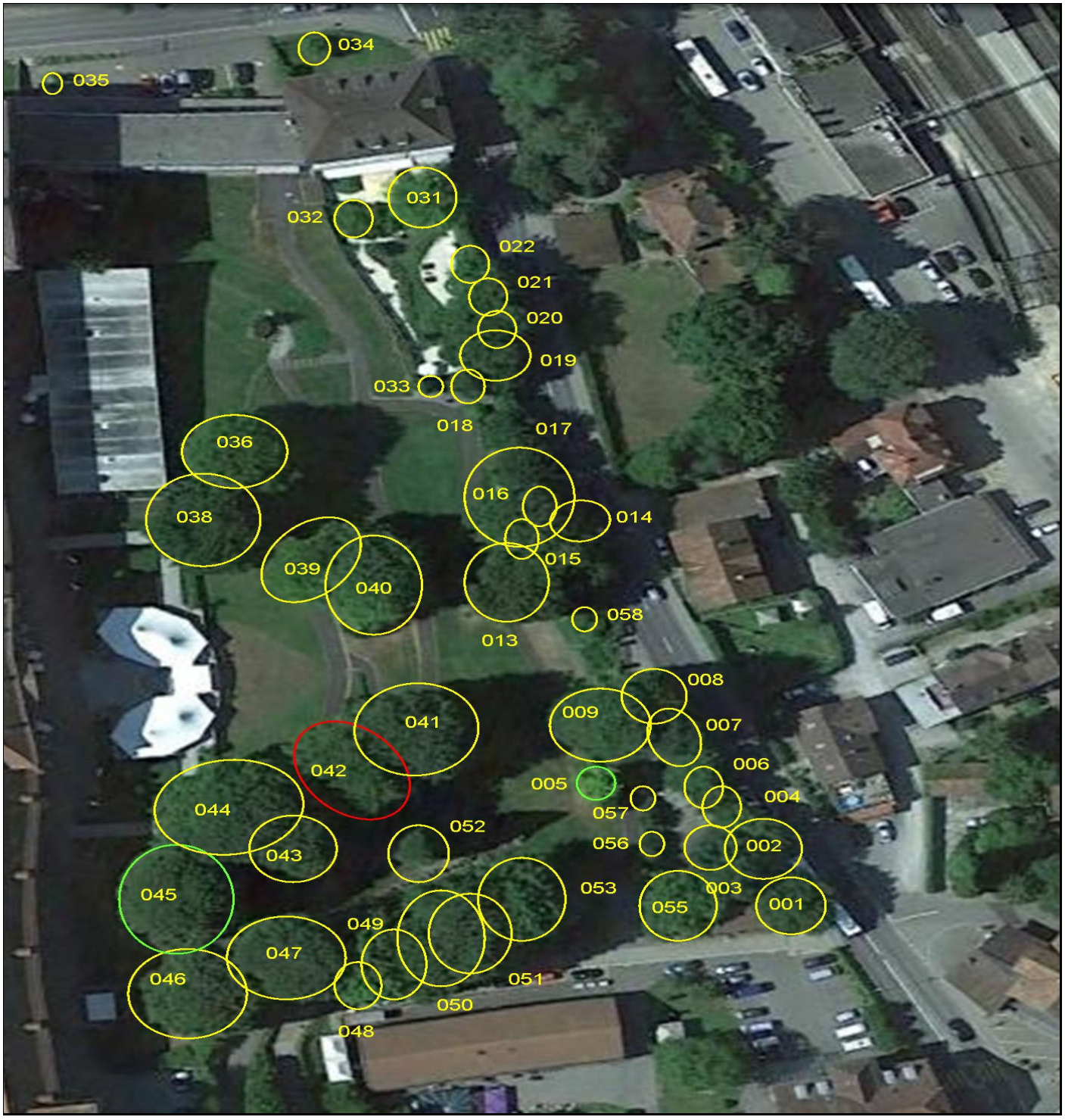
Empfehlung

gestützt auf die Begutachtung vom 29.5.2019

pfpa.042 Rotbuche-Fagus sylvatica

Jahr	Priorität	Massnahme	Intervall Jahre	Erledigt	Bemerkungen
2015		Kronenbegrenzungsschnitt	0	☑	Oder gemäss Statikmessung
2018		Kronenverankerung ersetzen	0	☑	1 starrer 7t Anker mit Spannschrau
2019	1	Kronenbergenzungsschnitt	0	☐	Gemäss Statikmessung 2019
2019		Kronenverankerung ersetzen	0	☐	
2019		Statikmessung/Zugversuch	0	☑	Faserstauchung/Neigung Wurde 2018 verschoben (Budget)
2021		Kronenverankerung kontrollieren	0	☑	Ev. Justieren
2021		Neubeurteilung	5	☐	

Baumnummerierung



Rot: Statikmessung Baum Nr.042
grün: Befestigung Seilzug Baum Nr. 005 - Ost
grün: Befestigung Seilzug Baum Nr. 045 - Südwest

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 Baume 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 Holzqualitä 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 ARWILO 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°) aufgezeichnet.
Aus dem aufgenommen 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. Holzzersetzungsmuster). Um die räumliche Situation besser abschätzen zu können, sind ggf. mehrere Messungen notwendig.
Die Untersuchungsmethode ist minimal invasiv, bedeutende negative Holzreaktionen sind nicht bekannt. Die Bohrwiderstandsmessung untersucht sowohl die Qualität als auch Quantität des Holzkörpers mittels punktueller Messung, mehrere Messungen können eine räumliche Zustandsbeurteilung erlauben.
Eingesetzt wird ein Bohrwiderstandsgerät der Marke Resi, Typ 1410 und der Resistograph 4452-S.

Arboradix Wurzelordung

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.

Baumtomographie

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

Literaturhinweise

Balder, H. (1998): Die Wurzeln der Stadtbäume. Ein Handbuch zum vorbeugenden und nachsorgenden Wurzelschutz. Ulmer Verlag

Bernatzky, A. (1988): Baumchirurgie und Baumpfleg

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 - Teíl: Landschaftspflege, Abschnitt 4: Schutz von Bäumen, Vgetationsbeständen 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 Verkehrssi-cherheit 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. Geowis-senschaften 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: Enzyk-lopädie 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 undAnwendung, Ulmer Verlag

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

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

Siegert, B. Die Stand– und Bruchsicherheit von Bäumen im Praxistest, AFZ 04/201

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