

Sachverständigengutachten

Gutachten Nr. 2024037

Eingehende technische Untersuchung einer Blutbuche zur
Überprüfung der Stand- und Bruchsicherheit
sowie zur Erkundung der Wurzellagen

Auftraggeber:

Stadtverwaltung Schmalkalden
Bürgermeister Herr Kaminski
Altmarkt 1
98574 Schmalkalden

Objekte:

1 Baum (1 Blutbuche) am Platz-Stadt-Fontaine in Schmalkalden

Datum der Untersuchung:

09.08.2024

Inhaltsverzeichnis 1

1.	Inhaltsverzeichnis	Seite 02
2.	Vorbemerkungen	Seite 03
2.1	Anlass und Auftrag des Gutachtens	Seite 03
2.2	Prüfaufgabe	Seite 03
2.3	Zeitlicher Ablauf der Gutachtenerstellung	Seite 03
2.4	Vorgehensweise	Seite 04
3.	Vorstellung Bauvorhaben	Seite 12
4.	Feststellungen vor Ort	Seite 14
4.1	Baumdaten	Seite 14
4.2	Fotodokumentation	Seite 15
4.3	Bohrwiderstandsmessungen	Seite 21
4.4	Zugversuch	Seite 28
4.5	Impuls-/Wurzelstrangtomographie	Seite 29
4.6	Georadar	Seite 32
4.7	Jahrringanalyse	Seite 46
5.	Zusammenfassung	Seite 49
6.	Verfasservermerk	Seite 54
7.	Anlagen	Seite 55
7.1	Literaturhinweise	Seite 55
7.2	Untersuchungsmethoden	Seite 59
7.3	Leistungsbeschreibungen	Seite 66

Vorbemerkungen 2

2.1 Anlass und Auftrag des Gutachtens

Die gutachtengegenständliche Baum, eine Blutbuche, stockt in 98574 Schmalkalden inmitten des Platz-Stadt-Fontaine, nahe der Weidebrunner Gasse

Im Rahmen von Kontrollen wurden Merkmale erfasst, die bei den Verantwortlichen Bedenken aufkommen ließen, ob die Stand- und Bruchsicherheit des Baumes noch gewährleistet ist. Außerdem ist eine bauliche Maßnahme, der Neubau einer Terrasse eines angrenzenden Hauses, im Wurzelschutzbereich der Buche geplant.

Zur Klärung der Stand- und Bruchsicherheit sowie zur Erkundung der Wurzellagen und anschließend einer Bewertung der Machbarkeit bzw. einer Baum-Bau-Konfliktanalyse wurde das Ingenieur- und Sachverständigenbüro UrbanForestry beauftragt, eingehende gerätetechnische Untersuchungen am Baum durchzuführen. Handlungsgrundlage für Baumkontrolle sowie technische Untersuchungen sind:

- FLL-Baumkontrollrichtlinien: Richtlinie für Regelkontrollen zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen / Ausgabe 2020
- FLL-Baumuntersuchungsrichtlinien: Richtlinien für eingehende Untersuchungen zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen / Ausgabe 2013
- ZTV-Baumpflege (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Baumpflege)
- R-SBB 2023: Richtlinien zum Schutz von Bäumen von Vegetationsbeständen bei Baumaßnahmen
- DIN 18920: Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen

2.2 Prüfaufgabe

Eingehende visuelle und technische Untersuchung des Baumes mittels Bohrwiderstandsmessungen im Bereich von Auffälligkeiten, Stamm-Impulstomographie bis 3 m Höhe, Windlastanalyse, Stand-Bruchsicherheitsprüfung über Zugversuch, dendrologische Untersuchung (Jahrringanalyse über Bohrkern), 3D-Wurzelraum-erkundungen mittels Wurzelstrangtomographie (ArboRadix: lateral & radial), Wurzel-Georadar (vertikal, Wurzelquali- & -quantität), Schürfgarbe zur Kontrolle der vorhergehenden Ergebnisse.

2.3 Zeitlicher Ablauf der Gutachtenerstellung

Die Erfassung und Untersuchung des gutachtenegegenständlichen Baumes erfolgten am 09.08.2024 durch die Sachverständigen des Ing.-/SV-Büros Lennart Kühn (M.Sc. Forstwirtschaft, zert. Sachverständiger für Umweltbaubegleitung – Baumfachliche Begleitung, FLL-zert. Baumkontrolleur), Sara Pölloth (M. Sc Biologie, zert. Sachkundige für Baum-Habitatstrukturen) und Florian Trolp (B. Sc. Forstwissenschaften, FLL-zert. Baumkontrolleur. Sowohl die Einweisung und Überwachung der Untersuchungsschritte als auch die fachliche Gutachtenausarbeitung erfolgten durch Jakob Scheicher (DIN EN ISO/IEC 17024-zert. Sachverständiger für Baumpflege, Biomechanik & Baumwertermittlungen) in KW 35/2024.

2.4 Vorgehensweise

2.4.1 Zeitlicher Betrachtungsraum

Bei der Beurteilung der Erhaltungszeiträume und Zustandsprognosen von Bäumen sind präzise Zeitangaben nur in begrenztem Umfang möglich. Bäume sind Individuen, welche einer Vielzahl von Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, welche den Baumzustand unter Umständen erheblich beeinflussen können.

In seltenen Fällen werden akute Zustände erkannt, welche ein sofortiges Handeln erfordern. Solche Maßnahmen müssen sofort veranlasst werden. Meist genügt es bestimmte Baumteile zu entfernen, um die Akutsituation zu entschärfen. Ist eine Baumschutzsatzung vorhanden, muss die zuständige Stelle in Kenntnis gesetzt werden. Die weiteren Maßnahmen werden auf Grundlage der Untersuchungen festgelegt, wobei selbst ein kurzfristiger Erhalt von 5-10 Jahre nicht möglich ist. Der Baum muss dann innerhalb weniger Tage beseitigt werden, worüber die zuständige Stelle im Eilantrag in Kenntnis zu setzen ist.

Können Bäume erhalten werden, so sind meist Maßnahmen erforderlich. Trotz der Maßnahmen ergeben sich, fachlich geschätzt, unterschiedliche Erhaltungszeiträume. Dabei ist zu beachten, dass in der gelebten Realität im zeitlichen Verlauf doch, auch gravierende Veränderungen ergeben können.

Akut Sicherung:	Sofortiges beseitigen von akut gefahrdrohenden Zuständen
Nicht erhaltbar:	zeitnahe Beseitigung
Kurzfristig:	bis 5-10 Jahre
Mittelfristig:	10-20 Jahre
Langfristig:	über 20 Jahre

Die aufgeführten Baumpflege- und Sicherungsmaßnahmen, deren zeitgerechte und fachliche (auf Grundlage der geltenden Regelwerke) Umsetzung sind Grundlage für den weiteren Baumerhalt.

2.4.2 Räumlicher Betrachtungsraum

Im Zuge von Planungen zu Bauvorhaben (BV), können Baumbestände direkt oder indirekt betroffen sein. Bedingt durch den hohen Schutzstatus von urbanem Grün, insbesondere von Groß-Altbäumen (Baumschutzsatzungen, Baurecht, Stadtklima usw.), liegt der Erhalt von Großgehölzen im Fokus der Betrachtungen. Regelwerke definieren zunächst den Schutzbereich von Gehölzen:

Kronentraufe (Projektionsfläche der Krone auf den Boden übertragen) zzgl. 1,5m.

Wird außerhalb des Schutzbereiches geplant, sind direkte Eingriffe am Baum im Grunde ausgeschlossen. Indirekte Auswirkungen, wie Grundwasserabsenkungen, baulich bedingter Emissionseintrag (z. B. Stäube, Licht, Lärm, Vibration etc.) und auch artenschutzrechtliche Belange (gerade bei Bäumen) sind weiterhin zu prüfen. Soll in den definierten Schutzbereich eingegriffen werden, sind die möglichen Folgen zu untersuchen. In urbanen Bereichen, gerade in Stadtböden, ist oftmals eine natürliche Wurzelentwicklung wegen Fremdstoffen - wie Kabel, Kanäle, Altfundamente - im Sinne der Normierungswerke gar nicht möglich. Bäume als lebende Wesen können sich nach den gegebenen Örtlichkeiten richten, so wie es auch der Hochgebirgsbaum am felsigen Steilhang macht. Deshalb kann regelwerksgeschützter Raum unter Umständen gar nicht vom Baum erschlossen sein, sodass dieser Raum durch eine Baumaßnahme durchaus, unter Baumschutzaspekten, in Anspruch genommen werden kann.

Das vorliegende Gutachten klärt zunächst, in welchem Zustand der fallgegenständliche Baum sich aktuell befindet und wie hoch seine mögliche Reststandzeit ist. Ist ein natürlicher mittelfristiger (10-20 Jahre) oder gar ein langfristiger Erhalt (über 20 Jahre) möglich, werden die Auswirkungen der geplanten Baumaßnahme im definierten Schutzbereich untersucht. Auf Grundlage der Untersuchungen können fachgerechte Maßnahmen zum Baumerhalt entwickelt werden. Dabei sind durchaus regelwerkskonforme Eingriffe am Baum möglich. Im Vordergrund steht jedoch eine bauliche baumschonende Umsetzung, welche den Baum so gering wie möglich tangiert, wobei auch Anpassungen an den vorgelegten Planungsstand diskutiert werden.

2.4.3 Aufnahme Basisdaten

Zunächst wurde das Gehölz eingehend visuell aufgenommen und bewertet. Die Ergebnisse werden in ein Prüfprotokoll eingetragen und später im vorliegenden Gutachten im Übersichtsblatt des Baumes dokumentiert. Im Folgenden werden die einzelnen Punkte der Baumdaten erläutert:

Die **Baumdaten** umfassen die „üblichen“ Daten wie Baumhöhe sowie Stammumfang in 1 m Höhe. Die „Baumgesundheit“ definiert sich über seine Altersstufe und der alterszugehörigen Vitalität.

Das Altersstufenmodell zur **Baumvitalitätszuordnung** erfolgt nach **Roloff**, je nach Alter und Art eines Baumes zeigen sich „altersgemäße“ Kronen

Exploration (0):

Triebe sind reichlich verzweigt und weisen deutliche Längenzuwächse auf.

Jugend (die kürzeste Zeit im Baumleben, ca. 5%)

Degeneration (1):

Feinverzweigung nimmt ab, Längenzuwächse sind nicht mehr so ausgeprägt

Erwachsen (ca. 20% der Baumgesamtstandzeit)

Stagnation (2):

seitliche Verzweigung hat erheblich abgenommen, keine nennenswerte Längenzuwächse, zunehmend mehr Totholz, ggf. verstärkte Bildung von Reiteraten (Ersatz-, Kompensationstriebe)

Altersphase (längster Abschnitt in einem Baumleben 50% und mehr)

Resignation (3):

Verzweigungsdichte hat sehr stark abgenommen, Ausfall kompletter Kronenteile, erhebliche Totholzbildung

(Vergreisen (ebenfalls sehr lange Zeiträume, 35% und mehr-je nach Altersphase))

Es ist verständlich, dass ein Altbaum oder Naturdenkmal, das sich in der Alterungsphase befindet, seltener die optische Vitalität eines Baumes in der Reife- oder gar Jugendphase haben kann. Vitale Altbäume sehen i. d. R. eben „alt“ aus und sind dennoch als vital zu bewerten. Ein Jungbaum (Jugend- oder Reifephase) sollte natürlich ein anderes, vitales Kronenbild aufzeigen, ansonsten gilt er als gestresst und weniger vital. Daher wird in Anbetracht des Baumalters neben der Vitalität nach Roloff zusätzlich die Vitalität im Schulnotensystem (1-6) benannt. Diese soll den Gesamteindruck der Vitalität widerspiegeln. Kriterien hierfür sind insbesondere Wachstum, Kronenstruktur, Zustand der Belaubung, Anpassungsfähigkeit an die Umwelt,

Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten und Schädlinge und Regenerationsfähigkeit. Somit kann für ein Kronenbild entsprechend der Stagnation bei einem Altbaum oft dennoch eine gute Vitalität vorliegen (Schulnote 2), wohingegen an einem Baum in der Jugendphase hier meist eine mangelhafte Vitalität vorliegt (Schulnote 5).

Die Altersstufen nach **FLL-Baumkontrollrichtlinie**, hier steht die Verkehrssicherheit des Baumes im Fokus der Beurteilung, werden wie folgt eingeteilt:

Jugendphase (Anwuchszeit, bis ca. 15 Jahre)

Reifephase (i. d. R. bis zur vollen Funktionsfähigkeit, bis ca. 50-80 Jahre)

Alterungsphase (nur noch geringer Zuwachs, ab ca. 50-80 Jahre).

In den **Beschreibungen** werden Auffälligkeiten, sog. „Symptome“ oder auch „verdächtige Umstände“, stichpunktartig erfasst. Typische Strukturen werden mit „ohne negativen Befund“ bewertet. Wird hierzu keine direkte Maßnahme beschrieben, gilt der Bereich des Symptoms als verkehrssicher oder es wird durch eine im Laufe der Gutachtenerstellung erarbeitete Gesamtmaßnahme die Verkehrssicherheit hergestellt.

2.4.4 Technischen Untersuchungen

Liegen Symptome oder Sachverhalte vor, welche optisch nicht abschließend geklärt werden können, sind eingehende technische Untersuchungen notwendig. Nach der visuellen Aufnahme und Bewertung des Gehölzes können nun die technischen Untersuchungen entsprechend der festgestellten Symptome und Eigenarten des Baumes durchgeführt werden. Die Wahl der einzelnen Untersuchungsmethoden wird in der Prüfaufgabe genannt. Je nach Prüfergebnis kann es sein, dass weitere technische Untersuchungen notwendig sind und im Zuge der Gutachtenausarbeitung empfohlen werden (für ausführliche Beschreibungen s. Anhang):

2.4.4.1 Bohrwiderstandsmessung:

Ähnlich einer Bohrmaschine wird eine dünne Nadel in Bereiche gebohrt, um die Holzdicke festzustellen. In der Regel erfolgen grundsätzlich einige Messungen am Stammfuß, ca. 20° nach unten gerichtet (Ausschlussmessungen Wurzelstockzentrafäule), und in Bereiche bei denen auffällige Symptombildung vorliegt. Die Messprofile werden fachlich bewertet und unterstützen maßgeblich die Beurteilung.

2.4.4.2 Zugversuch:

Mittels eines Zuggerätes wird eine Windkraft (i. d. R. „Worst Case“-Szenario: Orkan) simuliert. Dabei werden die Baumreaktionen (Stammbiegung, Wurzelballenkippen) gemessen und aufgezeichnet. Über einen technischen Katalog sind die Grenzbedingungen bekannt. Die verwendete Zugkraft wird der theoretischen max. Windkraft gegenüber gestellt, womit sich ein Faktor, welcher die Sicherheit darstellt (ab 1,5 = sicher), ergibt.

2.4.4.3 Impulstomographie:

Vergleichbar mit dem Computertomographen in der Medizin werden durch den Prüfkörper eine hohe Anzahl von Messimpulsen gesendet, welche je nach Schadbild unterschiedliche, relative Laufzeiten aufweisen. Diese Laufzeitenunterschiede werden farbig dargestellt: Es ergibt sich ein räumliches Bild (Ebene, auch über mehrere Ebenen – 3D). Diese Messergebnisse werden mit den Ergebnissen der Holzdichteprüfung abgestimmt.

2.4.4.4 Wurzel-Georadar:

Mit Hilfe eines mobilen Radargerätes wird die zu untersuchende Fläche abgefahren. Hierdurch können vertikale Bodenstörungen (z. B. Wurzeln) des Bodengefüges detektiert werden.

2.4.4.5 Schürfgraben:

Ein Schürfgraben wird zur Verifikation der zuvor gemessenen oder vermuteten Wurzellagen ausgehoben. Da Messsysteme technisch bedingt Fehler aufweisen können oder sich die gemessene Wurzel beispielsweise als Rohrleitung erweisen könnte, ist eine optische Bestätigung der gemessenen Ergebnisse, zur fachlichen Orientierung hilfreich und sinnvoll.

2.4.4.6 Jahrringanalyse:

Nachdem die Frage nach der tatsächlichen Vitalität des Baumes aufkam, soll über eine sog. Jahrringanalyse der Plausibilitätsnachweis geführt werden, da die eigentliche Vitalitätsentwicklung über die Krone oder über andere optische Merkmale oftmals nicht objektiv einwandfrei abschätzbar ist. Dazu werden 2 Bohrkerne auf ca. 1 m Höhe am Stamm (quer zueinander, radiale Bohrrichtung) entnommen.

Abb. 2.4-01



Abb. 2.4-02

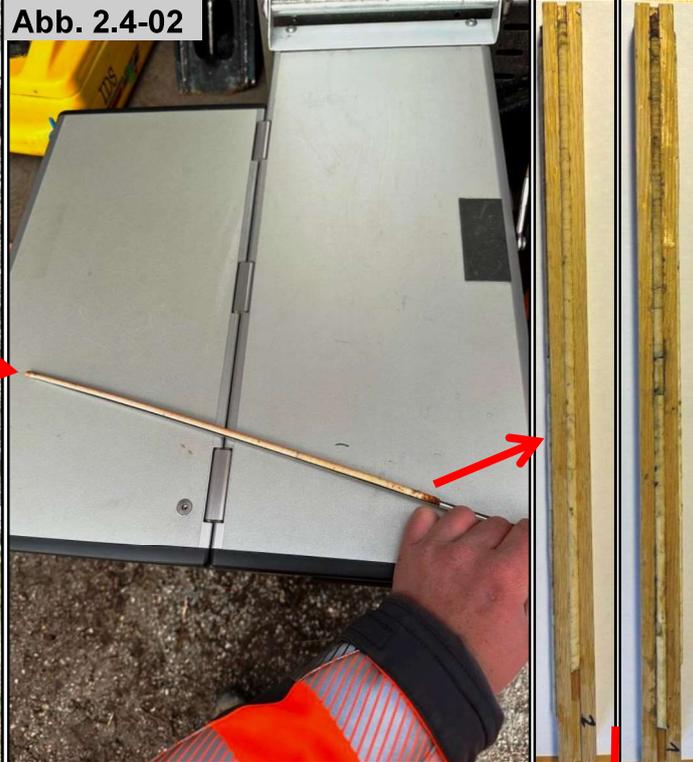


Abb. 2.4-04

Abb. 2.4-03

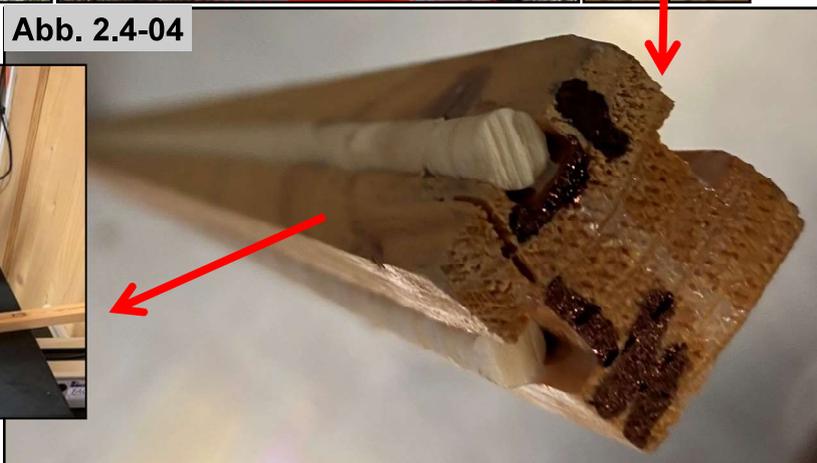


Abb. 2.4-05



Die Bohrkern werden sodann in einer speziellen Aufnahme fixiert, hälftig abgeschliffen, feingeläppt unter einem Mikroskop/Messtisch (LINTAB) die Jahrringgrenzen/Spätholz markiert und über eine Scanvorrichtung und Dendro-Software verrechnet (s. Abb. 2.4-01 bis –05).

Beim Verfahren der Jahrringanalyse werden die Jahrringbreiten, also die jährliche Jahrringbildung, sowie das Dickenwachstum des Stammes gemessen und daraus die relative jährliche Holzproduktion abgeleitet. Die Jahrringbreite, besser die jeweilige Jahrringfläche (Holzmassevolumen des jeweiligen Jahrrings), erlaubt eine bessere Abschätzung. Das „Volumen“ steht im Verhältnis zur Baumkrone, welche von der

Jugend an zunimmt, dann stagniert, später resigniert.

Abb. 2.4-06 & -07: Markieren, Zuordnen und Gegenüberstellen der Bohrkernjährringe: Dabei ist zu beachten, dass sog. Stressjahre (Hitzesommer, wenig Niederschlag) zu sektoralen Fehlbildungen im Jahrring führen. Bei Exzentrizität kann der Jahrring dann sektoral sogar vollständig fehlen. Daher ist ein fachlich vergleichendes Bewerten beider Bohrkern für eine Vitalitätsprognose unter Berücksichtigung aller Daten und Fakten essentiell.

