

Sachverständigengutachten

Gutachten Nr. 2021009

Eingehende technische Untersuchung
des Wurzelraumes einer Roteiche auf dem Baufeld
Tucher Areal II, Dambacher Str. in 90763 Fürth

Objekt:

1 Roteiche,
Bauvorhaben Tucher Areal II, Dambacher Str. in 90763
Fürth

Datum der Untersuchung: 22.01.2021

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.	Übersichtsplan	Seite 06
4.	Feststellungen vor Ort	Seite 08
4.1	Baumdaten	Seite 08
4.2	Fotodokumentation	Seite 09
4.3	Impuls-/Wurzelstrangtomographie	Seite 12
4.4	Georadaruntersuchung	Seite 14
5.	Zusammenfassung	Seite 27
6.	Verfasservermerk	Seite 31
7.	Anlagen	Seite 32
7.1	Literaturhinweise	Seite 32
7.2	Untersuchungsmethoden	Seite 36
7.3	Leistungsbeschreibung	Seite 40

Vorbemerkungen

2

2.1 Anlass und Auftrag des Gutachtens

Der gutachtengegenständliche Baum, eine Roteiche, stockt in Mitten des Baufeldes Tucher Areal II, Dambacher Str. in 90763 Fürth. Die in ihrem Standumfeld solitär gewachsene Roteiche gilt als ortsprägend und ist folglich von den Verantwortlichen der Stadt Fürth als äußerst schützenswert bezeichnet worden. So wurde bestimmt, dass die geplanten Grabungs- und Verbaubarbeiten am Rande des Wurzelbereichs näher untersucht werden müssen. Das Ingenieur- und Sachverständigenbüro UrbanForestry wurde folglich seitens der BPD Immobilienentwicklung GmbH beauftragt, den Wurzelraum der Roteiche mithilfe von eingehenden gerätetechnischen Untersuchung zur erkunden. Im Wesentlichen soll geprüft werden, ob die geplanten Verbaumaßnahmen im Tiefgaragenbereich (westlich des Baumes) und die Geländeabstützung (östlicher Seite) einen langfristigen Erhalt der Roteiche gewährleisten können. Die allgemeine Baum-Bauverträglichkeit, Maßnahmen zur Stresskompensation und die Konzeptionierung eines baumschonender Bauverlaufes sind ebenfalls Teil des Auftrages.

Handlungsgrundlage für die visuelle Baumbeurteilung 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
- RAS LP 4
- DIN 18920
- ZTV-Baumpflege

2.2 Prüfaufgabe

Eingehende technische Untersuchung der zu prüfenden Roteiche mittels Impulstomographie, Wurzelstrangimpulswellenverfahren und Ground Penetrating Radar (GPR). Um Ausladung, Tiefen und Lage der von der Baumaßnahme betroffenen Wurzelbereiche zu erkunden, wurden gängige technischen Wurzelsuchverfahren eingesetzt.

2.3 Zeitlicher Ablauf der Gutachtenerstellung

Die Erfassung und Untersuchung des gutachtengegenständlichen Baumes erfolgte am 19.02. und 23.02.2021 durch den Sachverständigen des SV-Büros Dominik Laschinger (B. Sc.) und den Mitarbeiter Jakob Scheicher.

Die schriftliche Ausarbeitung sowie Gesamtbewertung erfolgten durch Tobias Siegert (DIN EN ISO/IEC 17042 für Baumpflege, Biomechanik & Baumwertermittlungen) in KW 10/2021.

2.4 Vorgehensweise

Aufnahmebasisdaten

Zunächst wurde das Gehölze eingehend visuell aufgenommen und bewertet.

Die Baumdaten umfassen die „üblichen“ Daten wie Baumhöhe, Stammumfang in 1mH. Die „Baumgesundheit“ definiert sich über seine Altersstufe (Altersstufenmodell nach Roloff) und der alterszugehörigen Vitalität. Exploration beschreibt über Kronentriebe, ein Verzweigungsmuster die Altersstufe, die Zahl dahinter die zugehörige Vitalität. Es ist verständlich, wenn ein Altbaum, Naturdenkmal sich alterstypisch in der Stagnationsphase befindet, seine Vitalität nicht die eines Baumes in mittleren oder gar jugendlichen Alter haben kann. Vitale Altbäume sehen i.d.R. seitens der Vitalität eben „alt“ aus und sind dennoch als vital zu bewerten. Ein Jungbaum (Exploration) sollte natürlich eine anderes, vitales Kronenbild aufzeigen, ansonsten gilt er als gestresst und weniger vital. Daher wird zur Altersstufe die zugehörige Vitalität im Notensystem (1-6) benannt (z.B. Stagnation/2 = Altbaum sehr vital). Das gleiche Kronenbild an einem Baum in der Exploration: Exploration/5.

In der **Beschreibungen** werden Auffälligkeiten, sog. „Symptome“ 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 die beschriebene Gesamtmaßnahme die Verkehrssicherheit hergestellt.

Im **Ergebnis** werden die für diesen Baum wesentlichen Ergebnisse in einigen Stichpunkten/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.

Das **Regekontrollintervall** orientiert sich über die FLL-Baumkontrollrichtlinie. Es wird als spätester Zeitpunkt einer folgenden Regelkontrolle benannt. Nach unserer Erfahrung sind 9 Monat oder $1\frac{1}{4}$ Jahre ideal, weil die folgenden Kontrollen jahreszeitlich versetzt laufen. Mit $1\frac{1}{4}$ Jahre Kontrollabstand würden in 5 Jahren vier Kontrollen benötigt.

Nächste technische Untersuchung benennt den Zeitpunkt einer notwendigen gerätetechnische Untersuchung sowie das Verfahren.