Abb. 2-06



Abb. 2-07



Mittels Software (TSAP) werden nun der relative Jahrringzuwachs, die Jahrringbreite von Frühholz und Spätholz beider Proben erfasst, verrechnet und visualisiert als Graph dargestellt.

2.4.5 Schriftliche Ausarbeitung des Gutachtens

Im Zuge der schriftlichen Ausarbeitung werden die vor Ort ermittelten Daten, Fakten sowie Messergebnisse zusammengeführt, ausgewertet und unter Berücksichtigung der Aufgabenstellung sachverständigenseits bewertet.

Daraus ergeben sich Notwendigkeiten zur Verkehrssicherung (Maßnahmen am Baum).

Die gewonnen Erkenntnisse und Maßnahmenempfehlungen werden ebenso in das Deckblatt der jeweiligen Bäume eingetragen:

Im **Ergebnis** werden die für diesen Baum wesentlichen Ergebnisse in einigen Stich-

punkten/Sätzen ggf. fokussiert auf das zentrale Thema beschrieben.

Mit der **Wichtung** der Maßnahme wird der Zeitraum einer möglichen Maßnahme definiert in der diese umgesetzt werden sollen. I. d. R. werden nur Maßnahmen zur Herstellung der Verkehrssicherheit und daher auch keine Ausführungsfristen über 3 Monate benannt.

Das **Regelkontrollintervall** orientiert sich an der FLL-Baumkontrollrichtlinie. Es wird als spätester Zeitpunkt einer folgenden Regelkontrolle benannt. Nach unserer Erfahrung sind 9 Monate oder 1¹/₄ Jahre ideal, weil die folgenden Kontrollen jahreszeitlich versetzt laufen. Mit 1¹/₄ Jahren Kontrollabstand werden in 5 Jahren lediglich vier Kontrollen benötigt.

Im Falle einer stattgefundenen eingehenden technischen Untersuchung kann es notwendig sein, eine solche nach einer bestimmten Zeit erneut durchzuführen. Hierdurch wird die Entwicklung des Schadens nachkontrolliert, denn nicht immer kann eine genaue Prognose über die Baumzustandsentwicklung abgegeben werden. Vielmehr ist dies oft von zahlreichen Faktoren abhängig und erfordert eine erneute Anpassung oder Feinabstimmung der festgelegten Maßnahmen und ist notwendig für ein langfristiges Baumpflegekonzept. Der Punkt **Nächste technische Untersuchung** benennt den Zeitpunkt einer solchen weiteren gerätetechnischen Untersuchung sowie das Verfahren.

Vorstellung Bauvorhaben 3

Abb. 3-01 & -02: Übersichtsplan der Standorte der zu begutachtenden Blutbuche in zentraler Lage der Stadt Schmalkalden in der Weidebrunner Gasse.

Abb. 3-01



Abb. 3-02

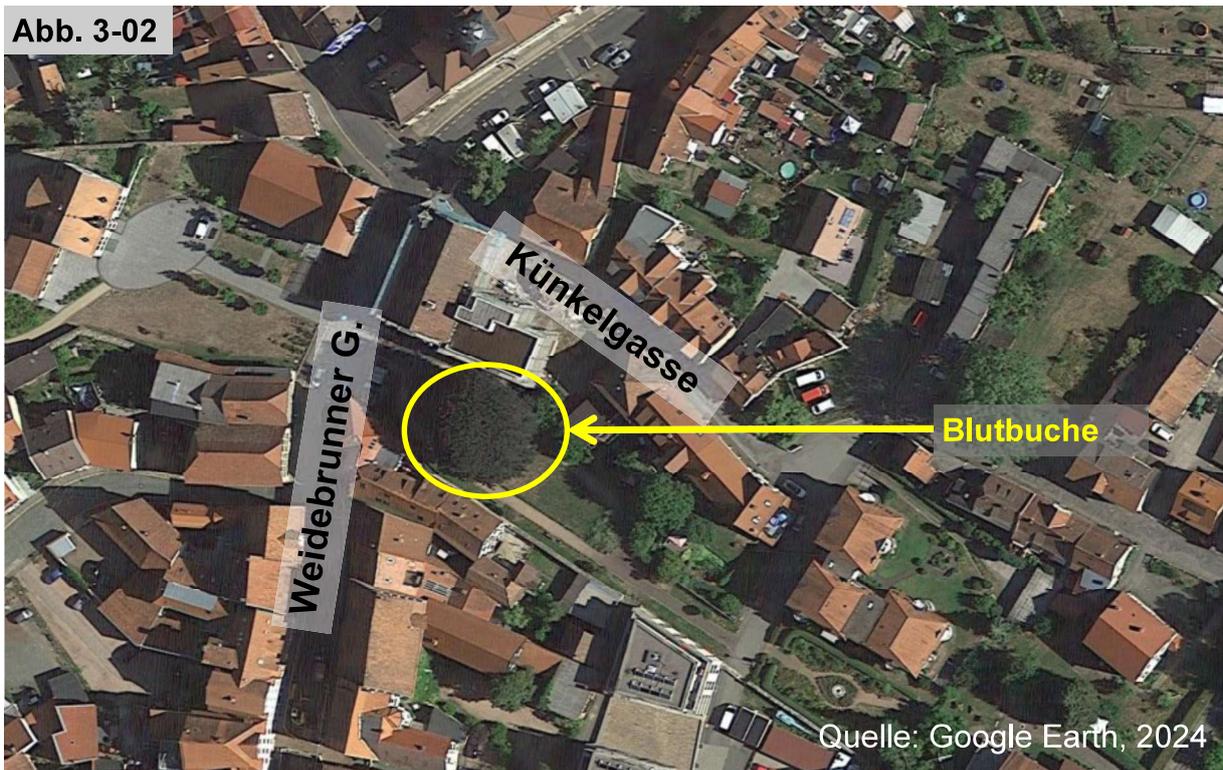


Abb. 3-03: Entwurfsplan Umgestaltung Platz-Stadt-Fontaine in Schmalkalden, nahe der Weidebrunner Gasse, Quelle: RoosGrün, Stand 20.08.2024.

Die Stadt Schmalkalden plant eine Umgestaltung des Platz-Stadt-Fontaine an der Weidebrunner Gasse, im Zentrum von Schmalkalden. Den optischen Mittelpunkt dieses Platzes stellt aktuell eine ca. 24 m hohe Blutbuche dar. Neben kleineren Veränderungen der Bepflanzung, des Wegeverlaufs, etc. ist außerdem ein nördlich der Blutbuche stockendes Gebäude um eine Terrasse inklusive rollstuhlgerechter Rampe zu erweitern. Laut vorliegendem Entwurfsplan (Ausschnitt s. Abb. 3-03) soll diese Terrasse im Kronen- und somit auch im zu schützenden Wurzelbereich des Baumes errichtet werden. Gestützt werden soll sowohl die Terrasse als auch die Rampe mit Hilfe von platzsparenden Schraubfundamenten. Um ober- und unterirdische Schäden im Rahmen der Baumaßnahme am Baum zu verhindern sowie, falls für den Baumschutz erforderlich, Änderungen in der Planung rechtzeitig einplanen zu können ist der Baum eingehend technisch zu untersuchen.



Feststellungen vor Ort 4

4.1 Blutbuche	Schmalkalden
----------------------	---------------------

Abb. 4.1-01



Baumdaten:	
Standort:	Platz-Stadt-Fontaine
Funktion:	Objektbegrünung
Baumart:	Blutbuche <i>Fagus sylvatica. f. purpurea</i>
Stämmigkeit:	1
Vit.Rol., Vit.Note:	Stagnation / 2-3
FLL BKR:	Alterungsphase
StU 1mH, ca. cm:	415
BaumH ca. m:	24
KronenD ca. m:	22
Sonstiges:	

Beschreibung:	
Krone:	2 dynamische Kronensicherungen (intakt), Totholz bis Grobastdimension, Wuchsanomalien, Vergabelungen, Astungswunden (teilweise eingefault), Vogelnester, sich reibende Starkäste/Fehlentwicklungen
Kronengerüst:	leicht eingekürzt, ausladend - große Kronenprojektionsfläche
Stammkopf:	Einwallungen, Zwiesel (mäßig angebunden, eingewachsene Rinde sichtbar)
Stamm:	Einwallungen, Rindenschäden
Stammf.-Wuha:	Einwallungen, Wuchsanomalien, Rindenschäden, Faulstelle (=hier ehemals Pilzfruchtkörper)
Wurzel:	Würgewurzel
Standplatz:	Park, Erde, Rasen, geringer Gebäudeabstand
Sonstiges:	Kronendurchmesser: N: 11,3 m; O: 10,3 m; S: 11,6 m; 11,4 m

Ergebnis:	S. Kapitel 6 „Zusammenfassung“
Maßnahmen:	<ul style="list-style-type: none"> • Totholz entfernen • Lichtraumprofil herstellen, je nach Bedarf • Ersetzen beider Kronensicherungen mittels System aus jeweils: dynamisch verbauter KS auf 2/3 Baumgesamthöhe und statisch verbauter KS möglichst nah zum Stammkopf • Kroneneinkürzung i. H. v. ca. 5%

Wichtung d. Maßnahme	4 Wochen nach Gutachtenerhalt
Regelkontrollintervall-FLL	1 1/4-jährlich
Nächste techn. Untersuchung	Kontroll-Zugversuch 2029

4.2 Blutbuche - Fotodokumentation (1/6)

Abb. 4.2-01: Gesamtansicht aus westlicher Richtung: große, ausladende Krone, ortsprägender Habitus



Abb. 4.2-02: geringer Objektabstand zu Nachbargebäude



Abb. 4.2-03: Lichtraumprofil von 2,5 m oberhalb des Fuß- und Radweges nicht gegeben



Abb. 4.2-04: Vogelnest in der Krone



4.2 Blutbuche - Fotodokumentation (2/6)

Abb. 4.2-05: Baum umgeben von Begrenzungssteinen



Abb. 4.2-06: Tiefe der Steine inklusive Einfassungen beträgt ca. 30 cm



Abb. 4.2-07: sich reibende Starkäste in der Krone



Abb. 4.2-08: Totholz bis Grobastdimension in der Krone (beispielhaft)



4.2 Blutbuche - Fotodokumentation (3/6)

Abb. 4.2-09: 2 dyn. Kronensicherungen mit Ruckdämpfer, nach optischer Ansprache intakt, Schlaufen jedoch zu eng



Abb. 4.2-10: Rindeneinwellungen am Stammkopf, markiert ist der mit Kronensicherung gesicherter Starkast



Abb. 4.2-11: Rindeneinwellungen am Stamm

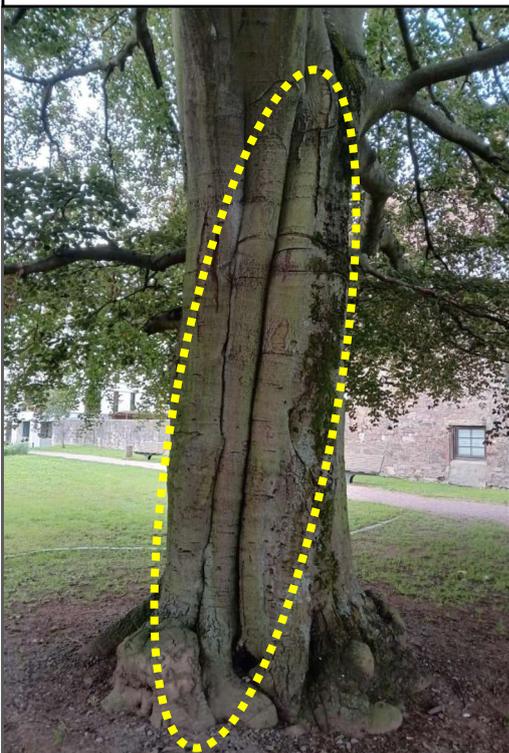


Abb. 4.2-12: ausgeprägte Wachstumsanomalien am Stammfuß



4.2 Blutbuche - Fotodokumentation (4/6)

Abb. 4.2-13: Faulstelle am Stammfuß



Abb. 4.2-14: Faulstelle mindestens 25 cm tief eingefault, ehemalige Pilzaustrittsstelle



Abb. 4.2-15: Impulstomographie-Messkette am Stammfuß (1/2)



Abb. 4.2-16: Impulstomographie-Messkette am Stammfuß (2/2)



4.2 Blutbuche - Fotodokumentation (5/6)

Abb. 4.2-17: Aufbau Zugversuch:
Lastangriffspunkt am Stamm in ca. 6,2 m
Höhe



Abb. 4.2-18: Fahrzeug als Ankerpunkt
mit Kraftsensor F1



Abb. 4.2-19: Neigungssensoren N1, N2,
N5, Dehnungssensor D1 (Druckseite)

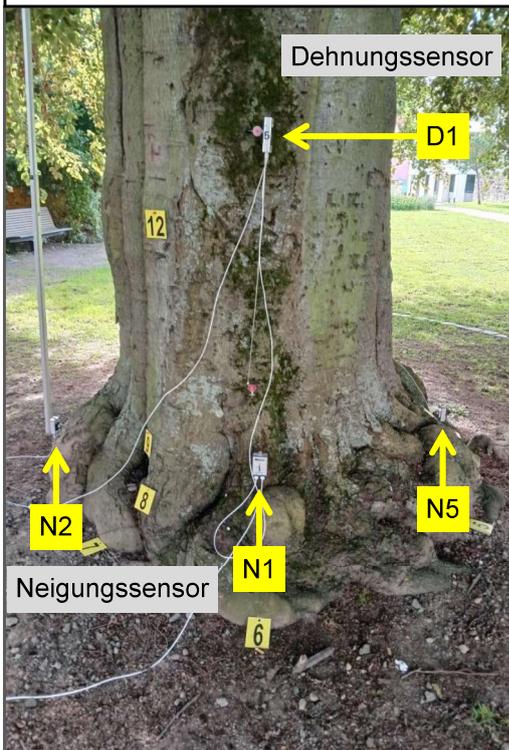
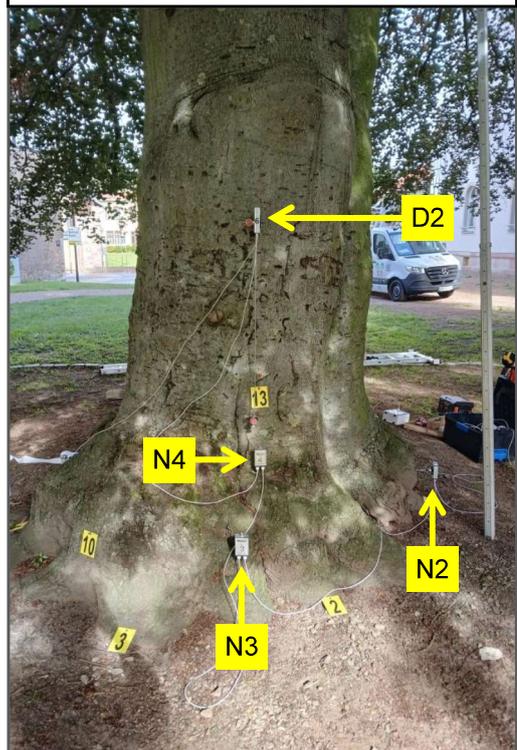


Abb. 4.2-20: Neigungssensoren N2, N3,
N4, Dehnungssensor (D2)



4.3 Blutbuche - Bohrwiderstandsmessungen (1/7)

Abb. 4.3-01: Bohrwiderstandsmessplätze 1, 2, 7 (radial, 20° schräg nach unten) und 8, 9, 14 (radial, horizontal)

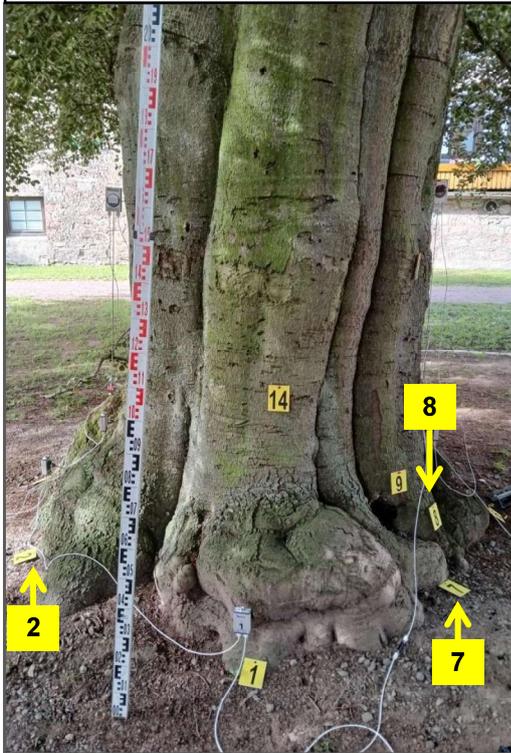
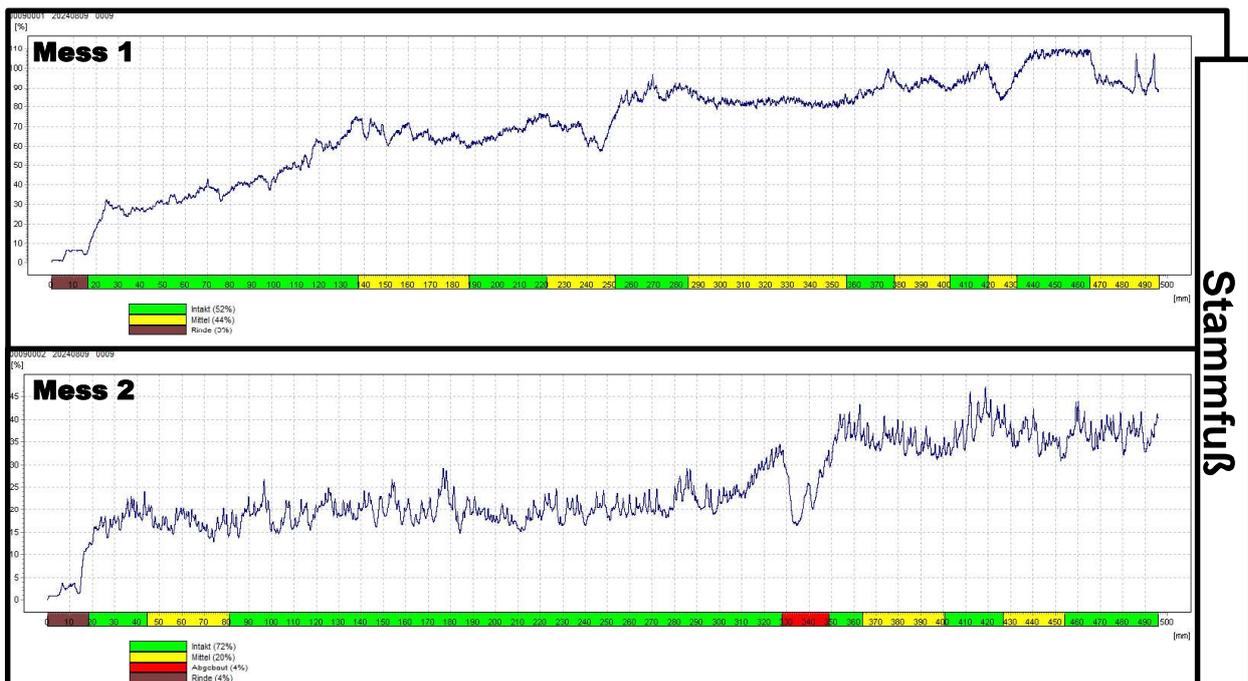


Abb. 4.3-02: Bohrwiderstandsmessplätze 2, 3 (radial, 20° schräg nach unten) und 10, 13 (radial, horizontal)

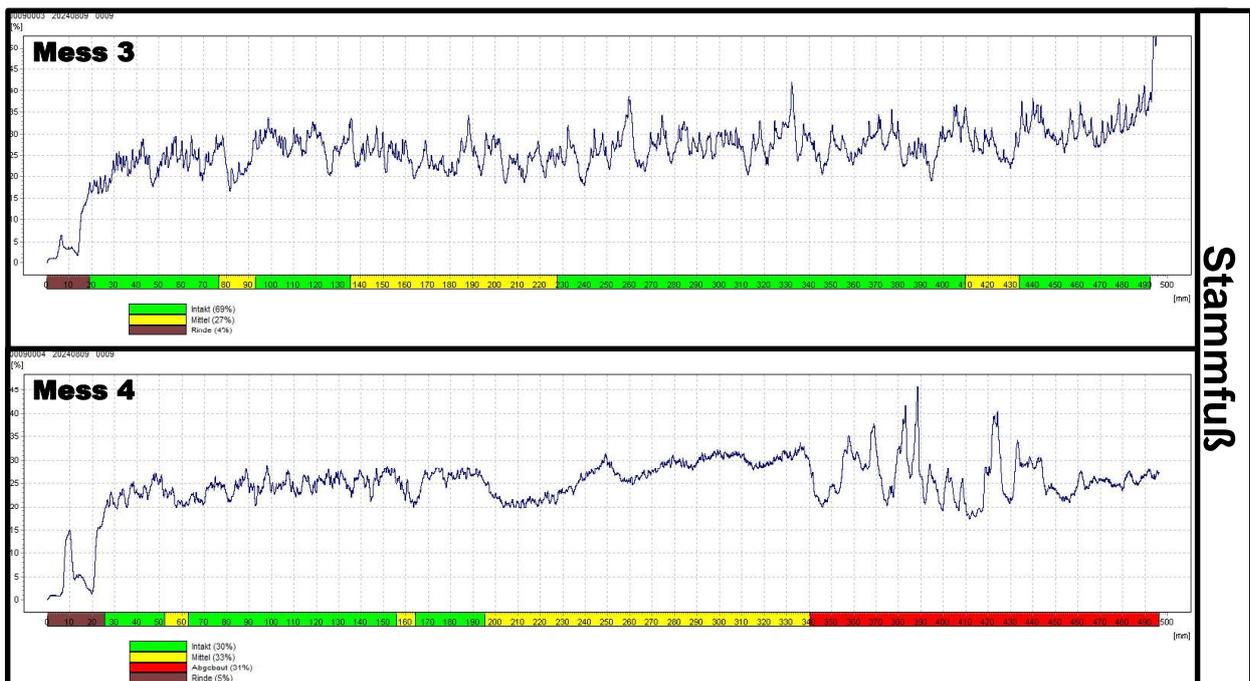
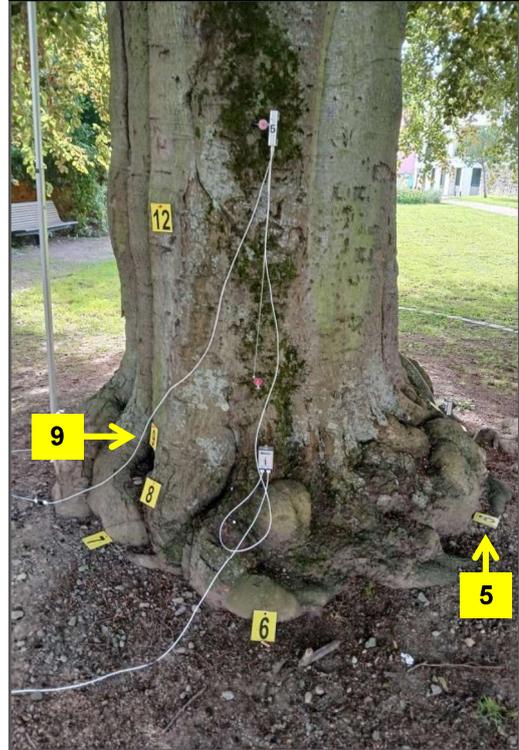


4.3 Blutbuche - Bohrwiderstandsmessungen (2/7)

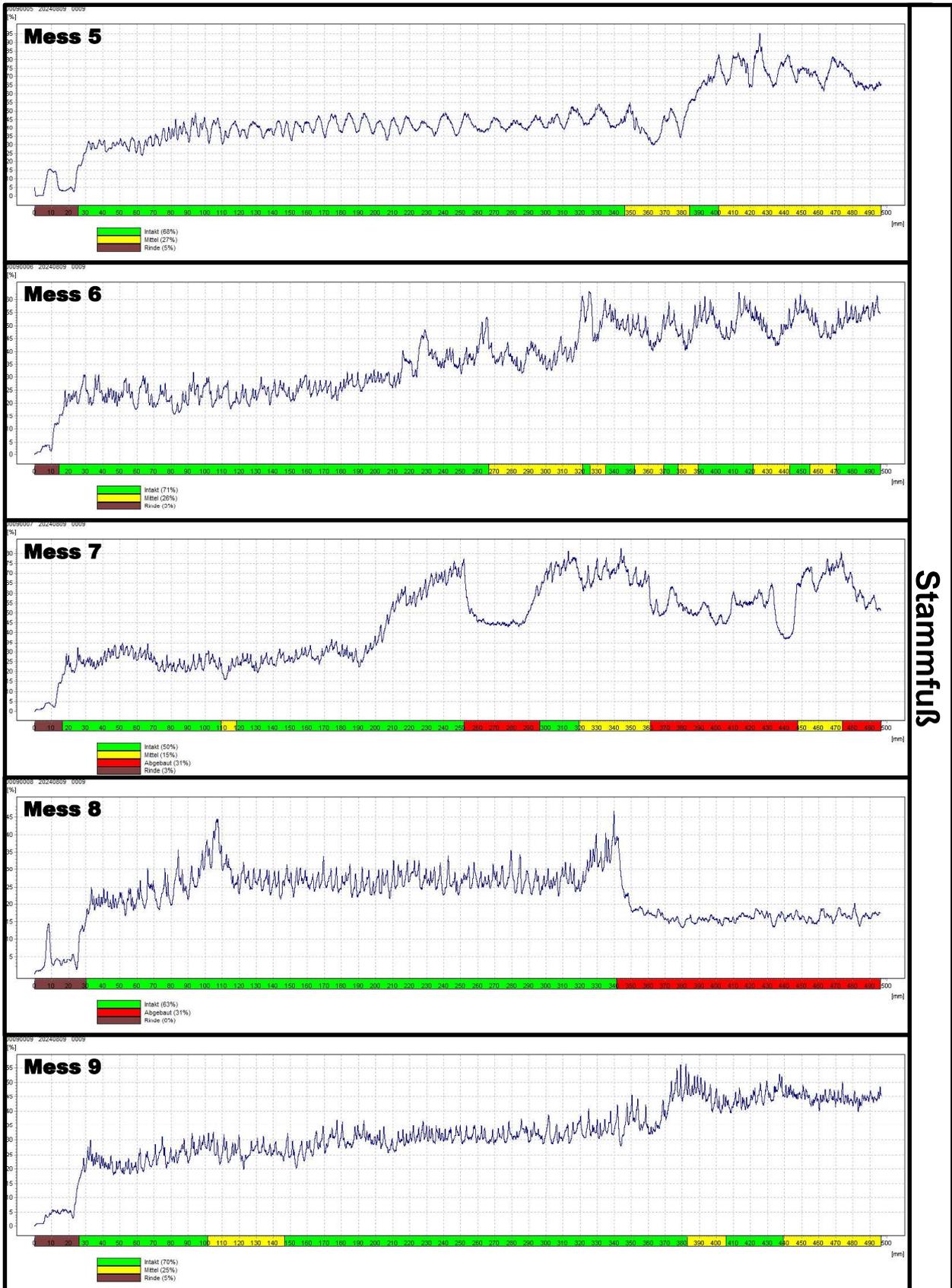
Abb. 4.3-03: Bohrwiderstandsmessplätze 4, 5 (radial, 20° schräg nach unten) und 11 (radial, horizontal)



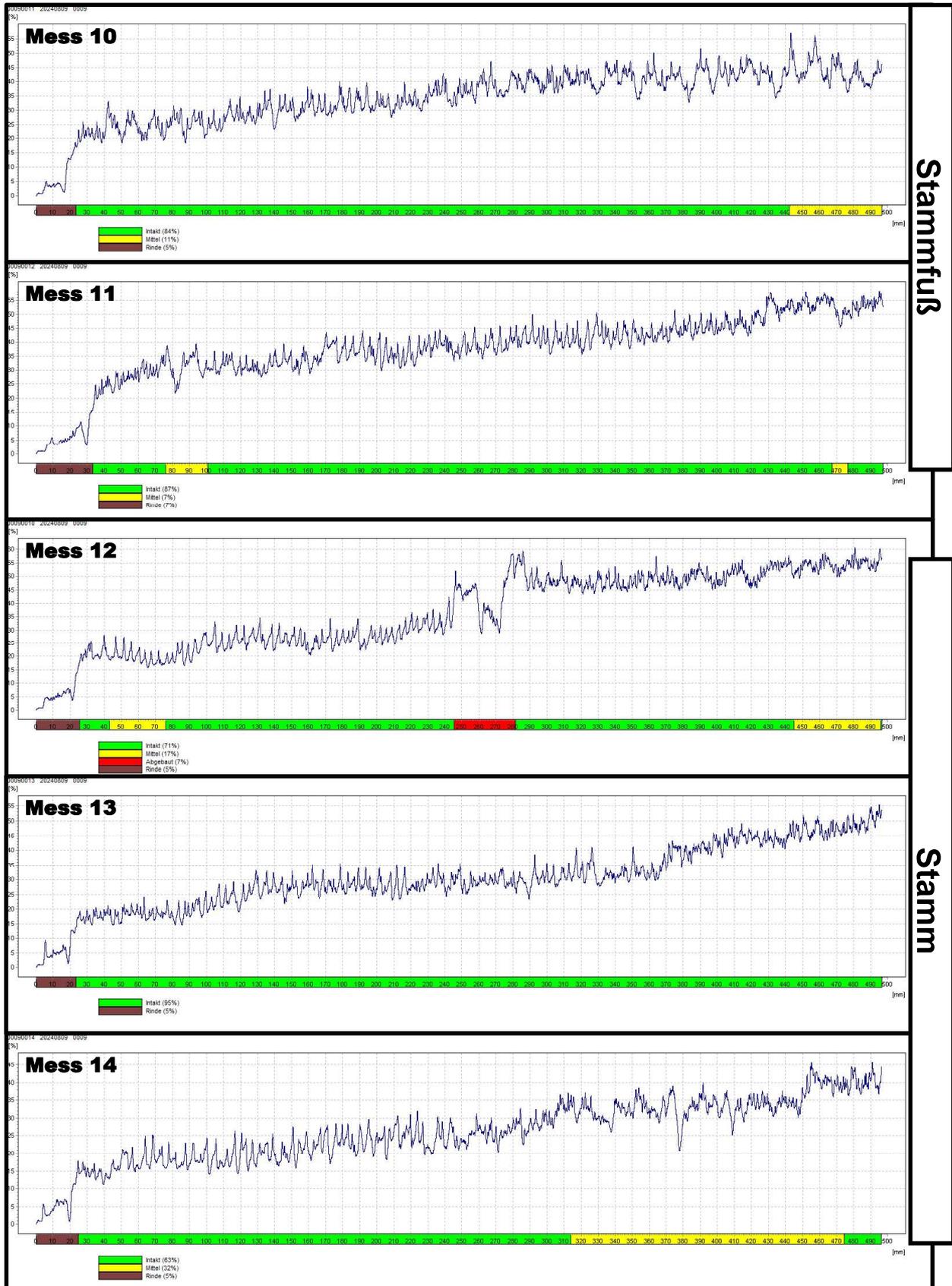
Abb. 4.3-04: Bohrwiderstandsmessplätze 5, 6, 7 (radial, 20° schräg n. unt.) und 8, 9 (radial, horizontal), 12 (tang., hor.)



4.3 Blutbuche - Bohrwiderstandsmessungen (3/7)



4.3 Blutbuche - Bohrwiderstandsmessungen (4/7)



Stammfuß

Stamm

4.3 Blutbuche - Bohrwiderstandsmessungen (5/7)

Auswertung/Ergebnis Bohrwiderstandsmessung am Stammfuß/Stamm

Die am Stammfuß und am Stamm der Buche durchgeführten Bohrwiderstandsmessungen zeigen ein, in Anbetracht der Wuchsform des Stammfußes, des Pilzbefalls sowie des Baumalters, erstaunlich positives Bild.

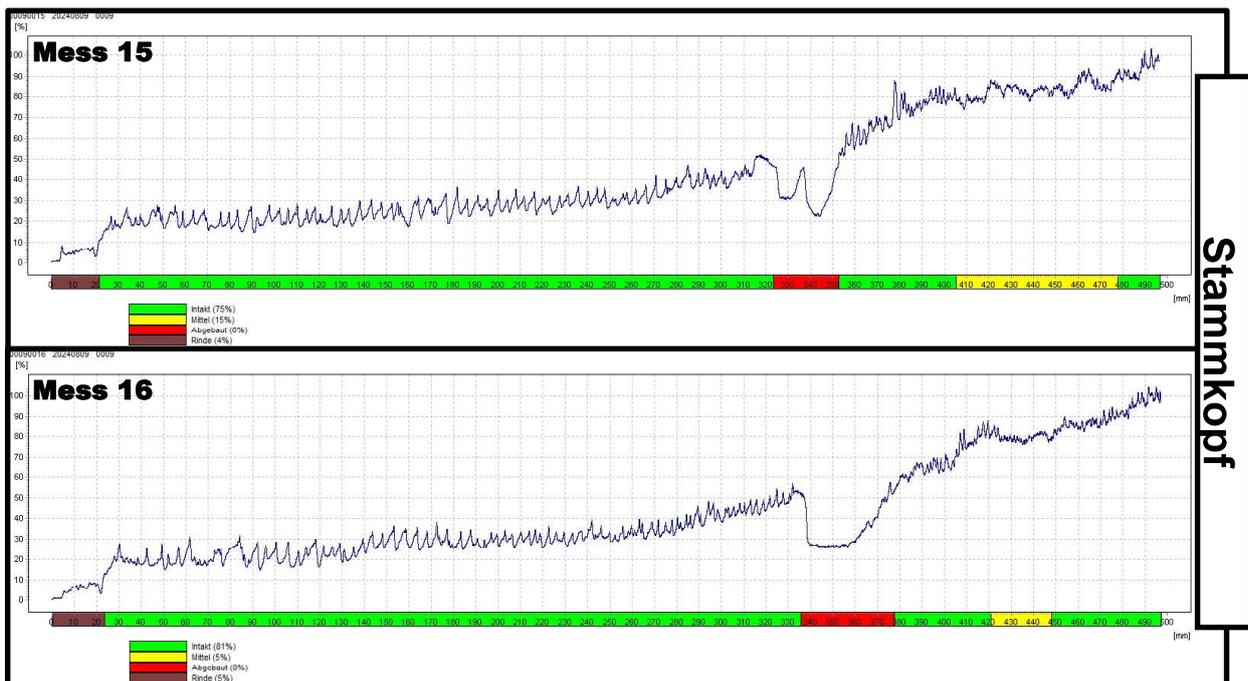
Die Messungen 1 bis 6 am Stammfuß deuten auf einen größtenteils intakten Holzkörper hin, wobei nur vereinzelte lokale Holzdichteverluste festgestellt wurden, die sich derzeit nicht negativ auf die Bruchsicherheit auswirken.

Die Messungen 7 bis 9 befinden sich in unmittelbarer Nähe der Faulstelle aus Abb. 4.2-13 und 4.2-14 nahe des Stammfußes. Es zeigt sich deutlich, dass sich die Fäule ausschließlich nach unten in Richtung des Wurzelstocks ausgebreitet hat. Im Hinblick auf den gesamten Stammfuß scheint die Fäule jedoch ebenfalls lokal begrenzt zu sein, sodass die Bruchsicherheit weiterhin gegeben ist.

Die weiteren Messungen 10 bis 14 am Stamm weisen, mit Ausnahme von Messung 12, durchweg einen intakten Holzkörper auf. Bei Messung 12 wurde mithilfe einer tangentialen Messung die am Stamm deutlich sichtbare Rindeneinwachsung untersucht. Diese spiegelt sich im Messgraphen wider, stellt aber aktuell keine Gefährdung dar. Langfristig könnte dies jedoch eine potenzielle Eintrittsstelle für Fäule und eine Störung im statischen Gefüge des Baumes darstellen.

4.3 Blutbuche - Bohrwiderstandsmessungen (6/7)

Abb. 4.1-06: Bohrwiderstandsmessplätze 15 und 16 (tangential, horizontal)



4.3 Blutbuche - Bohrwiderstandsmessungen (7/7)

Auswertung/Ergebnis Bohrwiderstandsmessung am Stammkopf

Messungen 15 und 16 wurden am Stammkopf tangential durch die dort vorgefundenen Rindeneinwallungen durchgeführt, um die Verschweißung der Holzkörper zu untersuchen. Beide Messgrafiken zeigen Holzdichteverluste in einer Tiefe von ca. 32 cm (Messung 15) bzw. 34 cm (Messung 16), weshalb von einer suboptimalen Anbindung ausgegangen werden muss. Aufgrund der bereits installierten Kronensicherungen besteht zum Zeitpunkt der Untersuchung keine Gefährdung der Bruchsicherheit.

Der restliche, mittels Bohrwiderstandsmessungen untersuchte Holzkörper ist intakt; es sind lediglich vereinzelt leichte Holzdichteverluste erkennbar.

4.4 Blutbuche - Zugversuch



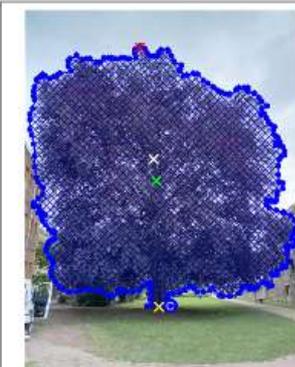
Projekt: 2024037

Baum Nr. Blutbuche

Report Nr. 2024037_1

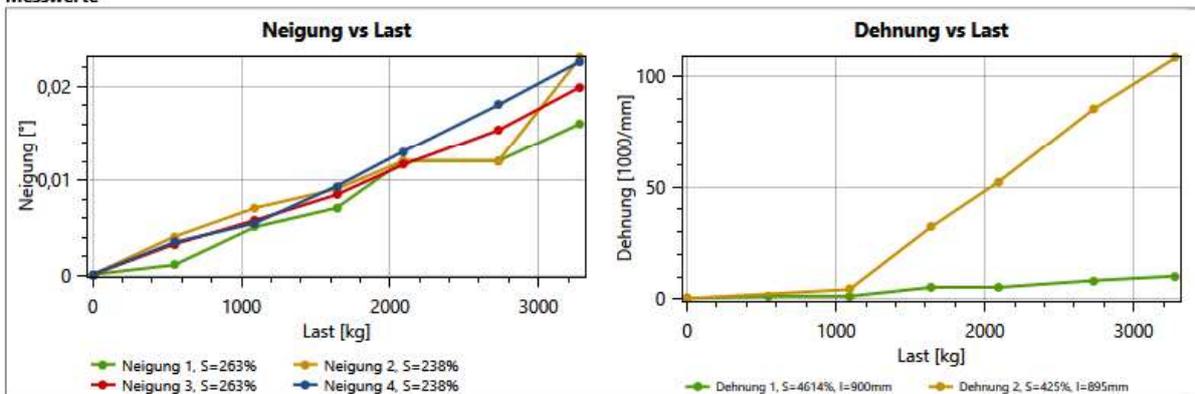
Datum: 12.08.2024

Gutachter: Kühn

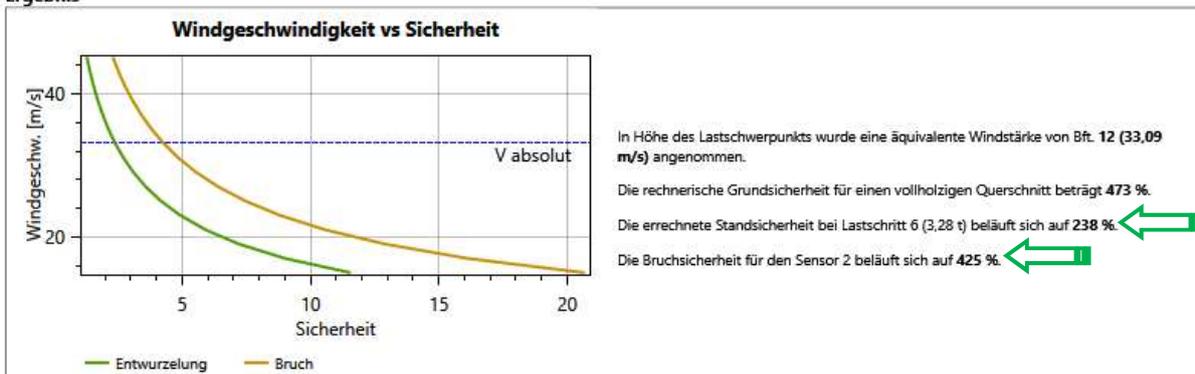


Ort:	Kleinstadt	Baumhöhe:	24 m
Geländefaktor alpha:	0,2	Durchmesser Stamm:	130 cm (2 cm Rinde, 1,3 m)
Bodengrenzschicht:	305 m	Kronenfläche:	447 m ²
Art:	Fagus sylvatica	Vwind effektiv LS:	33,09 m/s
Festigkeit:	2,25 kN/cm ²	Böenfaktor:	1,39
Elastizitätsgrenze:	0,26 %	Frequenzfaktor:	1,2
Cw Wert:	0,25	Luftdruck:	1000 mb
Lastschwerpunkt:	13,7 m	Lufttemperatur:	10 °C
Höhe Lasteinleitung:	6,2 m	Luftdichte:	1,23 kg/m ³
Ankerpunkt Distanz:	21 m	Windmoment:	1011,66 kNm
Ankerpunkt Höhenkorr.:	1 m		

Messwerte



Ergebnis



Auswertung/Ergebnis Zugversuch

Bei einer Windgeschwindigkeit von 33,09 m/s (entspricht Windstärke 12) weist die Blutbuche für die

Standsicherheit einen **Sicherheitsfaktor von 2,38**

und für die

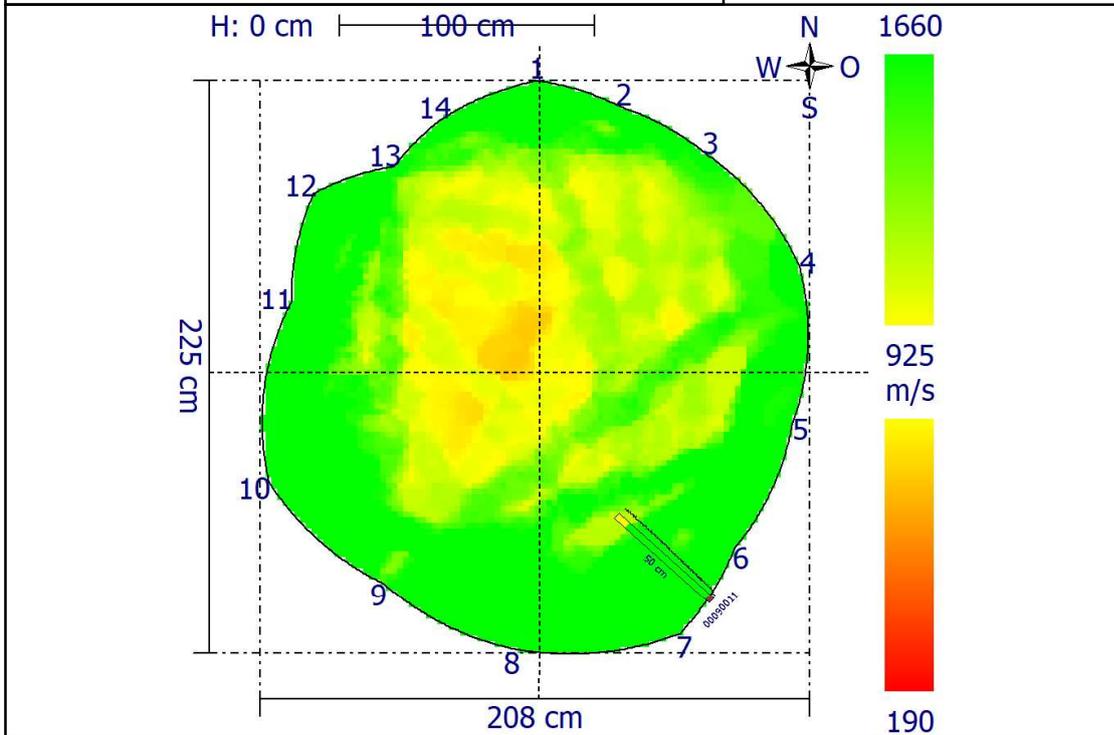
Bruchsicherheit einen **Sicherheitsfaktor von 4,25** auf.