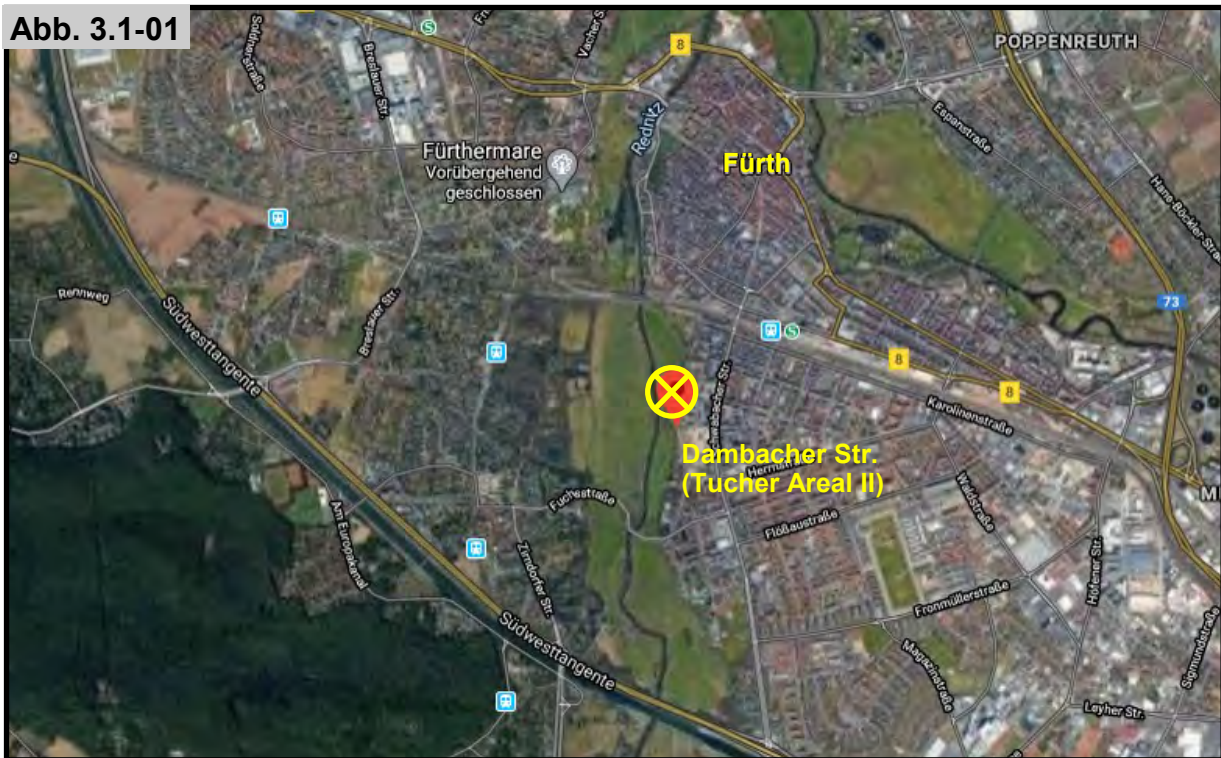
Zur Beantwortung der Fragestellung im Hinblick auf das geplante BV und dem Schutz der Roteiche wird der Wurzelraum, der Umfang der Bautätigkeit und die notwendigen Baumschutzmaßnahmen erfasst und definiert.

Die Untersuchungsmethoden werden im Anhang unter 7.2 erläutert.

Übersichtsplan 3

Übersichtsplan mit dem Standort des zu begutachtenden Baumes auf dem Tucher Areal II, Dambacher Str. in 90763 Fürth (gelb markiert).

Abb. 3.1-01



Quelle: Google

Abb. 3.1-02



Quelle: Google

ISB UrbanForestry - Eingehende technische Untersuchung des Wurzelraumes einer Roteiche auf dem Baufeld Tucher Areal II, Dambacher Str. in 90763 Fürth

Abb. 3.1-03: Verbauplan

Im westlichen Bereich soll im Zuge des Tiefgaragenbaus verbaut werden.

Abb. 3.1-03

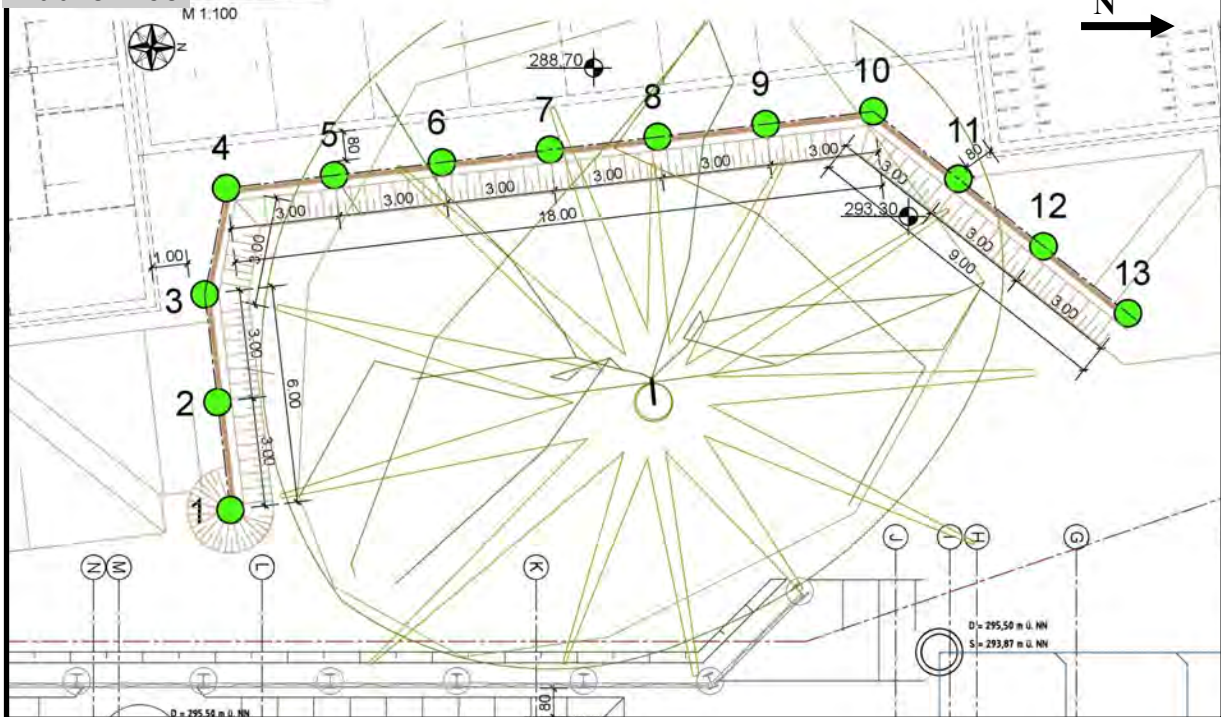
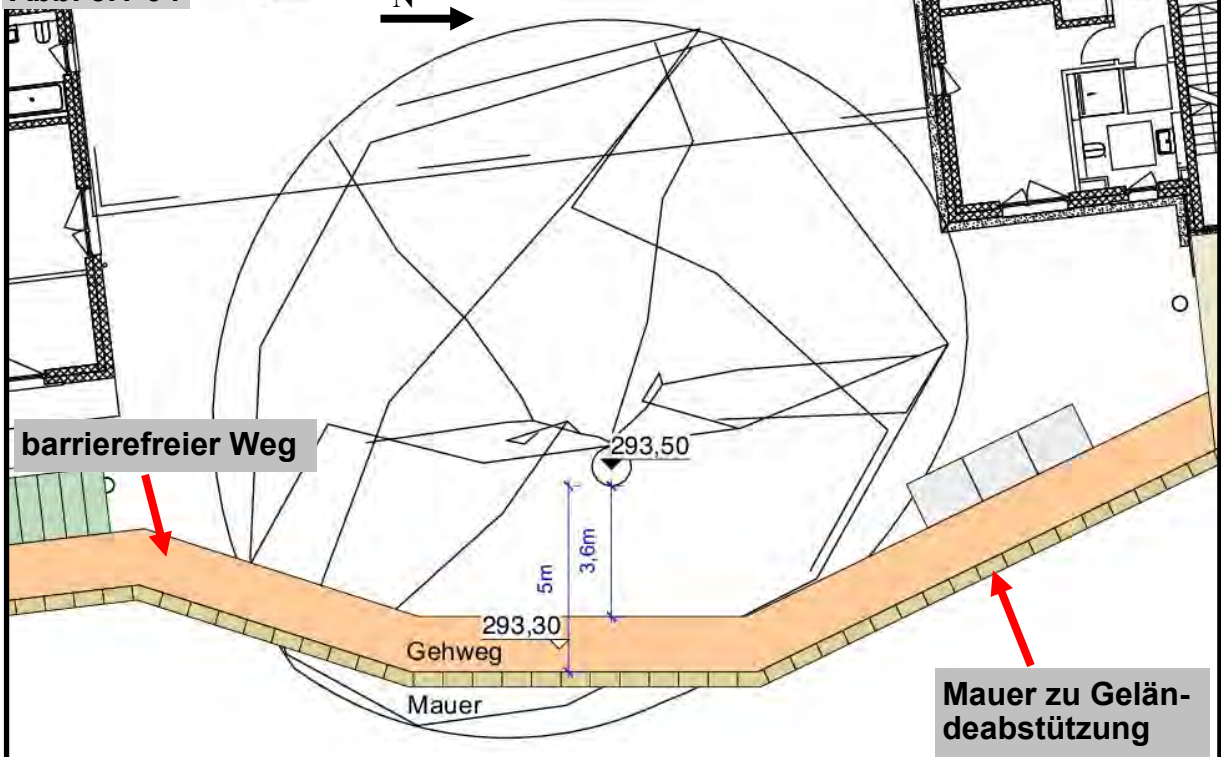