Ein Baum gilt als sicher, wenn die Sicherheitsfaktoren über 1,5 liegen.

Zum Zeitpunkt der Untersuchung ist die Buche sowohl stand- als auch bruchsicher. Im Vergleich zu der Grundsicherheit ist jedoch eine beginnende Schwächung der Standsicherheit, vermutlich aufgrund des Pilzbefalls, erkennbar.

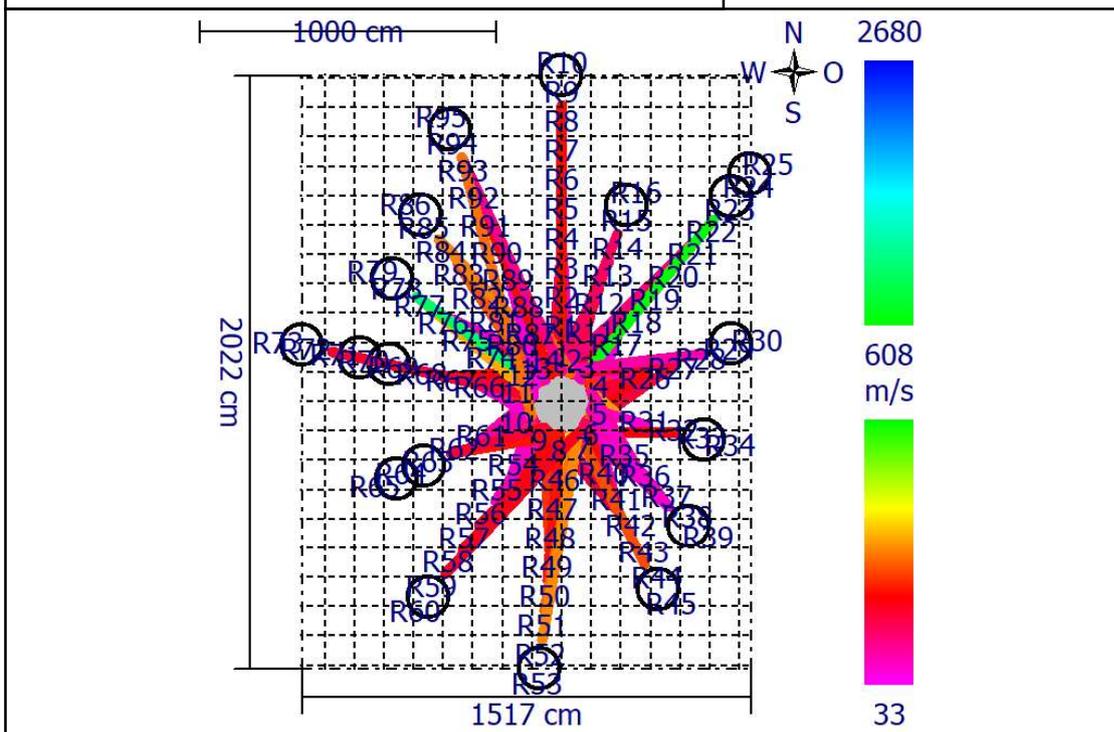
4.4 Blutbuche - Impuls- & Wurzelstrangtomographie

Abb. 4.4-01: Impulstomographie am Stammfuß in ca. 10 cm Höhe



Auswertung/Ergebnis Impulstomographie: Holzdichteverluste im Stammfußzentrum

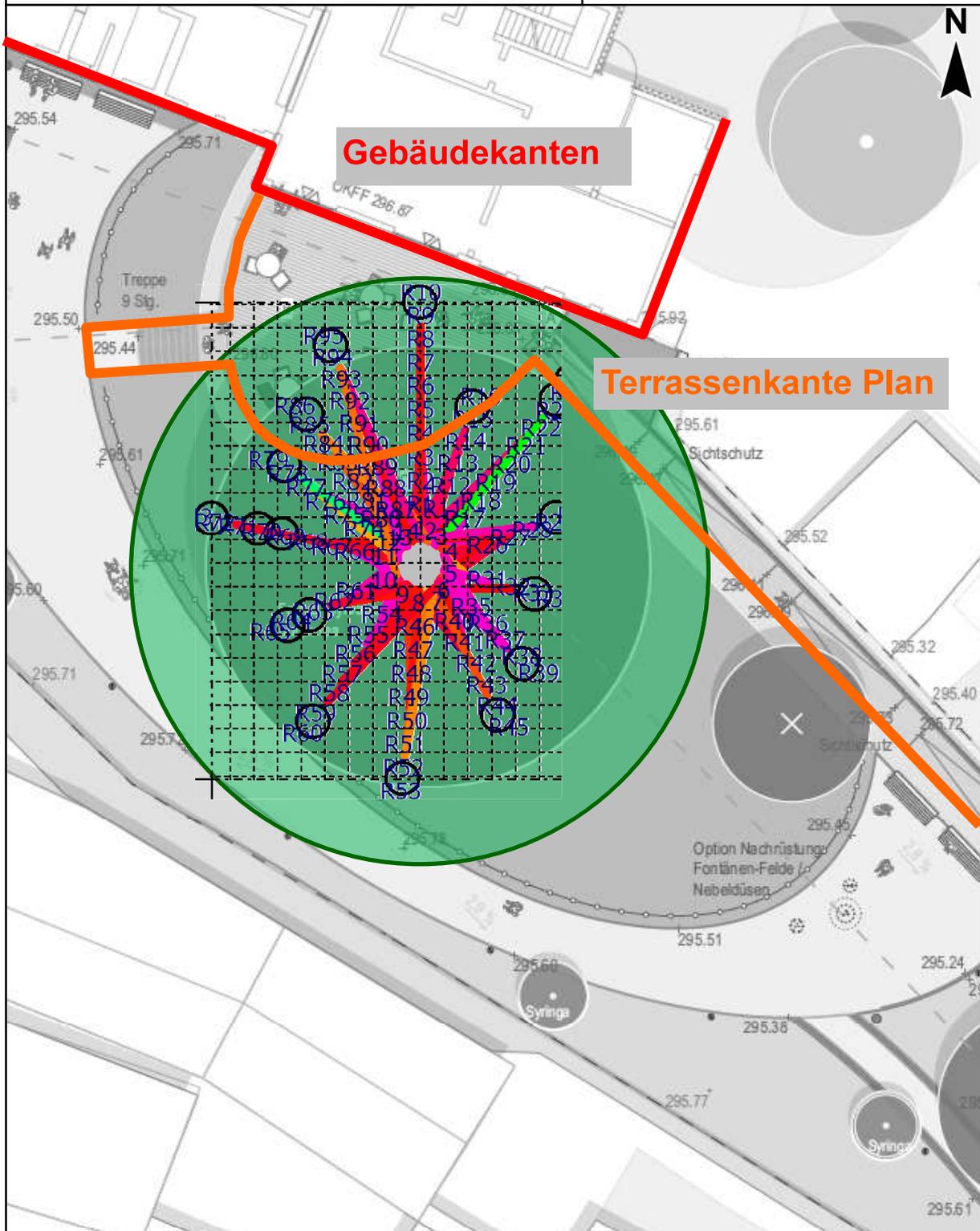
Abb. 4.4-02: Wurzelstrangtomographie - zeigt die radiale Wurzelausdehnung der Blutbuche



4.4 Wurzelstrangtomographie

Abb. 4.4-03: Lage der Wurzelstrangtomographie im Plan,

Quelle: RoosGrün über Haß



4.4 Blutbuche - Wurzelstrangtomographie (2/2)

Auswertung/Ergebnis Wurzelstrangtomographie

Abb. 4.4 zeigt die Ergebnisse der Wurzelstrangtomographie im zur Verfügung gestellten Entwurfsplan.

Es wird deutlich, dass die Wurzeln (Stark- und Grobwurzeln) nicht über den Kronentraufbereich der Blutbuche hinauswachsen. In östlicher Richtung ist das radiale Wachstum am geringsten ausgeprägt; in den meisten Wurzelsträngen der Tomographie sind hinter den im Boden eingebrachten Kantensteinen keine Wurzeln mehr feststellbar.

Im Norden, Westen und Süden hingegen ist die radiale Wurzelausbreitung stark ausgeprägt, sodass in nördlicher Richtung noch in einer Entfernung von etwa 9 m vom Stamm Wurzeln detektiert werden konnten.

Der geplante Terrassenanbau im Norden bzw. Nordwesten des Baumes überschneidet sich deutlich mit dem vorliegenden Wurzelverlauf.

4.6 Blutbuche - Georadar

Abb. 4.6-01: Mittels Georadar in Messfelder 1 bis 5 an der Blutbuche soll die Tiefenlage der, in Strangtomographie festgestellten, Wurzel - D (Hyperbelöffnungswinkel), fachlich abgeschätzt werden.



Abb. 4.6-02: Georadar-Messfeld Nr. 1;
Größe ca. 19x7,2 m

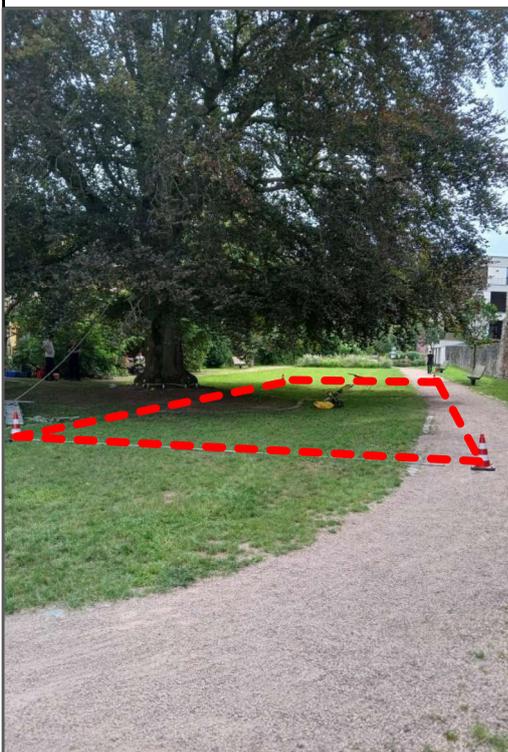


Abb. 4.6-03: Georadar-Messfeld Nr. 2;
Größe ca. 14x8,4 m



4.6 Blutbuche - Georadar

Abb. 4.6-04: Georadar-Messfeld Nr. 3;
Größe ca. 19x3,3 m

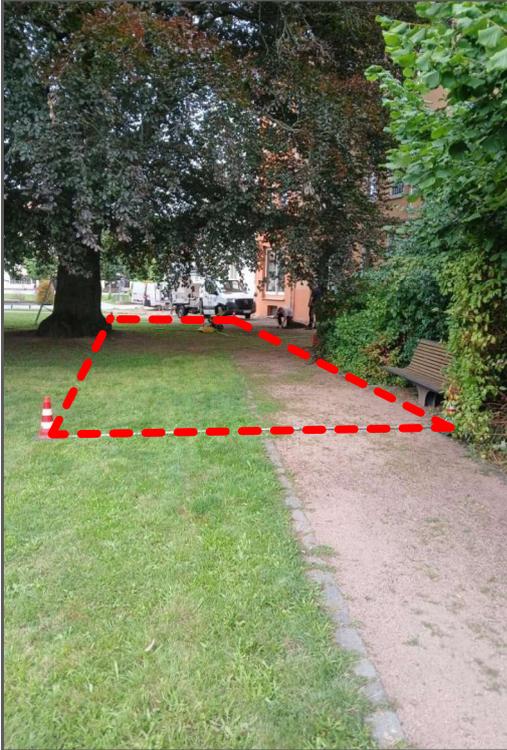


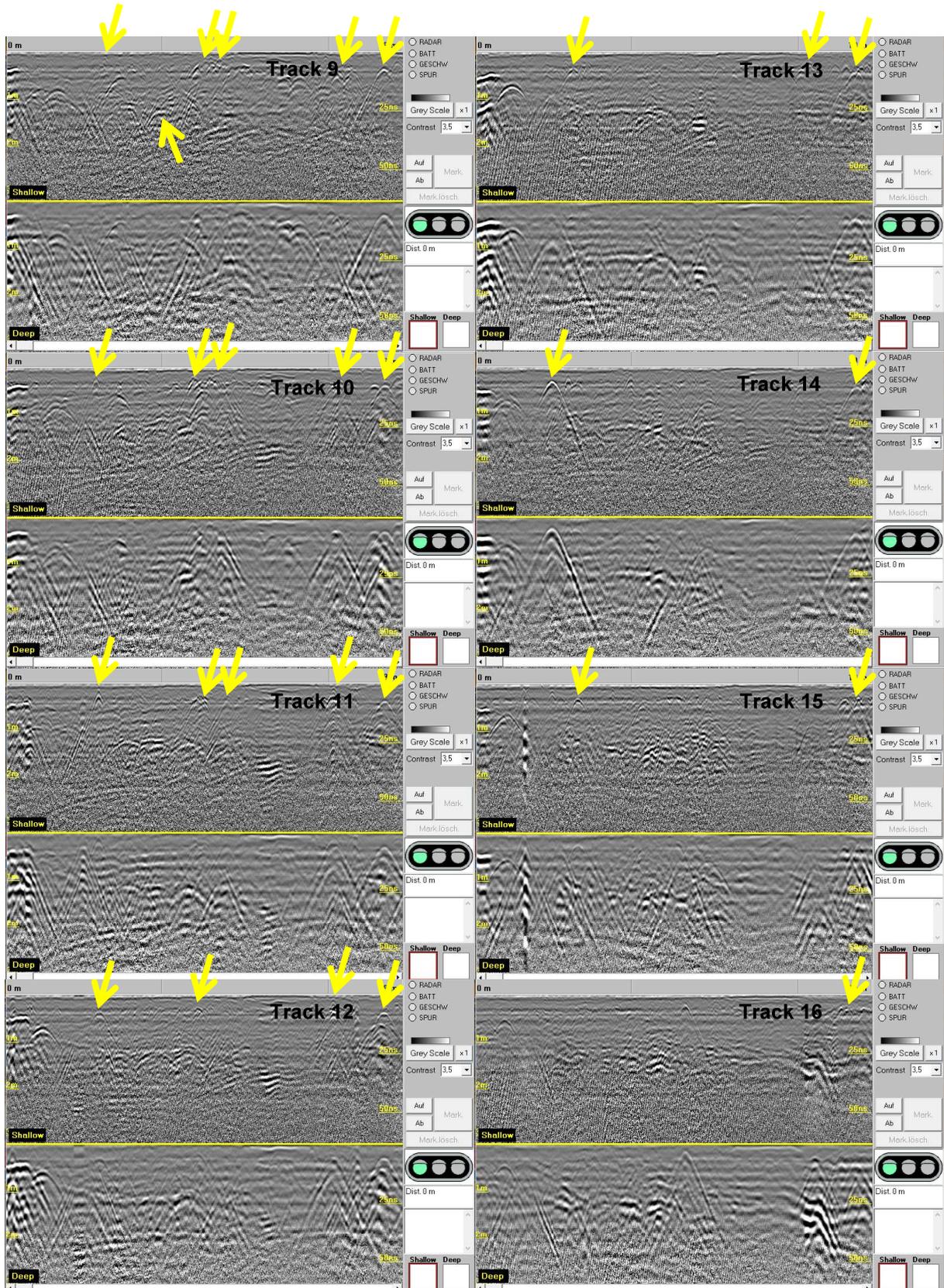
Abb. 4.6-05: Georadar-Messfeld Nr. 4;
Größe ca. 11x4,2 m



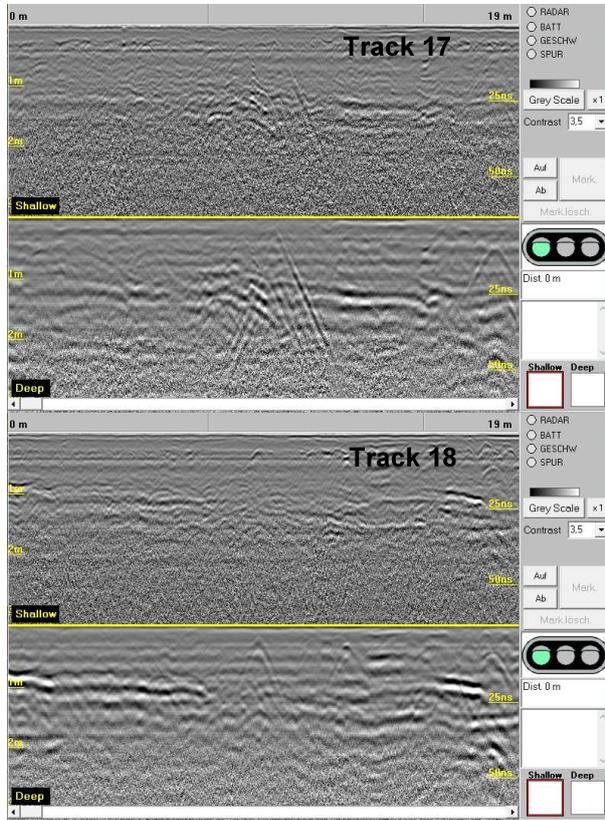
Abb. 4.6-06: Georadar-Messfeld Nr. 5;
Größe ca. 15x6,6 m



4.6 Blutbuche - Georadar Messfeld Nr. 01 (2/3)

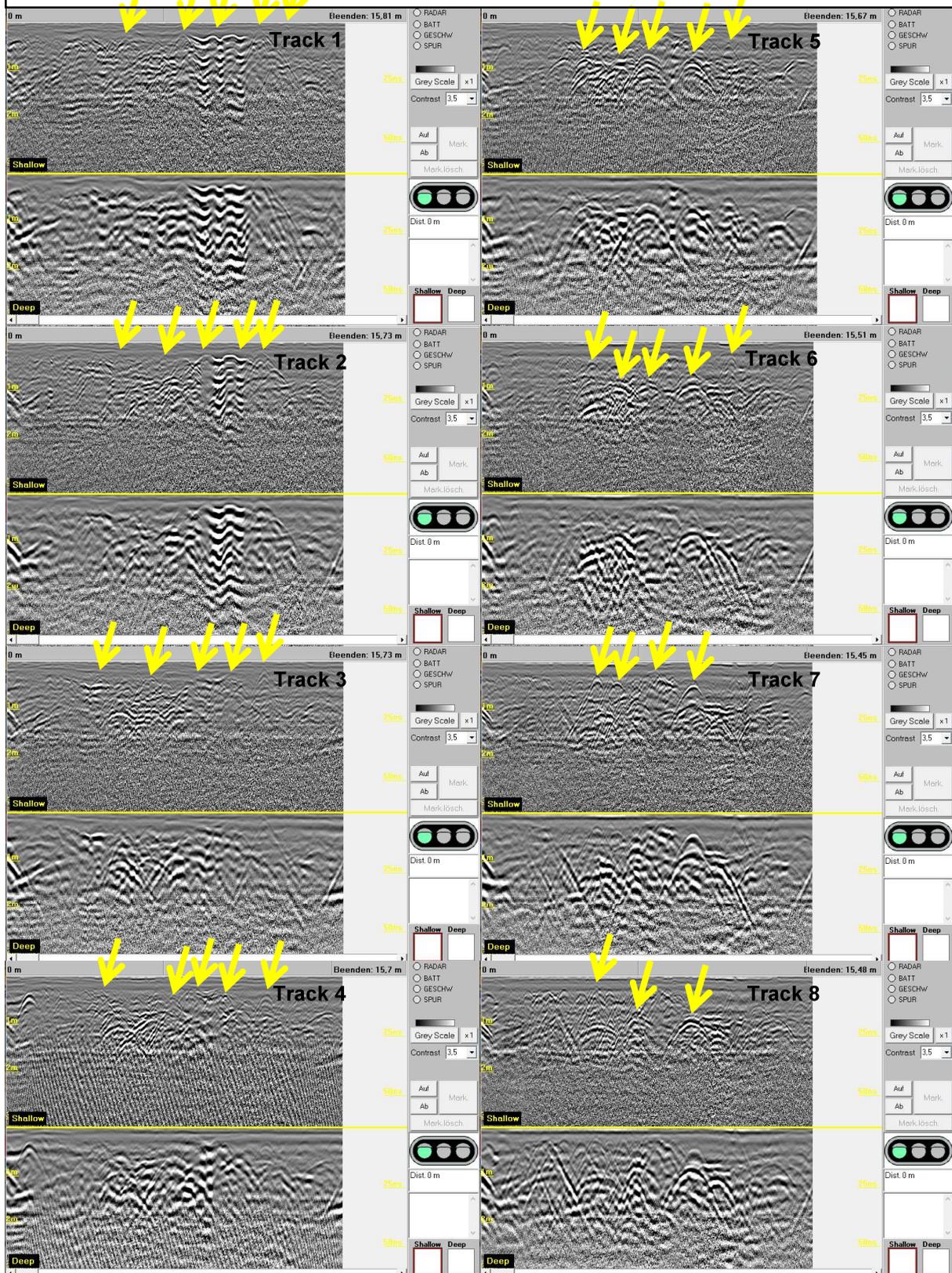


4.6 Blutbuche - Georadar Messfeld Nr. 01 (3/3)

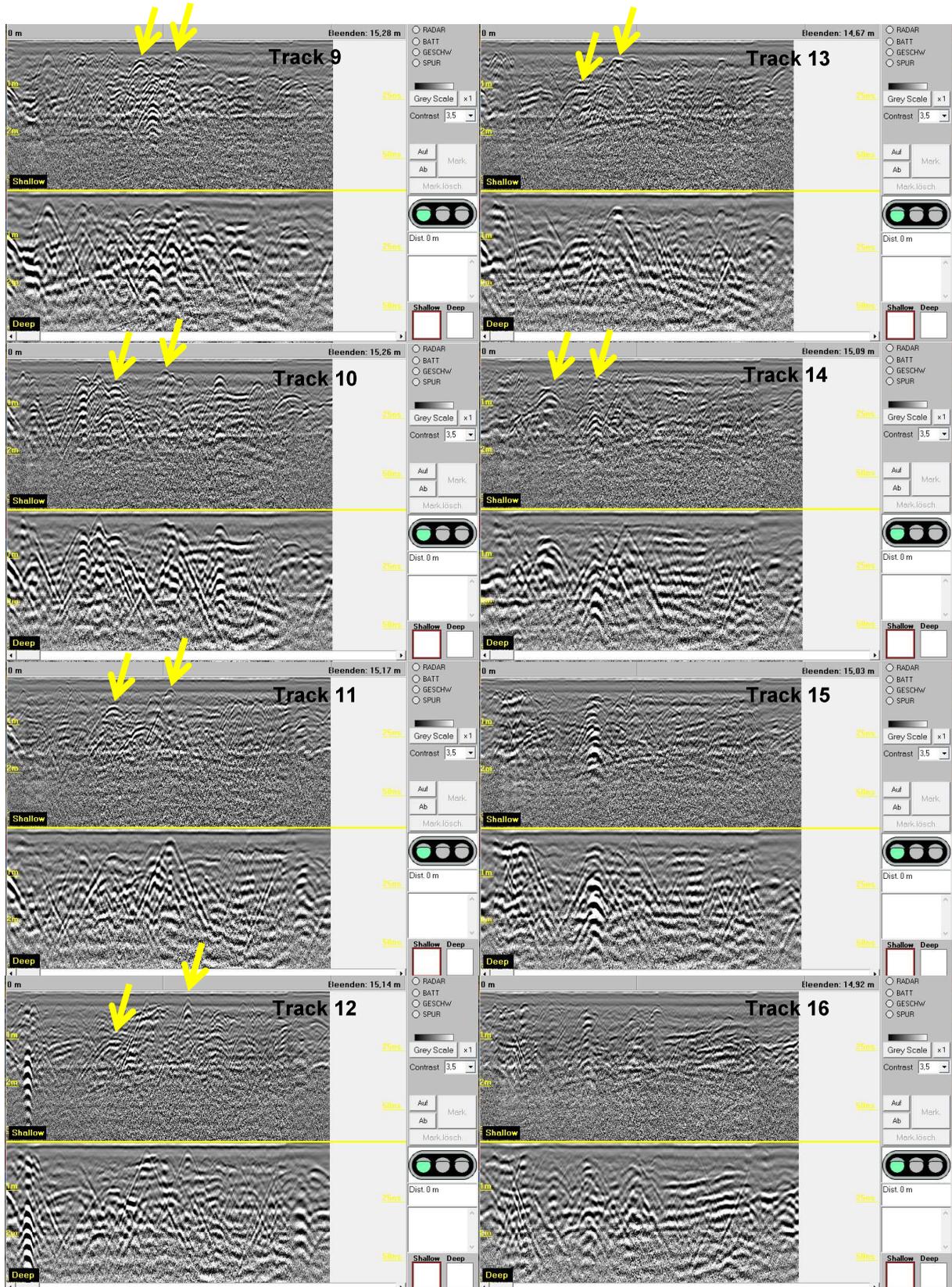


4.6 Blutbuche - Georadar Messfeld Nr. 02 (1/3)

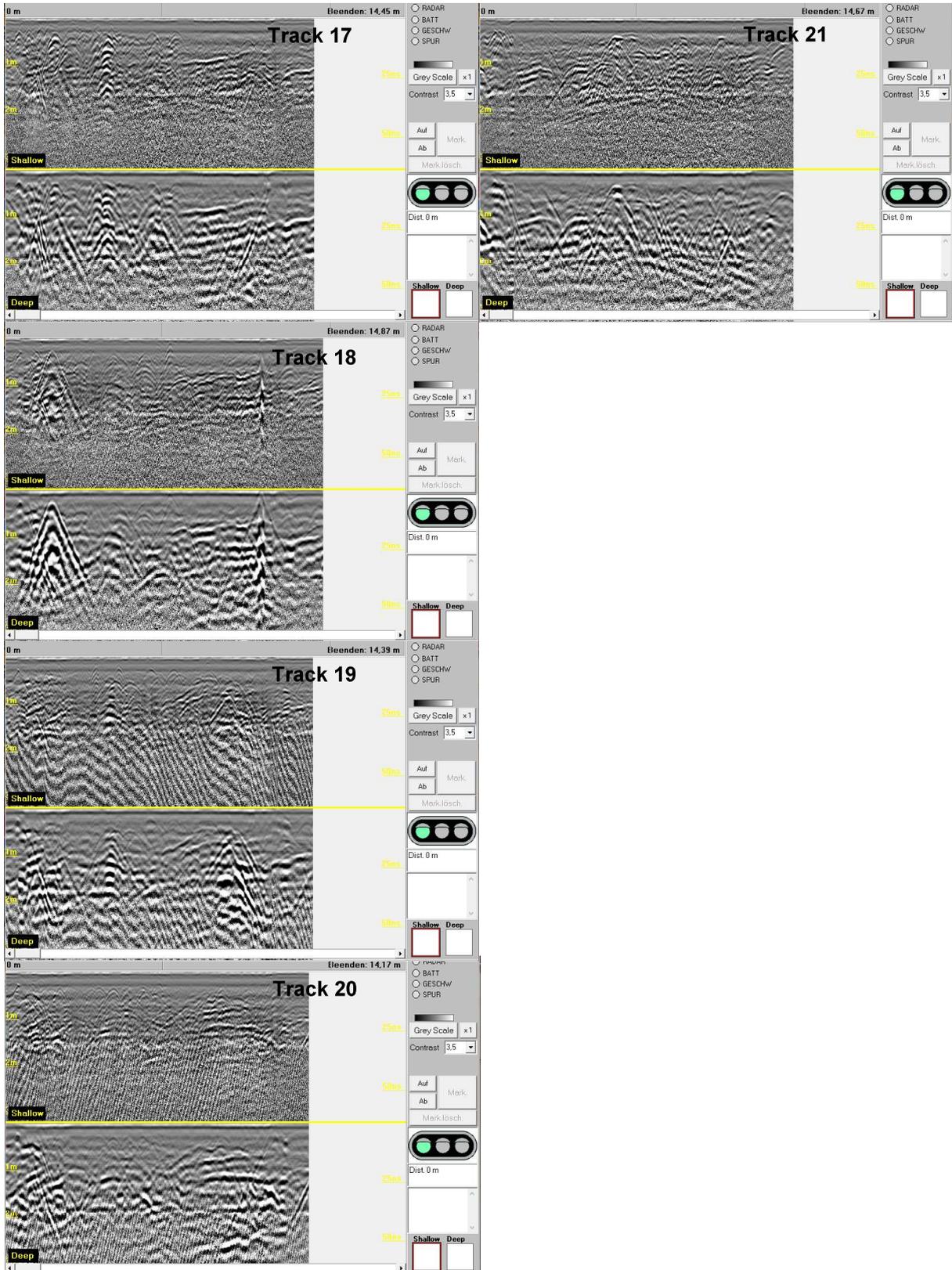
Auswertung: Es sind Wurzeln bis etwa zu einer Entfernung von 4 Metern vom Stamm feststellbar. Diese befinden sich größtenteils im Fein-/Grobwurzelbereich und verlaufen in einer Tiefe von maximal bis zu einem Meter.



4.6 Blutbuche - Georadar Messfeld Nr. 02 (2/3)

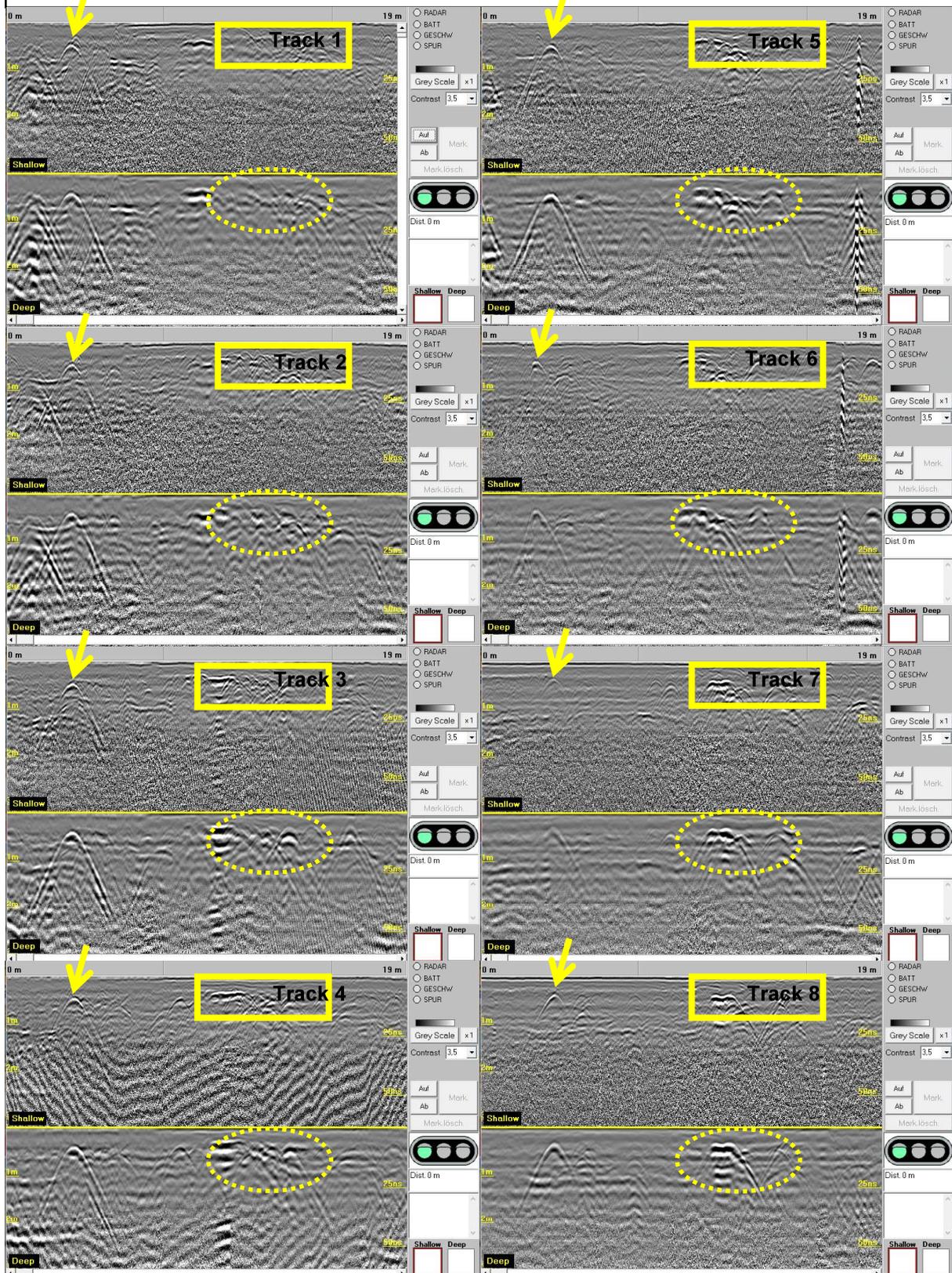


4.6 Blutbuche - Georadar Messfeld Nr. 02 (3/3)

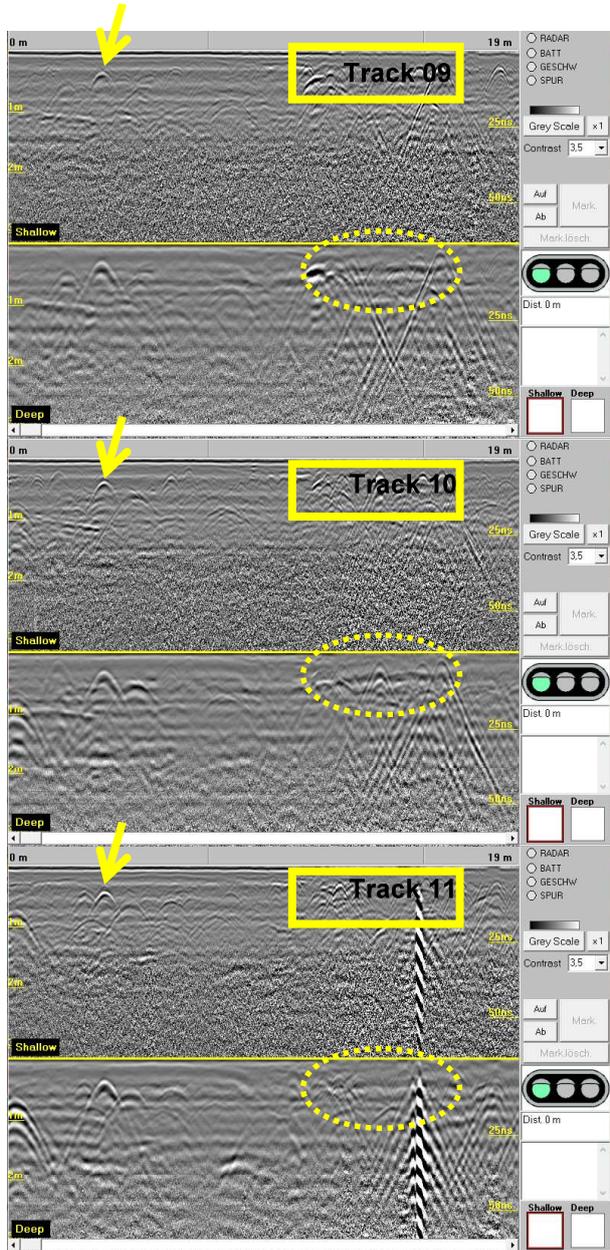


4.6 Blutbuche - Georadar Messfeld Nr. 03 (1/2)

Auswertung: Die Ergebnisse der radialen Wurzelraumsondierung stimmen gut mit denen des Georadars überein. Es konnten zahlreiche recht starke (bis Starkwurzeldimension), eher flach (bis maximal a. 0,75 m Tiefe) verlaufende, Wurzeln detektiert werden.