Abb. 3.1-04: Freiflächengestaltungplan

Im östlichen Bereich soll mithilfe einer Mauer der Geländeausgleich bewältigt werden. Außerdem ist die Einrichtung eines barrierefreien Weges geplant.

Abb. 3.1-04



Feststellungen vor Ort

4

4.1 Roteiche - Baumdaten

Fürth

Abb. 4.1-01



Baumdaten:

Standort:	Dambacher Str.
Funktion:	Objektbegrünung
Baumart:	Roteiche Quercus rubra
Stämmigkeit:	1
Altersst/Vit.Rol:	Stagnationsphase
Vitalität-Note	2-3
FLL BKR:	Alterungsphase
StU 1mH, ca. cm:	308
BaumH ca. m:	24
Kronen D ca. m:	18
Sonstiges:	-

Beschreibung:

Krone:	Kappungsstellen; Astungswunden; Astabbrüche; Totholz (Starkastbereich)
Kronengerüst:	2 Hauptachsen
Stammkopf:	suboptimal verwachsener Zugzwiesel; eingewachsene Rinde, abspaltungsgefährdet
Stamm:	Stammaustriebe; Astungswunden; leichter Schrägstand
Stammf.-Wuha:	baumfremder Bewuchs (Moos)
Wurzel:	ohne negativen Befund
Standplatz:	offen; Bodenverdichtung
Sonstiges:	eine westliche Kroneneinkürzung von ca. 10 % erfolgte Ende Februar 2021

Ergebnis:

Siehe 5. Zusammenfassung

Maßnahmen:

Siehe 5. Zusammenfassung

Wichtung d. Maßnahme

Regelkontrollintervall-FLL

1 1/4 Jahr

Nächste techn. Untersuchung

4.2 Fotodokumentation (1/3)

Abb. 4.2-01: Gesamtansicht der Roteiche am Rande der Baugrube des 2. Bauabschnitts



Abb. 4.2-01: Impulstomographie- und Wurzelstrangtomographie-Messkette am Stammfuß



Abb. 4.2-03: aktuell vorliegendes Baumumfeld; mit Fluchtstangen abgesteckte Verbaulinie



Abb. 4.2-04: per Handschachtung freigelegte Grob- und Starkwurzeln an geplanter Verbaulinie (westlich)



4.2 Fotodokumentation (2/3)

Abb. 4.2-05: wie Abb. 4.2-04;
Verbau: rot gestichelte Linie



Oberboden mit hohem Sandgehalt

Abb. 4.2-06: per Handschachtung freigelegte Starkwurzeln in 2 m Abstand zu Stammfuß (nördlich)



Abb. 4.2-07: Detailansicht Abb. 4.2-06:
Starkwurzeln in ca. 0,5 bis 0,6 m Tiefe



Schicht aus Mineralbeton/ Bauschutt

Abb. 4.2-08: Wurzelsuchgraben an nördlicher Verbaugrenze: keine nennenswerten Wurzeln auffindbar



Verbaulinie

4.2 Fotodokumentation (3/3)

Abb. 4.2-09: per Handschachtung freigelegte Starkwurzeln in 3,4 m Abstand zu Stammfuß (östlich, Wegbereich)