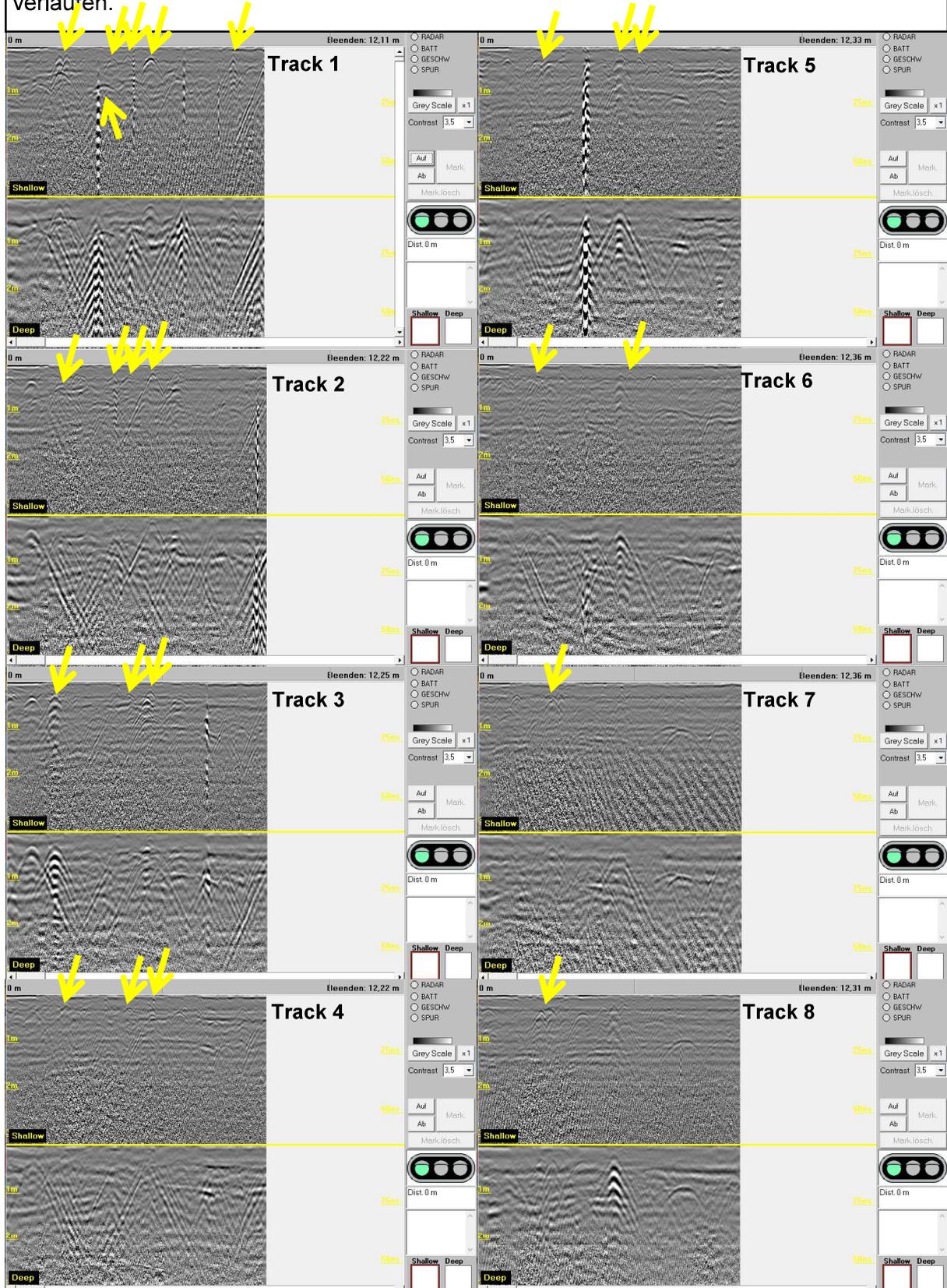


4.6 Blutbuche - Georadar Messfeld Nr. 03 (2/2)

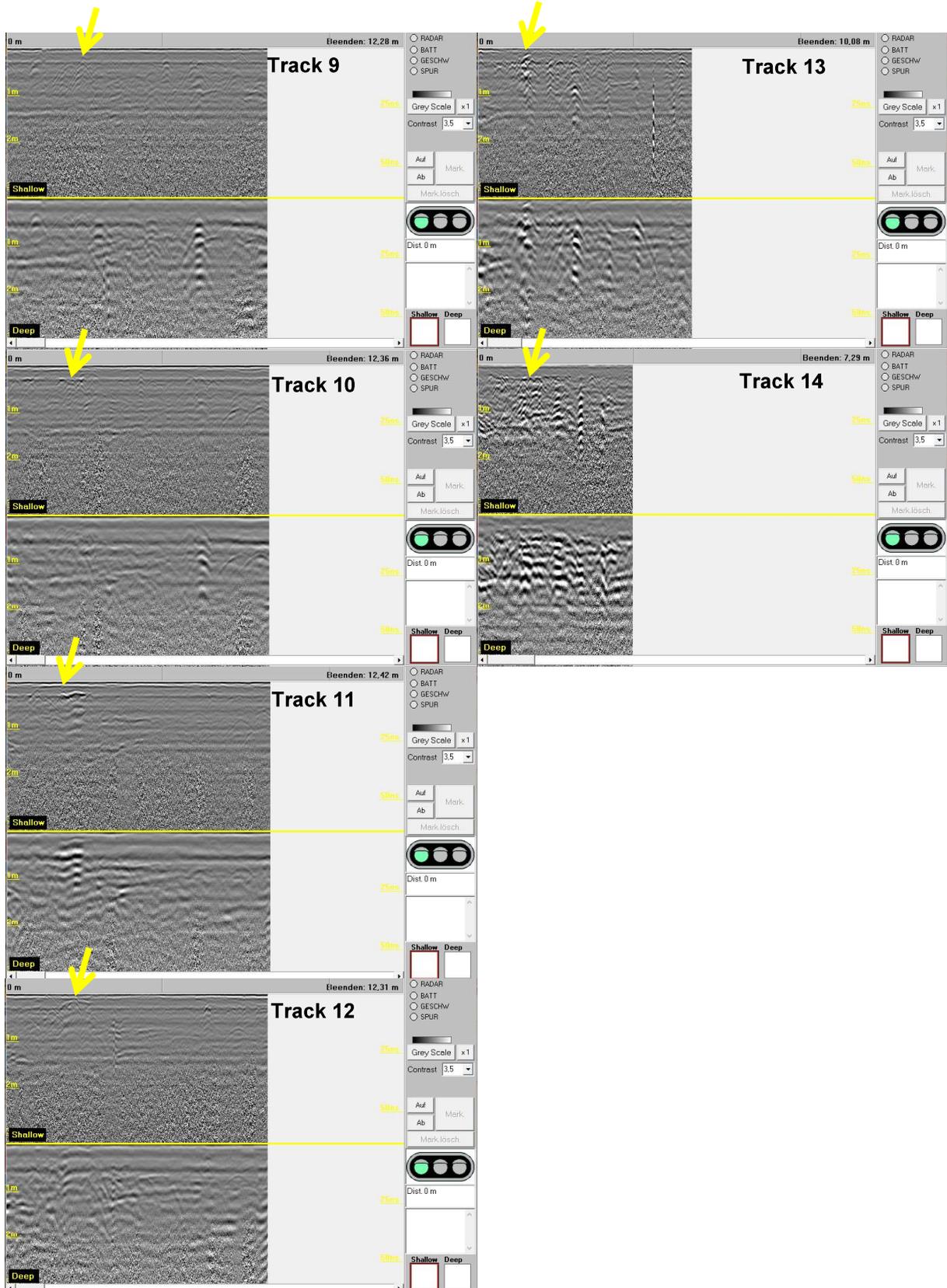


4.6 Blutbuche - Georadar Messfeld Nr. 04 (1/2)

Auswertung: Die Georadarmessungen deuten auf zahlreiche Wurzeln in Messfeld Nr. 5 hin, wovon einzelne, ca. in Grobwurzeldimension, bis kurz vor das benachbarte Gebäude verlaufen.

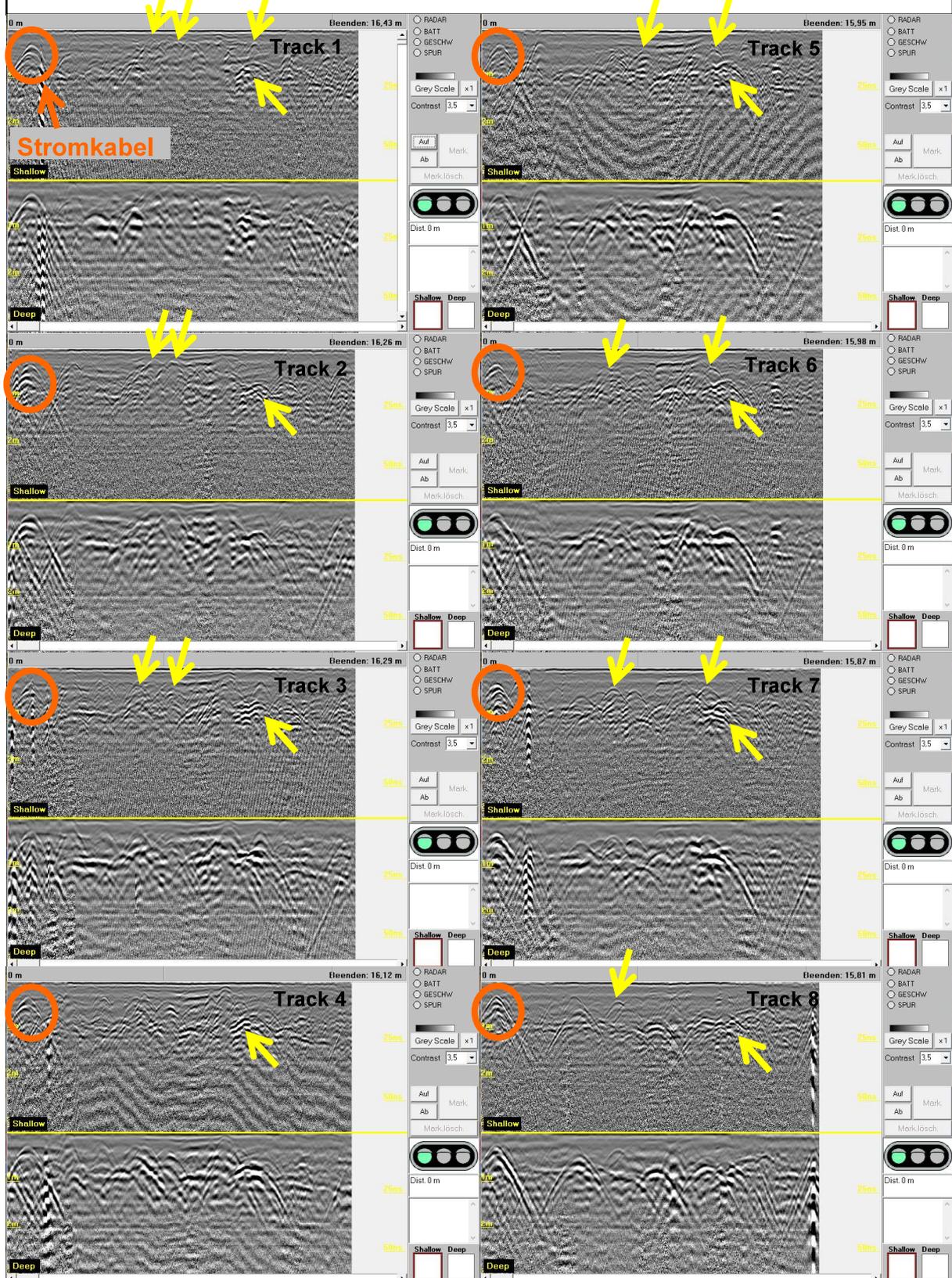


4.6 Blutbuche - Georadar Messfeld Nr. 04 (2/2)

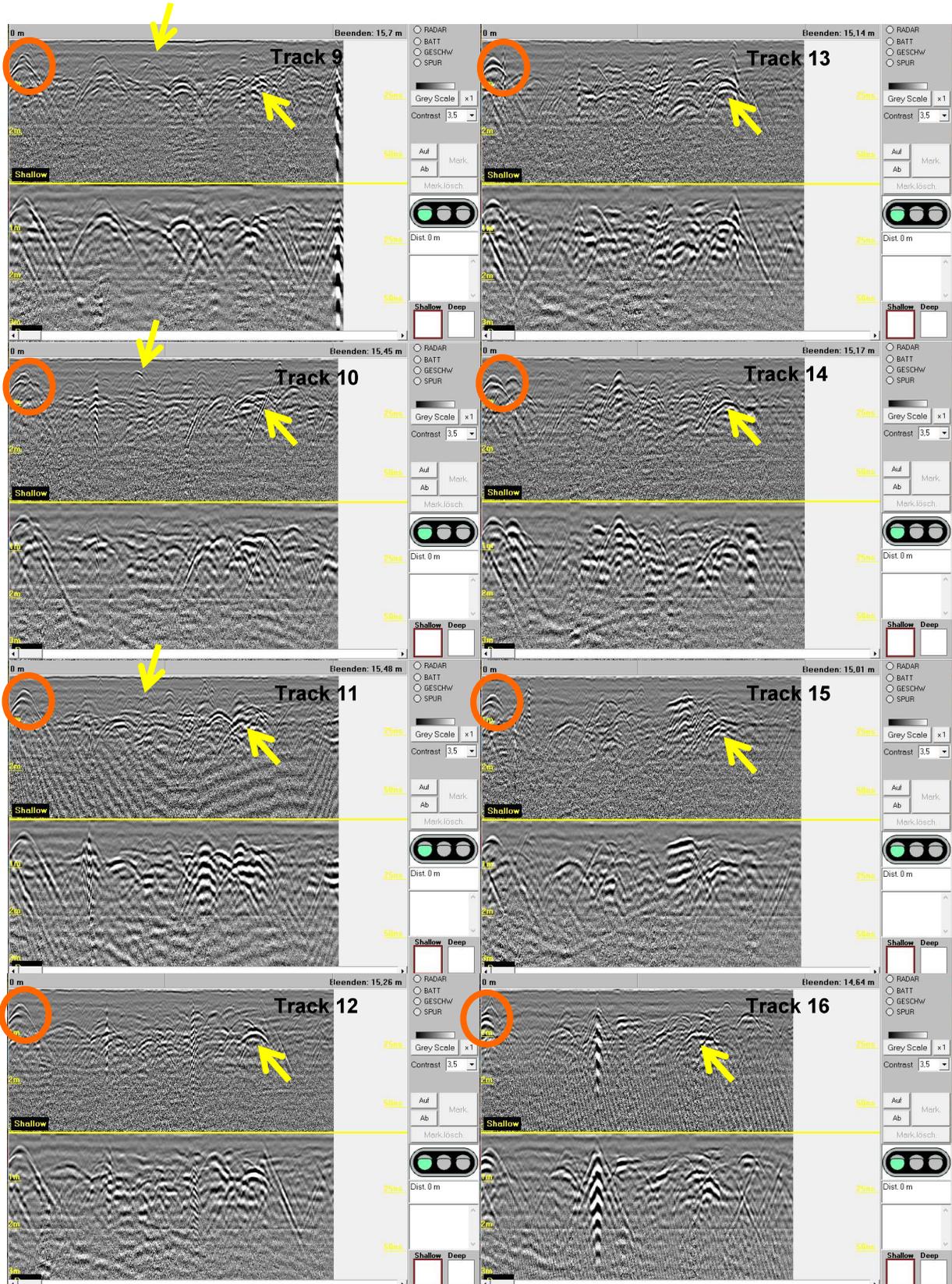


4.6 Blutbuche - Georadar Messfeld Nr. 05 (1/2)

Auswertung: Bei dem orange markierten Hindernis handelt es sich sehr wahrscheinlich um das vom AG erwähnte Stromkabel. Weiter wurden, bis auf eine Ausnahme, lediglich oberflächennahe Wurzeln mit größtenteils geringem Durchmesser festgestellt.



4.6 Blutbuche - Georadar Messfeld Nr. 05 (2/2)



4.7 Blutbuche - Jahrringanalyse (1/3)

Abb. 4.7-01: Messpunkte mit dem Zuwachsbohrer, Probe Z1 (radial, horizontal)



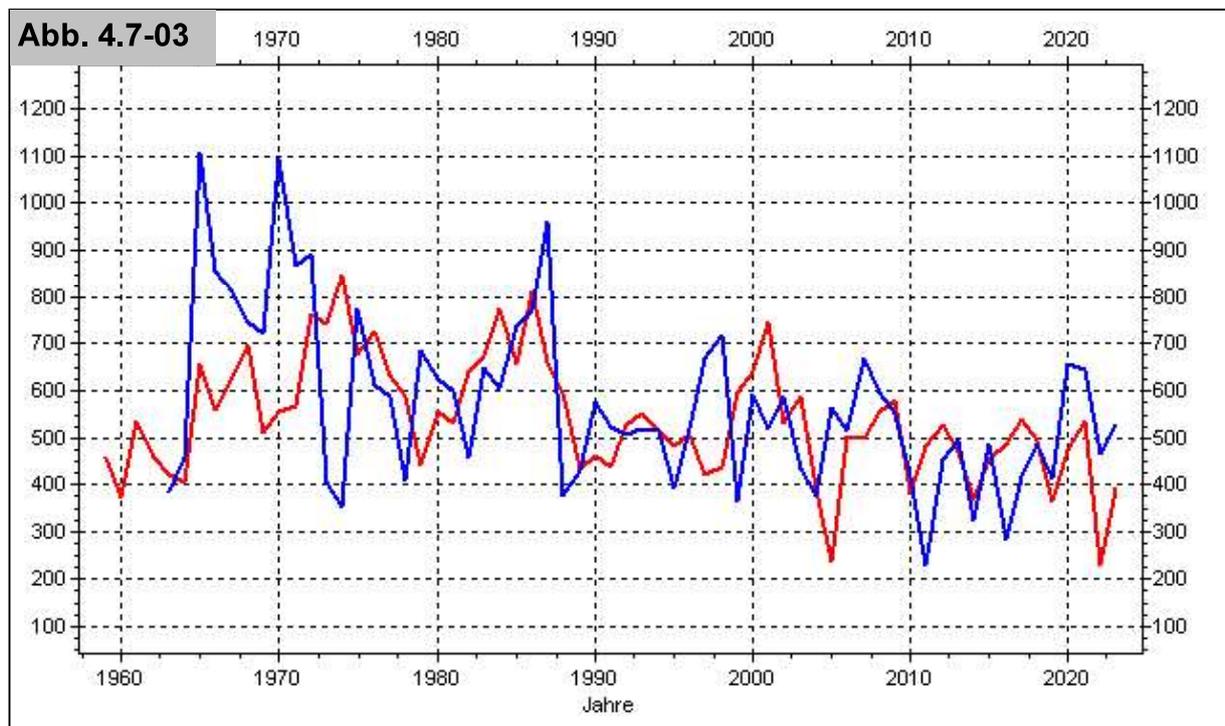
Abb. 4.7-02: Messpunkte mit dem Zuwachsbohrer, Probe Z2 (radial, horizontal)



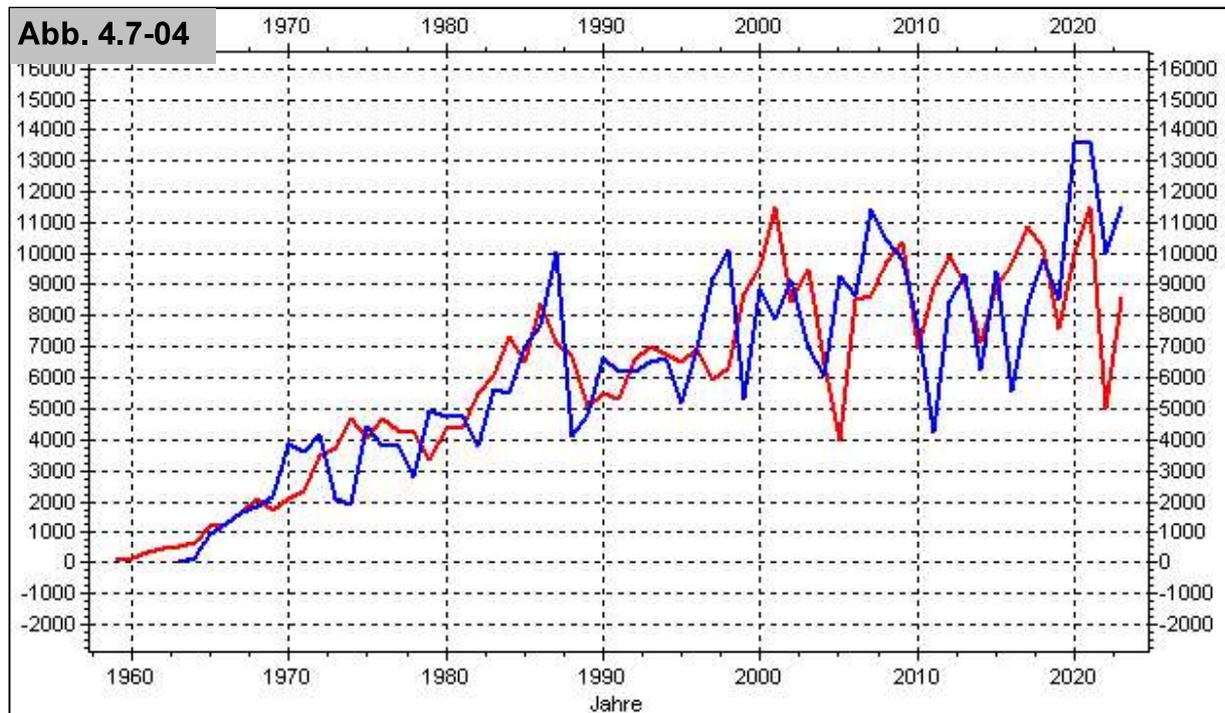
4.7 Blutbuche - Jahrringanalyse (2/3)

Der entnommene Bohrkern der Probe 1 (**Probe 2 in blau**) weist eine Länge von 355 mm (**350 mm**) auf, wobei das Stammzentrum aufgrund des hohen Durchmessers der Buche nicht erreicht wurde. Insgesamt wurden 61 (**65**) Jahrringe (exklusive des aktuellen, „unfertigen“ Jahrrings aus 2024) detektiert. Der Durchmesser des Stammes in Richtung der Proben beträgt ca. 1300 mm inkl. Borke. Der Radius (abzgl. Borke, 15 mm) errechnet sich daraus auf etwa 635 mm. Der älteste erfasste Jahrring datiert auf das Jahr 1962 (**1958**).

Die nachfolgende Abbildungen (Abb. 4.7–03 und –04) beinhaltet die relativ skalierten Zuwachsbreiten (Abb. 4.7–03) und die Zuwachstrendlinien (Abb. 4.7–04) der Probe 1 (**rot**) und der Probe 2 (**blau**) in 1/100 mm bzw. 1/1000 mm-Schritten.



4.7 Blutbuche - Jahrringanalyse (3/3)



Ergebnis/Auswertung Jahrringanalyse:

Die Bohrkerne wurden im Sommer (August) 2024 am Stamm in ca. 1,0 m Höhe entnommen. Die Jahrringdatierung geht bei Bohrkern Nr. 2 bis ins Jahr 1958 (Bohrkern 1 bis ins Jahr 1962) zurück, wobei die Markröhre des Stammes aufgrund des hohen Durchmessers nicht erreicht wurde und somit keine endgültige Altersbestimmung möglich ist. Lediglich das Mindestalter kann sicher auf 65 Jahre fixiert werden.

Während die Entwicklung der Jahrringbreite einen leichten Rückgang zeigt, weisen die daraus errechneten Jahrring-Zuwachsflächen eine, mit hohen Schwankungen gekoppelten, tendenziell eher positive Entwicklung auf.

Insgesamt ist die Entwicklung über der Zuwachsflächen als alters- und arttypisch einzustufen. In Bezug auf das Alter weist die Blutbuche noch ein der Situation entsprechend „gutes“ Dickenwachstum auf. Eine deutliche Schwächung der Vitalität ist anhand der Jahrringanalyse nicht erkennbar.

Zusammenfassung 6

Der in diesem Gutachten untersuchte Baum, eine Blutbuche (*Fagus sylvatica* 'Atropurpurea'), befindet sich auf dem Platz-Stadt-Fontaine in Schmalkalden und prägt mit seinem ansprechenden Erscheinungsbild das Ortsbild. Die Vitalität des Baumes wird als „gut bis befriedigend“ (entsprechend den Schulnoten 2–3) bewertet. Der Standort des Baumes ist als günstig einzustufen: Die Standfläche besteht überwiegend aus grasbewachsenem Erdreich, und nur ein geringer Teil des Wurzelbereichs (Kronentraufe +1,5 m) ist verdichtet. Die umgebenden Gebäude bieten zudem einen verhältnismäßig guten Windschutz für die Krone. Aufgrund der Fußwege, die unterhalb der Krone verlaufen, wird an den Standort eine hohe Sicherheitserwartung gestellt.

Der Stammfuß der Blutbuche ist durch Wucherungen gekennzeichnet. Es ist eine Faulstelle erkennbar, aus der in den vergangenen Jahren, nach Aussagen des Auftraggebers, ein Pilzfruchtkörper austrat. Da zum Zeitpunkt der Untersuchung kein Fruchtkörper sichtbar war, konnte der Pilz vom ISB UrbanForestry nicht eindeutig bestätigt oder bestimmt werden. Bohrwiderstandsmessungen sowie eine Impulstomographie am Stammfuß zeigen Holzdichteverluste im Stammfußzentrum und im direkten Umfeld der Faulstelle. Aktuell sind diese Holzdichteverluste jedoch noch nicht so stark ausgeprägt, dass sie die Bruchsicherheit des Baumes beeinträchtigen würden.

Entlang des Stammverlaufs bis zum Stammkopf sind Einwallungen und Rindeneinwachsungen sichtbar, die zwar die Integrität des Stammes nicht beeinträchtigen, jedoch das Risiko des Ausbruchs eines Starkastes unmittelbar am Stammkopf erhöhen. In der Krone wurden bereits zwei Kronensicherungen installiert, um einen Starkast zu fixieren. Es handelt sich hierbei jedoch um dynamische Sicherungen mit Ruckdämpfern, die für ihre Funktion als Trag- und Haltesicherung durch jeweils ein System aus einer dyn. verbauten Kronensicherung in 2/3 der Gesamtbaumhöhe sowie einer stat. Kronensicherung möglichst nah zum Stammkopf. In der Krone ist Totholz bis zur Grobastdimension vorhanden, das zeitnah entfernt werden muss.

Zur Feststellung der Standsicherheit des Baumes wurde ein sog. Zugversuch durch-

geführt. Die Auswertung bestätigt sowohl Stand- als auch Bruchsicherheit. Auffällig sind jedoch die im Vergleich zur Grund- und Bruchsicherheit geringeren Werte der Standsicherheit. Der ermittelte Standsicherheitsfaktor von 238% ist derzeit zwar noch als passabel mit angemessenen Sicherheitsreserven zu bewerten, jedoch zeigt der Vergleich mit der errechneten Grundsicherheit und der ermittelten Bruchsicherheit, die jeweils bei etwa 450% liegen, dass der Standsicherheitswert um ca. die Hälfte niedriger ist.

Aus fachlicher Abschätzung und Interpretation lässt dies auf wurzelbürtige, pilzbedingte Fäulen schließen, die zu schleichenden Veränderungen der Tragwerksstruktur (Verankerungsfestigkeit) geführt haben und weiterhin führen. Aus diesem Grund ist eine Folgeuntersuchung in fünf Jahren durchzuführen, bei der der Ausbreitungsverlauf bzw. die Geschwindigkeit ermittelt werden soll.

Einschätzung Baum-Bau-Konflikt:

Im Norden/Nordwesten der Buche soll an einem angrenzenden Haus eine Terrasse mit rollstuhlgerechter Rampe in einem Abstand von 3,6 m zum Stammfuß des Baumes gebaut werden. Umlaufend, südöstlich bis nordwestlich des Baumes, soll zusätzlich eine Gehwegfläche entstehen, die südwestlich des Baumes den geringsten Abstand von ca. 7 m aufweist. Die dadurch entstehende Grünfläche soll entlang der „inneren“ Wegekanten optisch durch ein Rabattengeländer abgegrenzt werden.

Zum Schutz der Wurzeln soll die geplante Terrasse aufgeständert werden, wobei der Wurzelraum überbrückt wird. Dazu werden sogenannte Wurzelbrücken, die auf Schraubfundamente gesetzt werden, verwendet. Die Schraubfundamente, im Grunde überdimensionierte Holzschrauben, werden in entsprechender Länge in den Boden eingedreht, und darauf werden die Wurzelbrücken mit Gitterrosten gelegt. Abschließend kann die Fläche überpflastert werden. Die bestehende Geländeoberkante kann daher erhalten bleiben.

Die Schraubfundamente benötigen keine Ausschachtung, beanspruchen damit wesentlich weniger Raum, und bei sachgerechter Montage werden so gut wie keine Stark- bzw. Grobwurzeln verletzt oder zerstört. Die Position der Schraubfundamente orientiert sich an der Örtlichkeit und Lage der Stark- bzw. Grobwurzeln sowie an den statisch-konstruktiven Anforderungen der aufgeständerten Terrassenfläche.

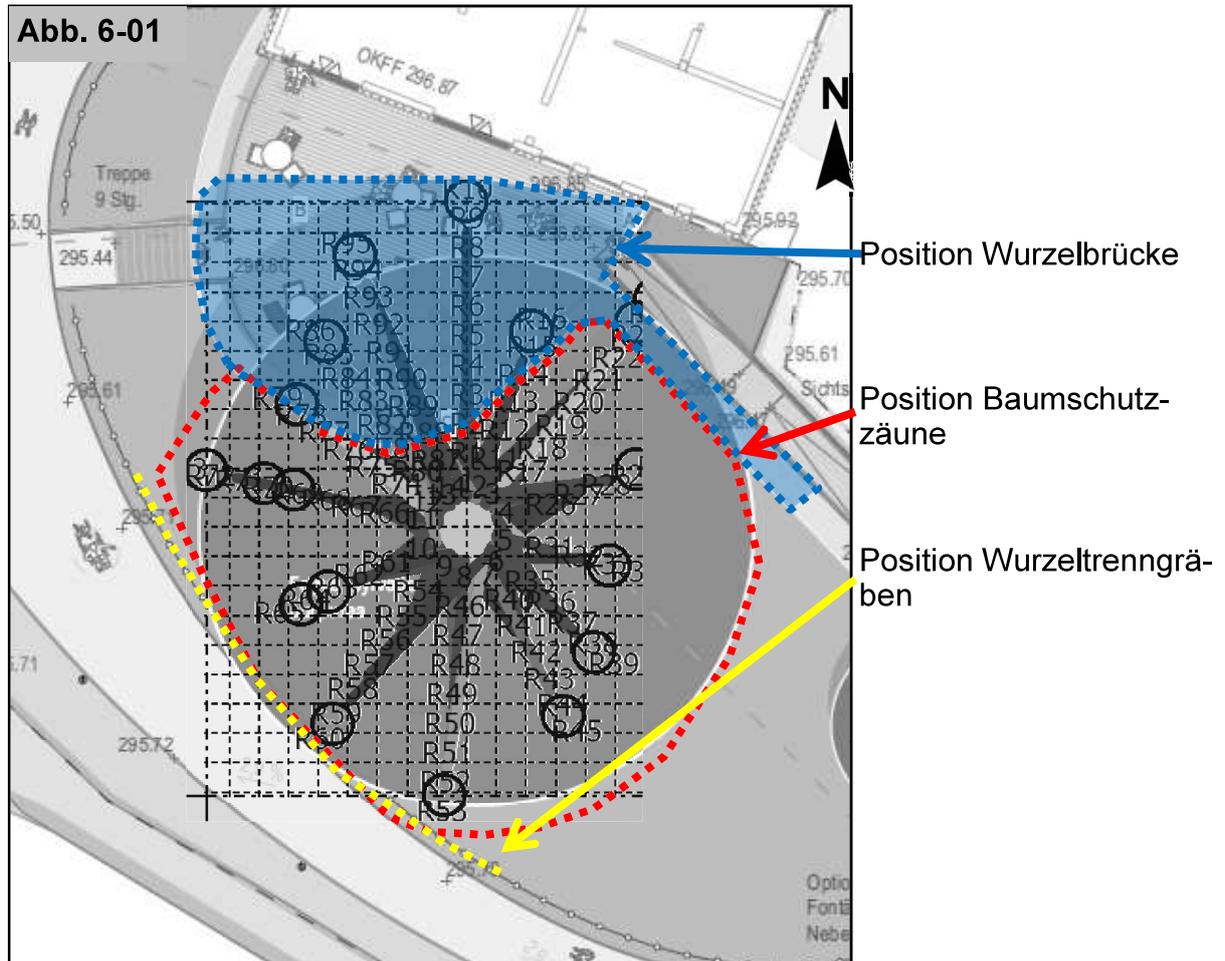
Um eine Übersicht über die räumliche Ausdehnung der jeweiligen Wurzeln zu erlangen, wurden die radiale Ausdehnung mittels Wurzelstrangimpulstomographie und die Tiefe und Stärke der Wurzeln innerhalb des gesamten Wurzelraumes mittels Georadar erkundet. Der mechanische Wurzelraum wird von den ab dem Stamm abgehenden Stark- und Grobwurzeln (ab 5 cm Stärke) gebildet. Mit zunehmendem Abstand vom Stamm verteilen sich die Wurzeln unterschiedlich schnell in Schwach- und Feinwurzeln (unter 5 cm) bis hin zu den Feinstwurzeln. Im Bereich des künftigen Baufeldes (Terrasse) konnten Wurzeln in Erdschichten bis ca. 1,0 m unter der derzeitigen Geländeoberkante (GOK) detektiert werden.

Nach Auswertung aller generierten Wurzelraum-Messdaten sowie unter Berücksichtigung der vorliegenden Baumverfassung bestehen aus baumschutzfachlicher Perspektive keine Einwände gegen die geplante Baumaßnahme. Dennoch gilt es, folgende Maßnahmen zum Baumschutz umzusetzen, um unnötige Schäden am Baum zu vermeiden:

1. Grundsätzlich können die Schraubanker wie vorgesehen gesetzt werden. Eine einfache, oberflächliche (0,3 m bis 0,5 m unter GOK) Vorsondierung durch den Sachverständigen sollte sicherheitshalber erfolgen. Dabei könnte es notwendig sein, den Schraubanker um 0,2 m von der geplanten Position zu verschieben, um wichtige Starkwurzeln zu schützen. Dies kann entweder per Hand oder mittels Saugbagger geschehen (unter Verwendung von Lastverteilungsplatten und der Voraussetzung der abgeschlossenen Freischneidung des Lichtraumprofils). Das Entfernen einzelner Wurzeln, auch bis zur Grobwurzeldimension, scheint für die Blutbuche in der gegebenen Vitalität aus baumfachlicher Sicht durchaus vertretbar zu sein – eine Gefährdung der Standsicherheit ist aufgrund der großen Entfernung zum Stamm unwahrscheinlich.
2. Zwar wurden im Bereich der geplanten Gehwegflächen kaum Wurzeln erfasst, jedoch wird auch hier sicherheitshalber ein Wurzelsuchgraben empfohlen. Anschließend sollten die entlang der Außenkante bzw. entlang des geplanten Rabattengeländers vorliegenden Wurzeln fachgerecht entfernt (durchtrennt und versorgt) werden. Um den künftigen Wasserhaushalt der Buche nicht zu stören, sollte der Gehweg mittels wassergebundener Wegedecke erbaut werden.

3. Unerlässlich für die Umsetzung der geplanten Maßnahme ist das Freischneiden des Lichtraumprofils im Baustellenbereich, um Kronenschäden und das Eindringen von Fäulen zu vermeiden. Je nach zu nutzenden Maschinen muss dies etwa 4,5 m betragen, was einen vergleichsweise starken Eingriff in die tief hängende Krone der Blutbuche bedeutet. Es wird empfohlen, sich mit den zuständigen Gewerken abzusprechen und das Lichtraumprofil so weit wie nötig, aber so wenig wie möglich zurückzuschneiden.
4. Um den durch den Rückschnitt sowie durch die (verhältnismäßig geringen) Wurzelverluste induzierten Stress zu kompensieren, sollte eine „Revitalisierungsmaßnahme“ in Form von Tiefenbelüftung und Tiefenvorratsdüngung erfolgen (siehe Leistungsbeschreibung Seite 66).
5. Der Baumschutz während der Baumaßnahme ist größtenteils mittels Baumschutzzaun umzusetzen. Je nach Dimension der geplanten Schraubfundamente ist nach Kenntnis des Unterzeichners keine dauerhafte Befahrung des zu bearbeitenden Bereichs erforderlich. Daher bietet es sich an, den zu bebauenden Bereich mittels Wurzelschutzbrücke (gemäß R-SBB) vor befristeter Belastung zu schützen. Die Fundamentstellen können dabei freigehalten werden, damit die Wurzelschutzbrücke den Bauablauf nicht maßgeblich beeinträchtigt. Wird anschließend die Terrasse angebaut, kann die Wurzelschutzbrücke Stück für Stück abgetragen werden, jeweils so weit wie aktuell erforderlich.
6. Um einen bestmöglichen Bauablauf zu gewährleisten, sollte die Krone der Blutbuche leicht, um ca. 5 %, eingekürzt werden. So kann sichergestellt werden, dass auch die Durchfahrt von Baufahrzeugen im Süden der Baustelle möglich ist und somit der östliche Parkbereich erreicht werden kann (falls erforderlich).

Baumschutzmaßnahmen auf einen Blick:



Verfasservermerk 7

Dieses Sachverständigengutachten wurde in objektiver Abwägung der von uns aufgenommenen Daten und Fakten unter Berücksichtigung der aktuellen wissenschaftlichen Forschungsergebnisse im Bereich der Baumkunde, Baumbiologie und Baumpflege erstellt.

Dieses Gutachten ist nur für den Gebrauch des Auftraggebers bestimmt und darf von diesem nur in seiner Gesamtheit - ohne Herausnahme von Teilauszügen - als Informations- und Arbeitsgrundlage verwendet oder an Dritte weitergegeben werden. Dieses Sachverständigengutachten ist nicht auf andere Bäume - auch gleicher Art oder ähnlicher Situation - übertragbar.

Die Abbildungen wurden mit einer digitalen Kamera angefertigt. Der Unterzeichner versichert hiermit, dass keine Manipulationen an den Abbildungen durchgeführt wurden. Es wurden lediglich Vergrößerungen, Verkleinerungen oder Belichtungseinstellungen vorgenommen.

Die Gesamtbewertung erfolgte durch den DIN EN ISO/IEC 17024-zertifizierten Sachverständigen Jakob Scheicher.

Altdorf, den 29. August 2024



Jakob Scheicher



Sachverständigenbüro

Baum-Gutachten, Baumkontrolle, Untersuchung der Verkehrssicherheit von Bäumen, Baumwertermittlung

8.1 Literaturhinweise

- [01] **293/4:** Richtlinien für die Anlage von Straßen - Teil: Landschaftspflege, Abschnitt 4: Schutz von Bäumen, Vegetationsbeständen und Tieren bei Bau-
maßnahmen
- [02] **8th International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications**, Northeastern University, Boston, Massachusetts, USA June 7 - 11, 2016.
- [03] **Agster, W.;** Ruck, B.: The influence of aerodynamic properties of forest edges and stands on the pressure pattern within a forest. In: International Conference 'Wind Effects on Trees' September 16-18, 2003, University of Karlsruhe, Germany.
- [04] **Balder, H.:** Die Wurzeln der Stadtbäume. Ein Handbuch zum vorbeugenden und nachsorgenden Wurzelschutz ; 38 Tabellen. Berlin: Parey, 1998.
- [05] **Baumuntersuchungsrichtlinien.** Richtlinien für eingehende Untersuchungen zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen. Bonn: Forschungsges. Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau, 2013.
- [06] **Baumkontrollrichtlinien.** Richtlinien für Regelkontrollen zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen. Bonn: Forschungsges. Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau, 2014.
- [07] **Bolinski, M.:** Bäume und Spielgeräte/Spielplätze im Fokus der Verkehrssicherheit. FLL-Verkehrssicherheitstage 2015. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), 2015.
- [08] **Bundesgerichtshof:** Die Straßenverkehrssicherungspflicht erstreckt sich auch auf den Schutz vor Gefahren durch Straßenbäume. Dabei brauchen allerdings die Straßenwärter keine forsttechnischen Spezialkenntnisse zu besitzen, doch muß ihre Dienstanweisung ihnen erläutern, worauf sie besonders zu achten haben. Beispielsweise muß die Dienstanweisung angeben, daß eine grüne Baumkrone kein sicheres Zeichen für Gesundheit und Standfestigkeit des Baumes ist, und daß die Straßenwärter jedenfalls hin und wieder den Stammfuß des Baumes bis zum Erdboden genau zu besichtigen und dazu nötigenfalls Straßenkehricht, Unkraut, Gras und ähnliche. Sichtbehinderungen zurückzudrängen oder zu entfernen haben., 1965.
- [09] **Bundesgerichtshof:** Zur Verkehrssicherungspflicht für Straßenbäume (hier: Ursächlichkeit einer unterlassenen Baumüberprüfung für einen durch das Abbrechen eines Astes verursachten Verkehrsunfall)., 2004.
- [10] **Bundesgerichtshof:** BUNDESGERICHTSHOF Ein natürlicher Astbruch, für den vorher keine besonderen Anzeichen bestanden haben, gehört auch bei hierfür anfälligeren Baumarten grundsätzlich zu den naturgebundenen und daher hinzunehmenden Lebensrisiken. Eine straßenverkehrssicherungspflichtige Gemeinde muss daher bei gesunden Straßenbäumen auch dann keine besonderen Schutzmaßnahmen ergreifen, wenn bei diesen - wie z. B. bei der Pappel oder bei anderen Weichhölzern - ein erhöhtes Risiko besteht, dass im gesunden Zustand Äste abbrechen und Schäden verursacht werden können., 2014.
- [11] **Cao, J.; Tamura, Y.; Yoshida, A.:** Wind tunnel study on aerodynamic characteristics of shrubby specimens of three tree species. Urban Forestry & Urban Greening, Band 11 (2012) Heft 4, S. 465-476.
- [12] **Detter, A.; Rust, S.:** Neue wissenschaftliche Ergebnisse zu Zugversuchen.

- In: Dujesiefken, D. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege, 2013, S. 87–100.
- [13] **DIN 1055-4:2005**: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 4: Windlasten.
- [14] **DIN 18920:2014-07**: Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen.
- [15] **Dujesiefken, D. (Hrsg.)**: Jahrbuch der Baumpflege, 2013.
- [16] **Eckstein, D.; Saß, U.**: Bohrwiderstandsmessungen an Laubbäumen und ihre holzanatomische Interpretation. Holz als Roh- und Werkstoff, Band 52 (1994) Heft 5, S. 279-286.
- [17] **Fang, F.-M., et al.**: On the simulation of flow around discrete coniferous trees. Journal of the Chinese Institute of Engineers, Band 38 (2015) Heft 5, S. 665–674.
- [18] **FLL**: ZTV-Baumpflege. Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Baumpflege. Forschungsges. Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau, 2017.
- [19] **Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe „Straßenentwurf“**: Richtlinien zum Schutz von Bäumen und Vegetationsbeständen bei Baumaßnahmen
- [20] **Fuh-Min, F.; Li, Y.-C.; Chung, C.-Y.**: Numerical simulation of flows around broad-leaf trees. Journal of Applied Science and Engineering, Vol. 19, No. 4, pp. 429438 (2016), Band 19 (2016) Heft 4, S. 429–439.
- [21] **Gromke, C.; Ruck, B.**: Aerodynamic modelling of trees for small-scale wind tunnel studies. Forestry, Band 81 (2008) Heft 3, S. 243–258.
- [22] **Gross, G.**: A windthrow model for urban trees with application to storm “Xavier”. Meteorologische Zeitschrift, Band 27 (2018) Heft 4, S. 299–308.
- [23] **International Conference `Wind Effects on Trees'**, September 16-18, 2003, University of Karlsruhe, Germany.
- [24] **Isyumov, N.; Alan G.** Davenport's mark on wind engineering. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Band 104-106 (2012), S. 12-24.
- [25] **James, K.; Hallam, C.; Spencer, C.**: Measuring tilt of tree structural root zones under static and wind loading. Agricultural and Forest Meteorology, Band 168 (2013), S. 160-167.
- [26] **Jiao-jun, Z., et al.**: Review: effects of wind on trees. Journal of Forestry Research, Band 15 (2004) Heft 2, S. 153-160.
- [27] **Johnsson, M.J., et al.**: Root-soil rotation stiffness of Norway spruce (Picea abies (L.) Karst) growing on subalpine forested slopes. Plant and Soil, Band 285 (2006) 1-2, S. 267-277.
- [28] **Johnson, R.C.; Ramey, G.E.; O'Hagan, D.S.**: Wind Induced Forces on Trees. Journal of Fluids Engineering, Band 104 (1982) Heft 1, S. 25.
- [29] **Journal of Applied Science and Engineering**, Vol. 19, No. 4, pp. 429438 (2016).
- [30] **Mayer, H.**: Die Windverhältnisse in und über einem Fichtenwald. Forstwissenschaftliches Centralblatt, Band 95 (1976) Heft 1, S. 333–345.
- [31] **Mayer, H. ; Schindler, D. (Hrsg.)**: Proceedings of the 2nd International Conference Wind Effects on Trees. Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg Nr. 19, Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Germany. 13-16 October 2009, 2009.
- [32] **Mayhead, G.J.**: Some drag coefficients for british forest trees derived from wind tunnel studies. Agricultural Meteorology, Band 12 (1973), S. 123–130.
- [33] **Malek, J. von**: Der Baumpfleger. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer, 1999.
- [34] **Mattheck, C.; Bethge, K.**: Warum alles kaputt geht. Form und Versagen in Natur und Technik. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe, 2003.
- [35] **Mattheck, C.**: Design in der Natur. Der Baum als Lehrmeister. Freiburg im