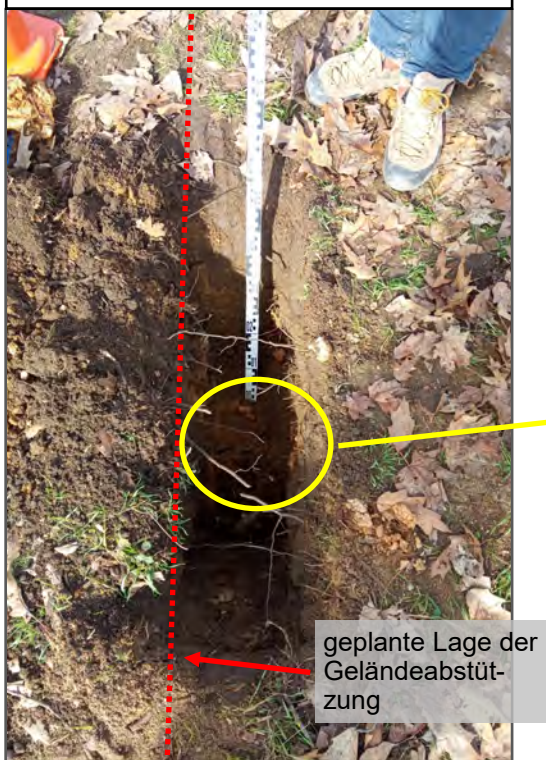
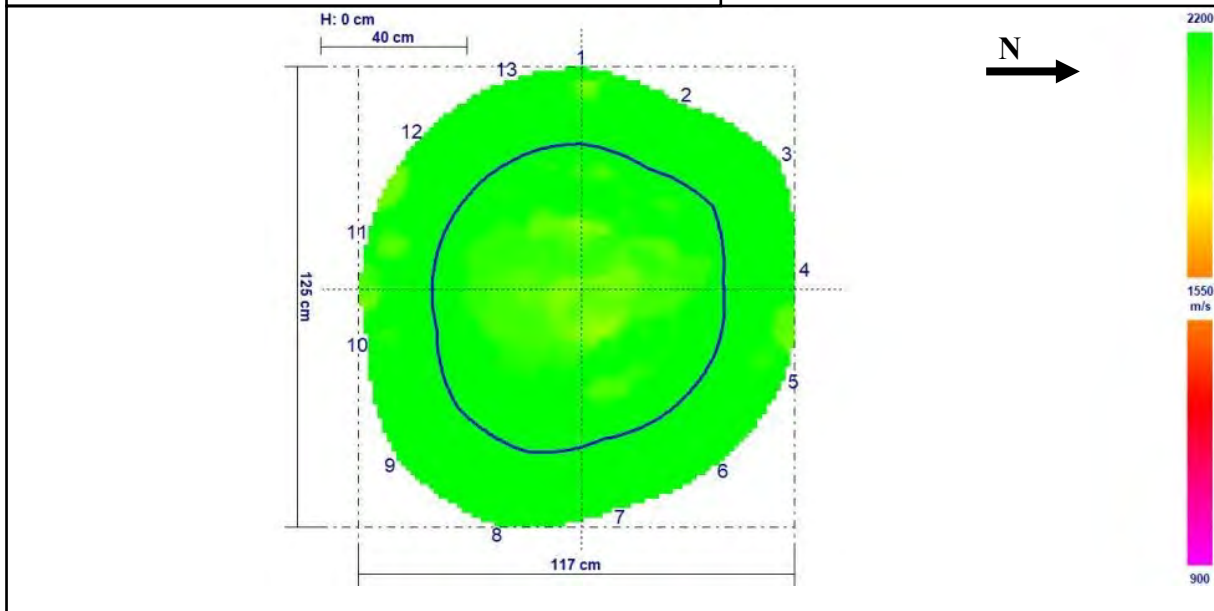


Abb. 4.2-10: Detailansicht Abb. 4.2-09: Starkwurzeln in ca. 0,5 m Tiefe



4.3 Impuls- und Wurzelstrangtomographie (1/2)

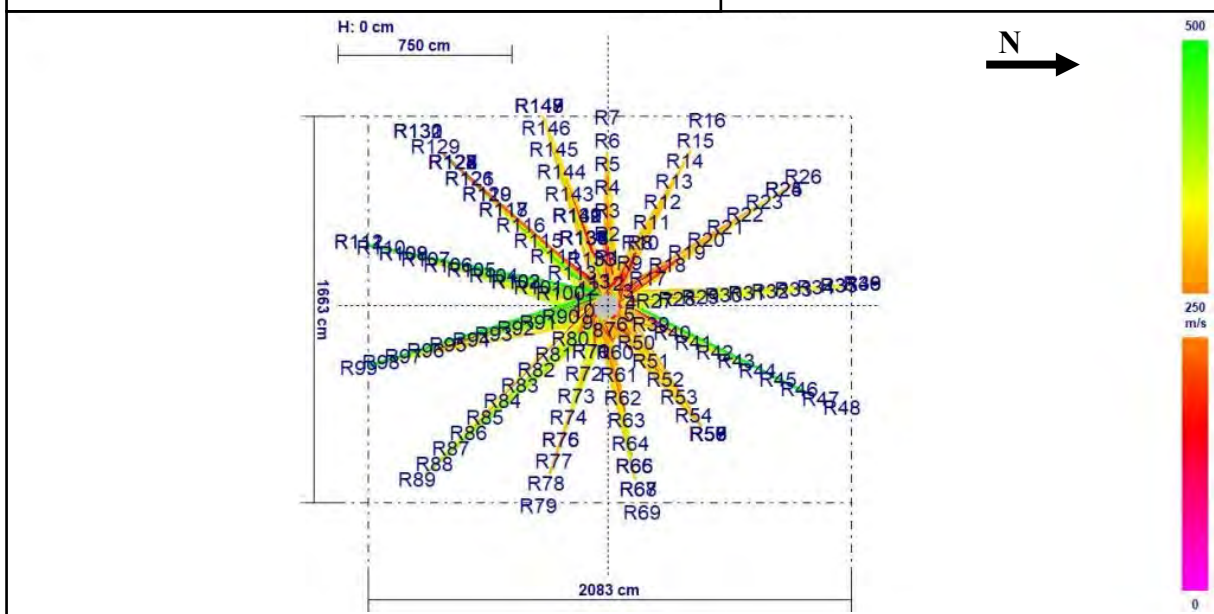
Abb. 4.3-01: Impulstomographie am Stammfuß



Auswertung Impulstomographie:

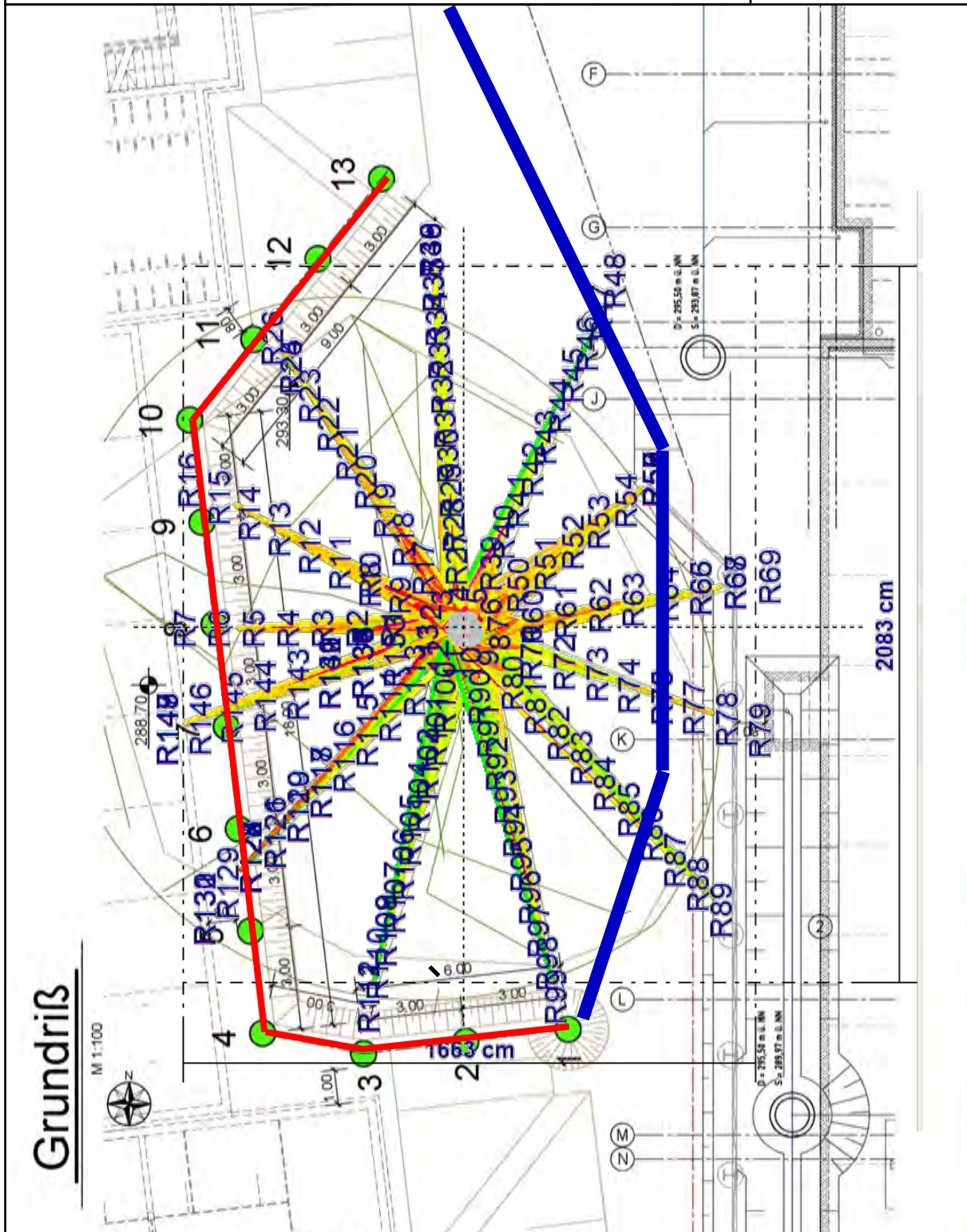
Intakter Holzkörper am Stammfuß.

Abb. 4.3-02: Wurzelstrangtomographie graphisch dargestellt. Ausrichtung und Lage siehe Abb. 4.3-03



4.3 Impuls- und Wurzelstrangtomographie (2/2)

Abb. 4.3-03: Graphische Darstellung der Wurzelausladung und Ausrichtung: Die Bohrpfahlwand ist in rot dargestellt. Die blauen Linien zeigen die Position der Geländeabstützung in ca. 5,0 m Entfernung zum Stamm.



4.4 Georadaruntersuchung

Abb. 4.4-01: Graphische Darstellung der Georadarmessfelder 1-4

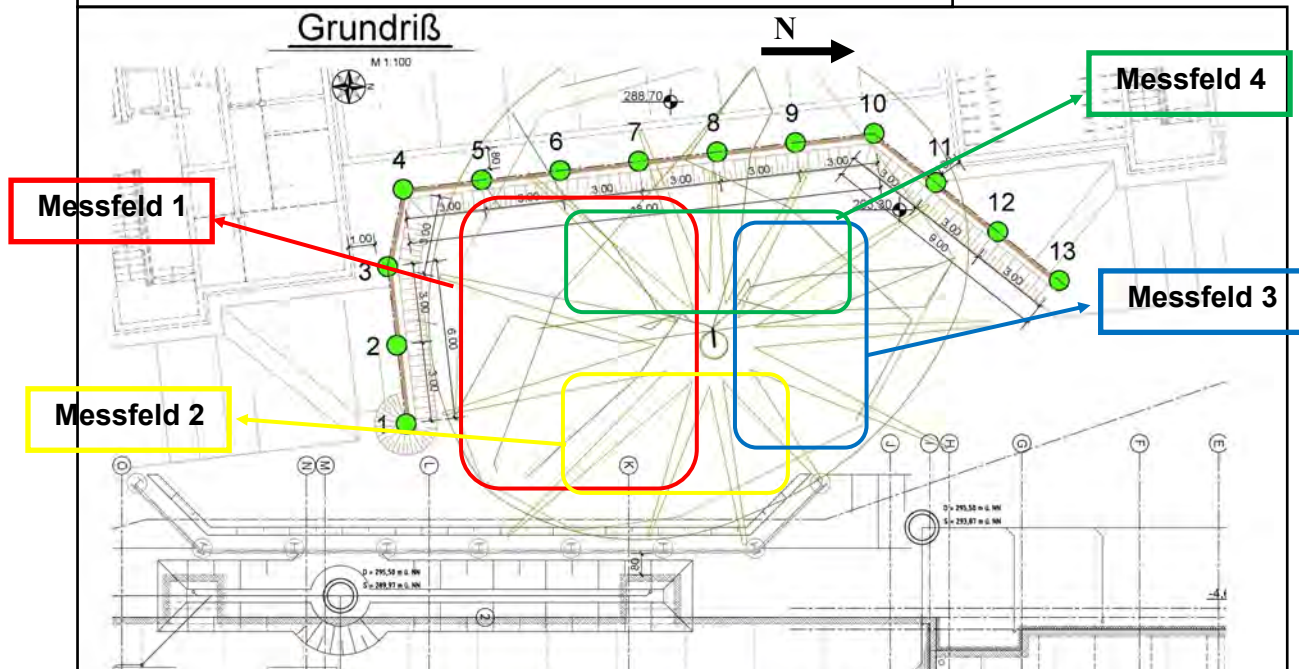


Abb. 4.4-02: Georadar-Messfeld 1 (südlicher Wurzelraum)



Abb. 4.4-03: Georadar-Messfeld 2 (östlicher Wurzelraum)



4.4 Georadaruntersuchung

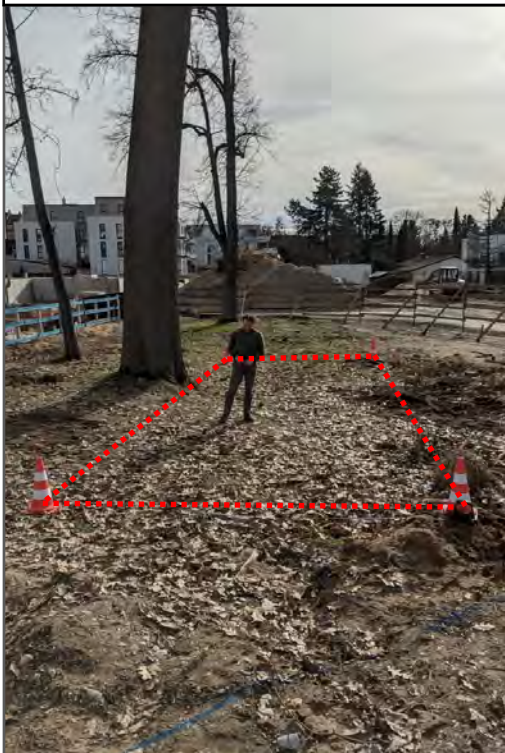
Abb. 4.4-04: Georadar-Messfeld 2
(östlicher Wurzelraum)