- Breisgau: Rombach, 1997.
- [36] **Mattheck, C.:** Die Baumgestalt als Autobiographie. Einführung in die Mechanik der Bäume und ihre Körpersprache. Braunschweig: Thalacker, 1992.
- [37] **Mattheck, C.; Breloer, H.:** Handbuch der Schadeskunde von Bäumen. Der Baumbruch in Mechanik und Rechtsprechung. Freiburg: Rombach Verlag, 1993.
- [38] **Miao, H., et al.:** Computational Fluid Dynamics simulation of wind flow and wind force on trees in urban parks. Northeastern University, Boston, Massachusetts, USA, June 7 - 11, 2016.
- [39] **Neild, S.A.; Wood, C.J.:** Estimating stem and root-anchorage flexibility in trees. Tree physiology, Band 19 (1999) Heft 3, S. 141–151.
- [40] **Nielsen, C.N.:** Einflüsse von Pflanzabstand und Stammhaltung auf Wurzelform, Wurzelbiomasse, Verankerung sowie auf die Biomasseverteilung im Hinblick auf die Sturmfestigkeit der Fichte. Dissertation Forstlichen Fakultät Göttingen, Göttingen, 1990.
- [41] **Papesch, A.J.G.:** A Field Study to Determine the Drag Coefficient and the Associated Centre of Pressure of a Forest Front, S. 451-454.
- [42] **Peltola, H.M.:** Mechanical stability of trees under static loads. American journal of botany, Band 93 (2006) Heft 10, S. 1501-1511.
- [43] **Rinn, F.:** Ab wann ist ein Flaschenhals gefährlich? Taspo Baumzeitung (2015) Heft 3, S. 40-42.
- [44] **Rinn, F.:** How much crown pruning is needed for a specific wind-load reduction? Western Arborist (2014) spring, S. 10-13.
- [45] **Rinn, F.:** Wie hohl darf ein alter Baum sein? Taspo Baumzeitung (2013) Heft 3, S. 33-35.
- [46] **Rinn, F.:** Shell-wall thickness and breaking safety of mature trees. Western Arborist (2013) fall, S. 40-44.
- [47] **Rinn, F.:** Sachverständigen Anforderungen an Messgeräte und Messverfahren. Der Sachverständige (2007) Heft 3, S. 46-51.
- [48] **Rinn, F.:** Zur Fehlerrechnung in der Baumkontrolle. PROBAUM (2006) Heft 1, S. 12-20.
- [49] **Rinn, F.:** Fehlerrechnung in der Baumkontrolle? Ungenauigkeiten bei Baummessungen beachten. AFZ der Wald (2005) Heft 24, S. 1325-1328.
- [50] **Rinn, F.:** Risk mitigation: Bananas, carrots and tree biomechanics. How to understand trees from their body language and measure. <https://vimeo.com/43461470>. Arboretum, 2013.
- [51] **Roberts, S.:** Wind wizard. Alan G. Davenport and the art of wind engineering. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2013.
- [52] **Roloff, A.:** Baumkronen. Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Stuttgart: Ulmer, 2001.
- [53] **Rosemeier, G.-E.:** Windbelastung von Bauwerken. Hoch- und Brückenbauten, Schalen, leichte Flächentragwerke ; neue Windlastnorm DIN 1055-4, Baudynamik, Aerodynamik, Luftturbulenzen. Berlin: Bauwerk, 2009.
- [54] **Ruck, B.:** Aerodynamik der Bäume. Laboratorium für Gebäude- und Umwelt-aerodynamik, Institut für Hydromechanik Karlsruhe Institute of Technology KIT.
- [55] **Ruck, B.; Schmitt, F.:** Das Strömungsfeld der Einzelbaumumströmung. Forstwissenschaftliches Centralblatt, Band 105 (1986) Heft 1, S. 178-196.
- [56] **Schindler, D.; Bauhus, J.; Mayer, H.:** Wind effects on trees. European Journal of Forest Research, Band 131 (2012) Heft 1, S. 159–163.
- [57] **Schindler, D., et al.:** Responses of an individual deciduous broadleaved tree to wind excitation. Agricultural and Forest Meteorology, Band 177 (2013),

- S. 69-82.
- [58] **Schönborn, J.; Schindler, D.; Mayer, H.:** Measuring vibrations of a single, solitary broadleaf tree. Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Germany, 13-16 October 2009.
- [59] **Siegert, B.; Siegert, T.:** Das Rechenprogramm TSE. Stand- und Bruchsi-
cherheit von Bäumen online berechnen. AFZ der Wald (2010) Heft 24, S. 24-
26.
- [60] **Siegert, B.; Siegert, T.:** Die Stand- und Bruchsi-
cherheit von Bäumen im Pra-
xistest. AFZ der Wald (2012) Heft 04, S. 32–34.
- [61] **Siegert, B.; Siegert, T.:** Workshop Zugversuche. AFZ der Wald (2012), Heft
16, S. 43-44.
- [62] **Siegert, B.; Siegert, T.:** Comparative Analysis of Tools and Methods for the
Evaluation of Tree Stability. Results of a field test in Germany. Arborist News
(2013) April, S. 26-31.
- [63] **Sinn, G.:** Baumstatik. Stand- und Bruchsi-
cherheit von Bäumen an Straßen, in
Parks und der freien Landschaft ; biologische Aspekte und eine Einführung in
die Baumstatik unter besonderer Berücksichtigung der Neigungs- und Deh-
nungsmessverfahren. Braunschweig: Thalacker Medien, 2003.
- [64] **Spatz, H.-C.; Niklas, K.J.:** Modes of failure in tubular plant organs. American
journal of botany, Band 100 (2013) Heft 2, S. 332–336.
- [65] **Wittel, H., et al.:** Roloff/Matek Maschinenelemente. Normung, Berechnung,
Gestaltung. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017.
- [66] **Wessolly, L.; Erb, M.:** Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle. Berlin,
Hannover: Patzer, 2014

8.2 Untersuchungsmethoden

Visuelle Zustandskontrolle

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 (=Standesicherheit), 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 Untersuchung

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.

Standfestigkeitsuntersuchung über Zugversuch (Inclinomethode nach Wessolly)

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/-geräten (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.

Die Verallgemeinerte Kippkurve umfasst empirische Daten über das natürliche Kippverhalten von Bäumen. Dieses Normkipverhalten von Bäumen ist u.a. im Zusammenhang mit der Biomechanik, der Selbstoptimierung der Bäume, zu sehen.

MATTHECK beschreibt dies als Kette lastgerechter, gleichstarker Glieder, im sog. Axiom der konstanten Spannung (besser Axiom der konstanten Dehnung).

Die von MATTHECK beschriebene mechanische Anpassung verholzter Pflanzen ist anhand von biomechanischen Merkmalen an oberirdischen Teilen meist visuell erkennbar. An unterirdischen Teilen, den Wurzeln, dagegen, sind diese, da vom Boden, bzw. befestigten Flächen verdeckt, nicht sichtbar und damit für eine visuelle als auch gerätetechnische Kontrolle nicht zugänglich. Dass eine lastgerechte Selbstoptimierung im Wurzelbereich erfolgen muss, ist zum einem aus der Systematik des o.g. Naturgesetzes der Selbstoptimierung (adaptiver Zuwachs) ableitbar, als auch in der Arbeit von Gernot R. BRUCER „Finite-Elemente-Simulation und Festigkeitsanalysen von Wurzelverankerungen“, Forschungszentrum Karlsruhe beschrieben.

Eine Standsicherheitseinschätzung kann daher fundiert über den Zugversuch erfolgen, welcher die biomechanischen Grundsätze der Baumoptimierung berücksichtigt (vereinfacht: Wurzelkippen ist die Dehnung aller lastabtragenden Wurzelstränge).

Bruchfestigkeitsuntersuchung über Zugversuch (Elastomethode nach Wessolly)

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 ARWILO verwendet, die baumstatischen Berechnungen erfolgen auf Berechnungsgrundlagen der Methode WESSOLLY über das vom Sachverständigenbüro Siegert entwickelte Rechenprogramm TSE (Tree Stability Evaluation).

Bohrwiderstandsmessung

Mittels eines speziellen, elektronisch arbeitenden Bohrgerätes wird eine 3 mm dicke und 50 cm lange Bohrnadel in den Holzkörper gebohrt. Über einen hochauflösenden Messwandler werden die Bohrkraft 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. Holzersetzungsmuster). 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.

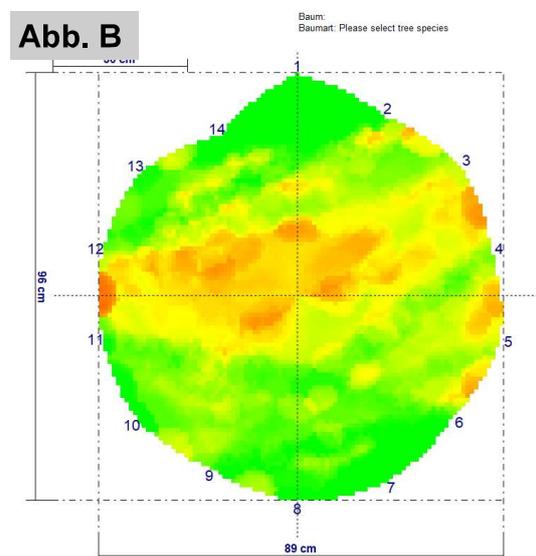
Eingesetzt wird ein Bohrwiderstandsmessgerät der Firma Rinntech, Typ R650-EA.

Impulstomographie/Elektrotomographie

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 Umständen nicht sicher zu interpretieren sind. Zur Absicherung der Diagnose ist der Einsatz ergänzender Untersuchungstechniken, z.B. die Bohrwiderstandsmessung, sinnvoll.

Abb. A: Sensorkette der Impulstomographie. Hier am Stammfuß.

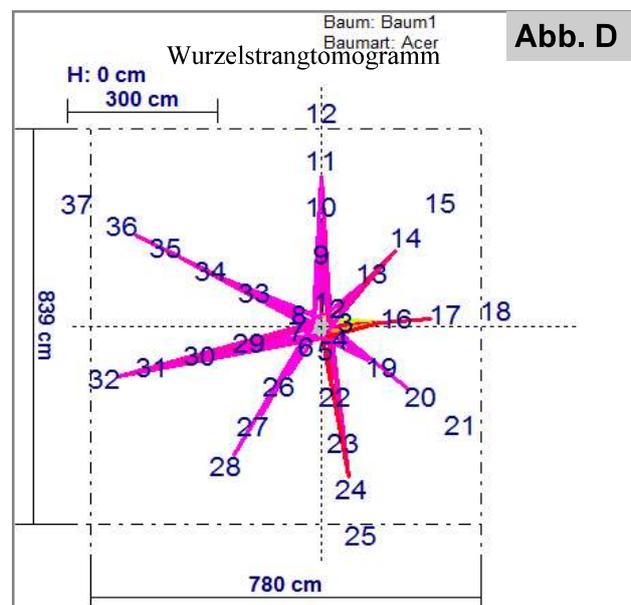
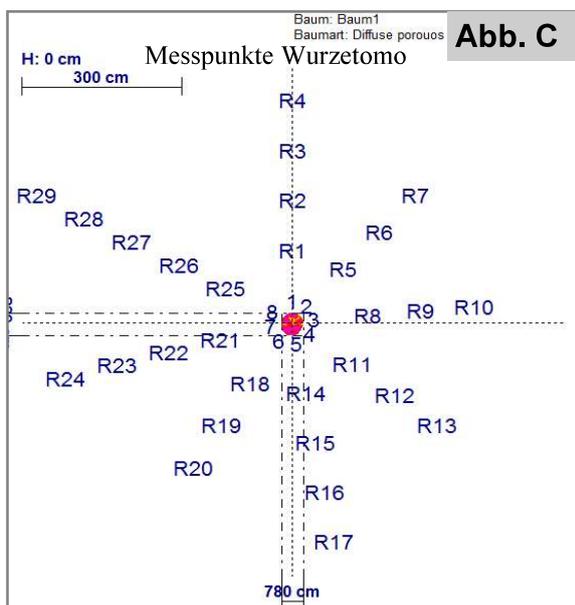
Abb. B: Der Holzzustand im Querschnitt kann abgebildet werden (grün ist intakt, gelb geschädigt, rot deutlich abgebaut)



Technische Erkundung von Wurzellagen

Allgemein bekannt ist, dass sich Wurzeln von Bäumen im Boden, zur Aufnahmen von Wasser, Nährstoffen und zur Verankerung vom Stamm weg in radialer als auch vertikaler Richtung ausbreiten. Werden Wurzeln, z.B. durch Bautätigkeit oder Bodenverdichtungen geschädigt, wird die Versorgung des Baumes mit lebenswichtigen Stoffen, u.U. auch die Standsicherheit, eingeschränkt. Wurzeln können aufgrund bestimmter biomechanischer Vorgänge (Dickenwachstum) - gekoppelt mit exogenen Belastungen, welche zu Baumschwingungen führen, die in den Boden bzw. in ein Bauwerk abgetragen werden, zu erheblichen Beeinträchtigungen innerhalb des Wurzelraumes und der dort befindlichen baulichen Anlagen führen. Die während und nach einer Baumaßnahme in Summe beeinträchtigten Wurzeln bestimmen die Erhaltung als auch die statische Sicherheit des Baumes. Dazu müssen relevante Wurzelstränge detektiert, vermessen sowie markiert werden. Hierzu werden im wesentlichen zwei zerstörungsfreie Untersuchungsverfahren eingesetzt.

Wurzelstrangimpulswellenverfahren (WST-ARBORADIX®)



Um den Stammfuß herum werden in ausreichender Dichte Impulswellenempfangssensoren positioniert (Abb. A). Mittels einem Impulsgeber wird der Wurzelraum engmaschig sondiert. Dabei macht man sich die Eigenschaft zu nutze, dass die erste Impulsquelle, welche auf eine senkrecht darunter liegende Wurzel trifft, maßgeblich ist. Da stets nur das schnellste Signal verarbeitet wird, ist sichergestellt, dass immer die senkrecht unter dem Impulswellengeber liegende Wurzel und der am nächstge-

legene Empfangssensor am Stamm als Wurzelmesspunkt verwendet, aufgezeichnet wird. Die Messergebnisse werden zu einem Tomogramm, welches die radiale Wurzel ausdehnung, den Zustand des Stammquerschnittes zeigt, verrechnet.

Abb. C und Abb. D:

Aufgrund der hohen Dichte der Messpunkte lässt sich ein gutes Hauptstrangwurzelsystem abbilden. Lediglich die Tiefenlage der Wurzeln ist so nicht bestimmbar.

Ground Penetrating Radar (GPR)

Abb. E



Radarortung ist allgemein aus der Flug- und Schifffahrt als Navigations- und Ortungssystem bekannt. Aber auch in der Bodenerkundung zur Distanzortung von natürlichen Ressourcen und in der Archäologie wird Georadar eingesetzt. Allerdings ist die Ortung von „Bodenstörern“ ungleich schwieriger als die Ortung von Objekten in der Atmosphäre. Die Luft als sehr homogenes Gebilde wird in der Regel nur von Flugzeugen „gestört“.

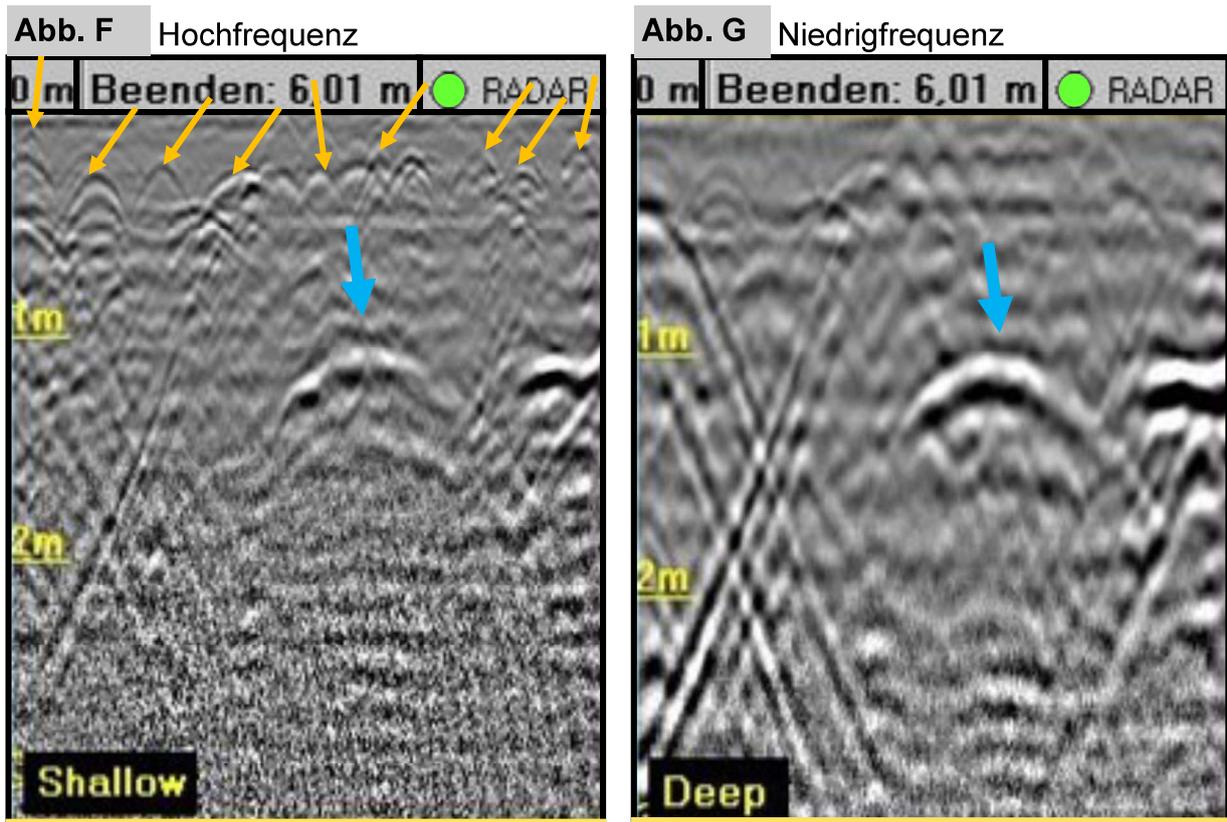
Abb. E: Georadar-Gerät

Im Boden ist dies anders: Steine, unterschiedliche Bodenschichtungen, Bodenfeuchte bis hin zu Grundwasser verändern die Ausbreitung der elektromagnetischen Radarwellen (Ultrabreitband-Verfahren) erheblich. So ist die Stärke und die Frequenz der Radarwellen für die Rauschfreiheit einer Störerdetektion wichtig. Hochwertige Georadarsysteme arbeiten mit zwei Frequenzen und lassen sich auf die jeweiligen Bodenverhältnisse kalibrieren.

Für eine Wurzelraumuntersuchung wird zunächst das Messfeld abgesteckt, so dass der Start- und Endpunkt der einzelnen Messgänge stets gleich ist. Der erste Messgang führt stets und unmittelbar dicht am Stammfuß, über die sichtbaren Wurzelanläufe hinweg. Das hier erzeugte Signal (Hyperbel) definiert eindeutig eine Wurzel. Die Messungen werden nun in bestimmten Abständen vom Baum weg wiederholt (bei gleicher Start- und Ziellinie). Der Wurzelverlauf kann anhand des Grundsignals

weiter verfolgt werden (Logik der gerichteten Störstrukturen). Verliert sich das Signal, ist die Wurzel zu schwach (unter 3-5cm) oder wird von anderen Störern überlagert. Unter Einbeziehung der Tomographie, Penetrometersondierungen, lassen sich die Ergebnisse ausreichend sicher plausibilisieren.

Abb. F und G: Hyperbel im Tomogramm in unterschiedlicher Frequenz:



8.3 Leistungsbeschreibungen

8.3.1 Bodenbelüftung samt Tiefenvorratsdüngung

Im nicht überbauten Bereich der Kronentraufe zzgl. 1,5 m sind bodenverbessernde Maßnahmen wie folgt durchzuführen: Bohrkanal alle 50 cm bis 0,6 m Tiefe mit Druckluftlanze herstellen und mit Druckluftstoß Bodenlockerung herbeiführen. Mit Druckluft-Injektion homogenes Gemisch aus Hilfsstoffen, gleichmäßig in den umliegenden Bodenhorizont (Tiefe 30-60 cm) einbringen.

Anschließend Injektionskavernen mit (ca. 400 g) gebranntem Stützgranulat/ Luftkapazitätsbildner mit Körnung maximal 1-6 mm (z. B. Terramol oder Liapor) verfüllen.

Maximaler Injektionsdruck 7 bar, 3-4 m³ Kompressor mit Druckluftaufbereitung, um gereinigte/gefilterte Druckluft zu verblasen.

Kompressor mit biologisch unschädlichem Verdichteröl verwenden.

Werkzeugöler am Kompressor abstellen, ölfreie Druckluftschläuche verwenden.