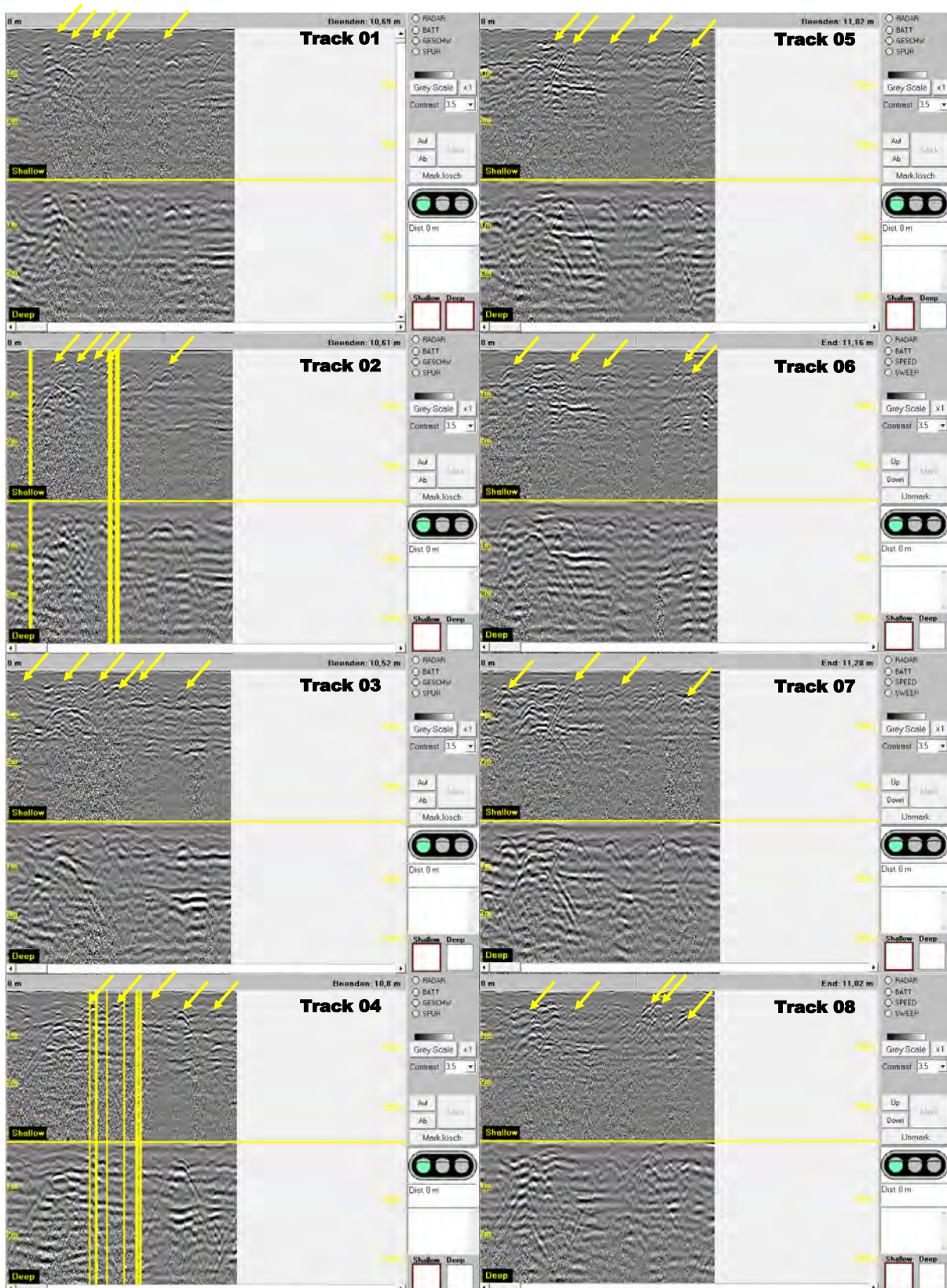
Abb. 4.4-05: Georadar-Messfeld 3
(nördlicher Wurzelraum)



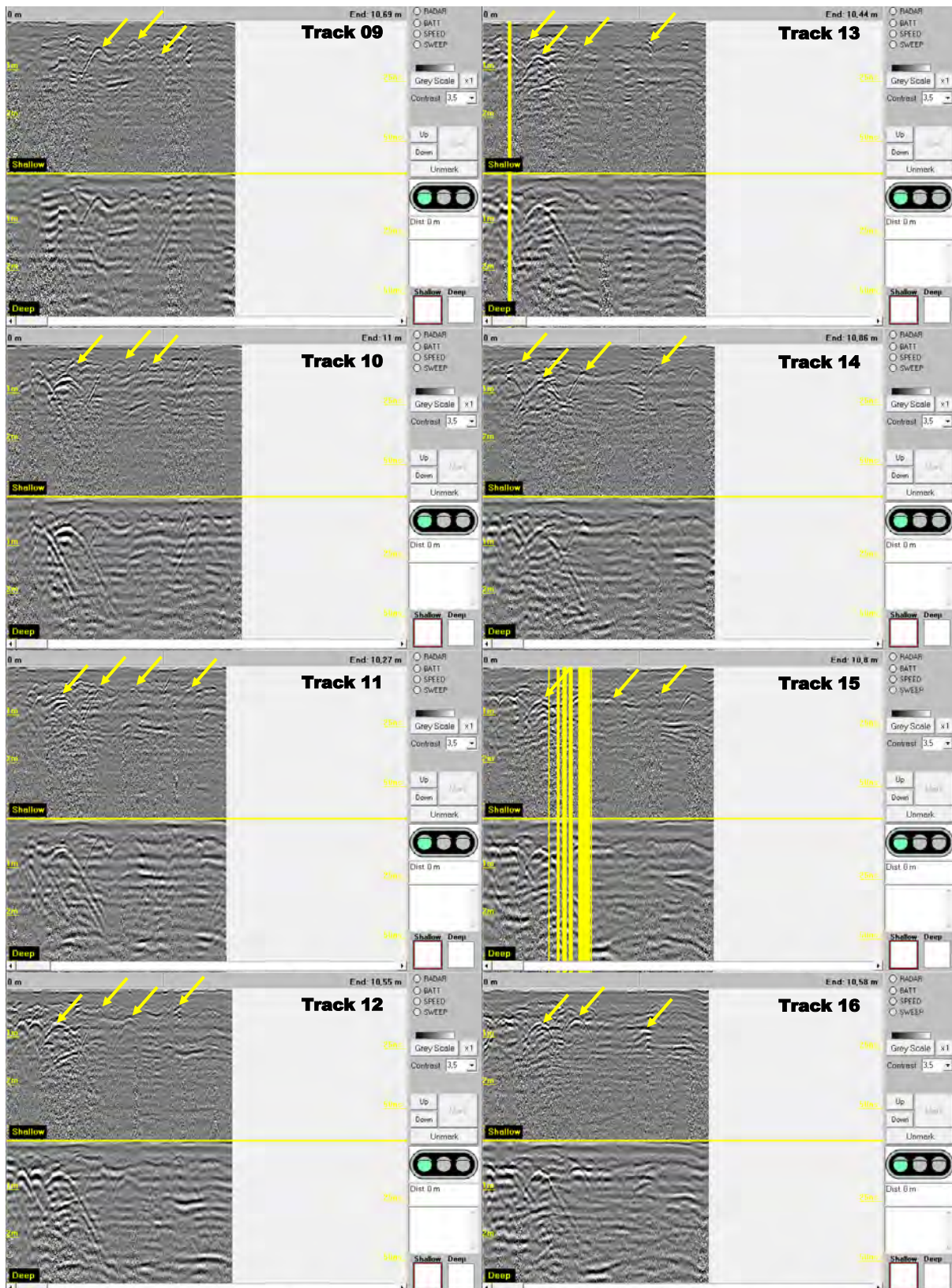
Abb. 4.4-06: Georadar-Messfeld 4
(westlicher Wurzelraum)



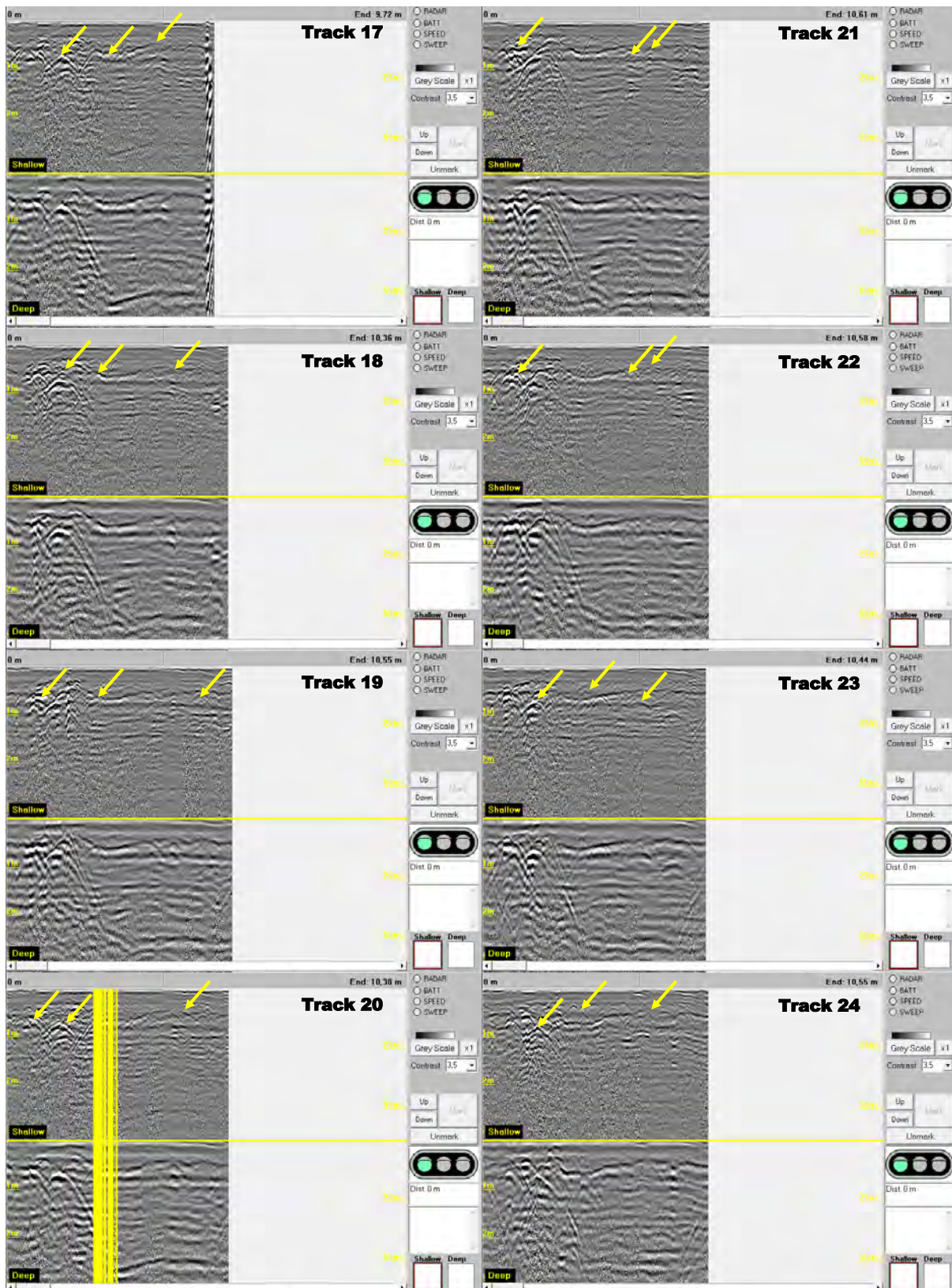
4.4 Georadar - Radargramme Messfeld 1 (1/4)



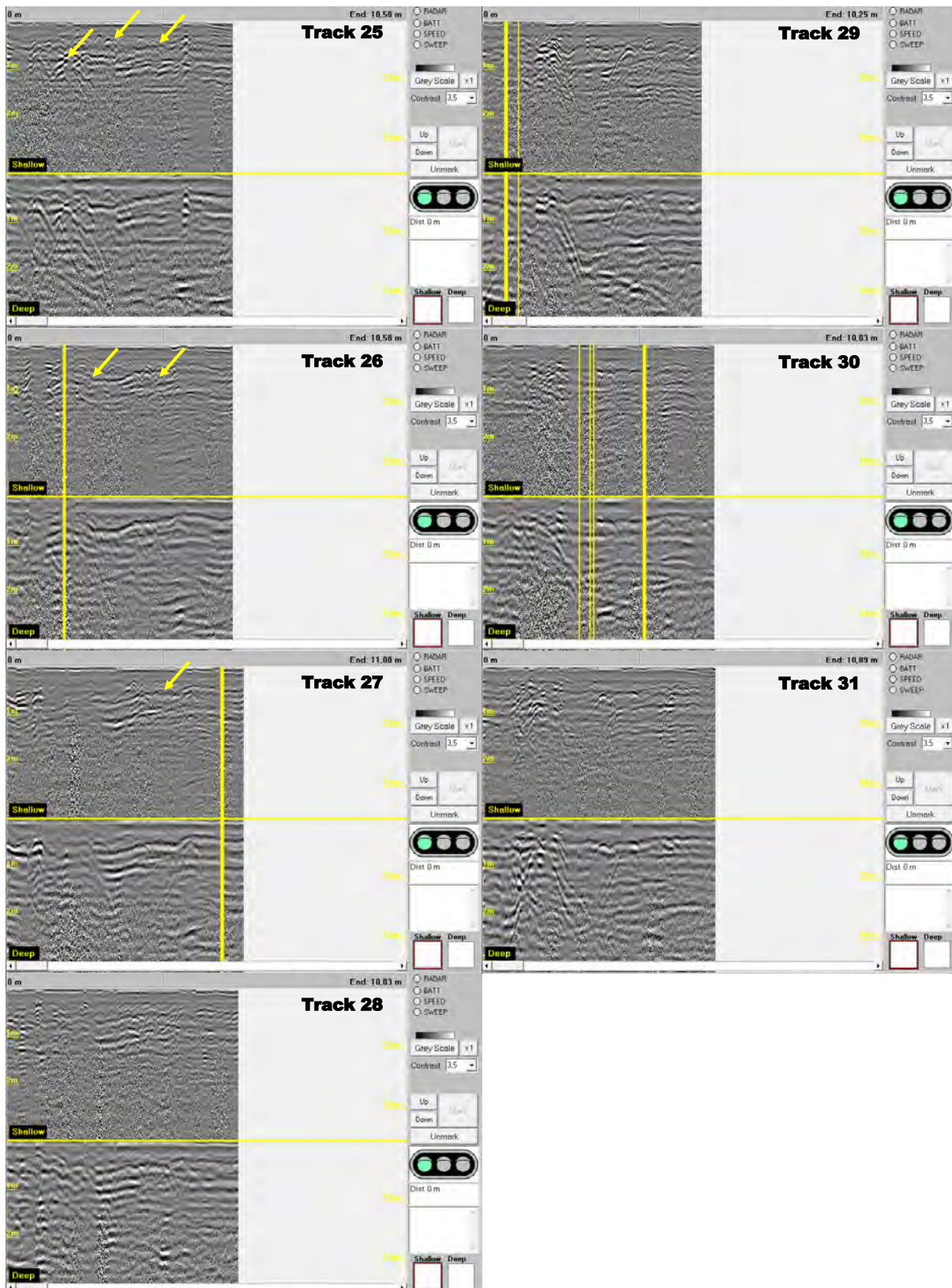
4.4 Georadar - Radargramme Messfeld 1 (2/4)



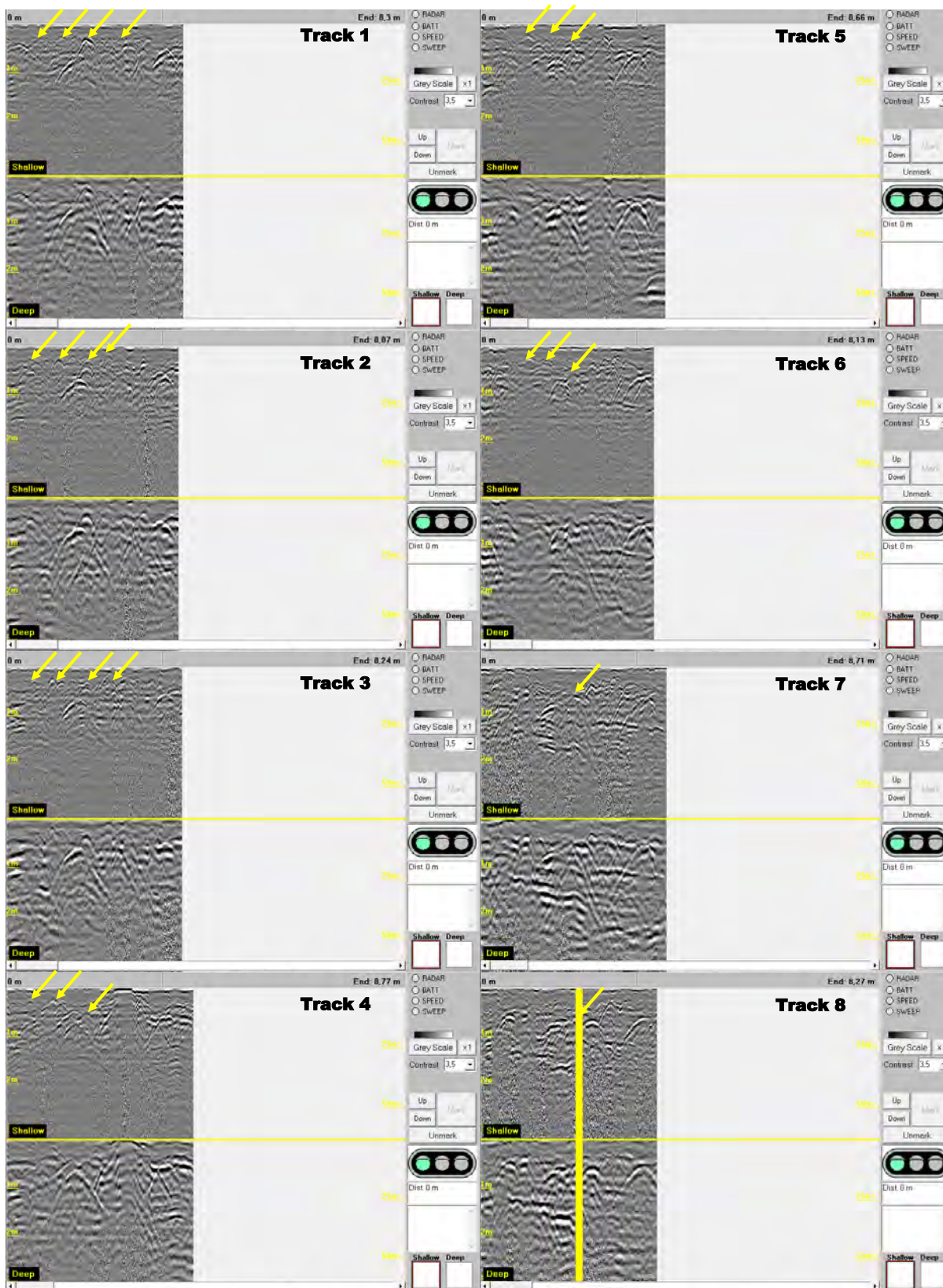
4.4 Georadar - Radargramme Messfeld 1 (3/4)



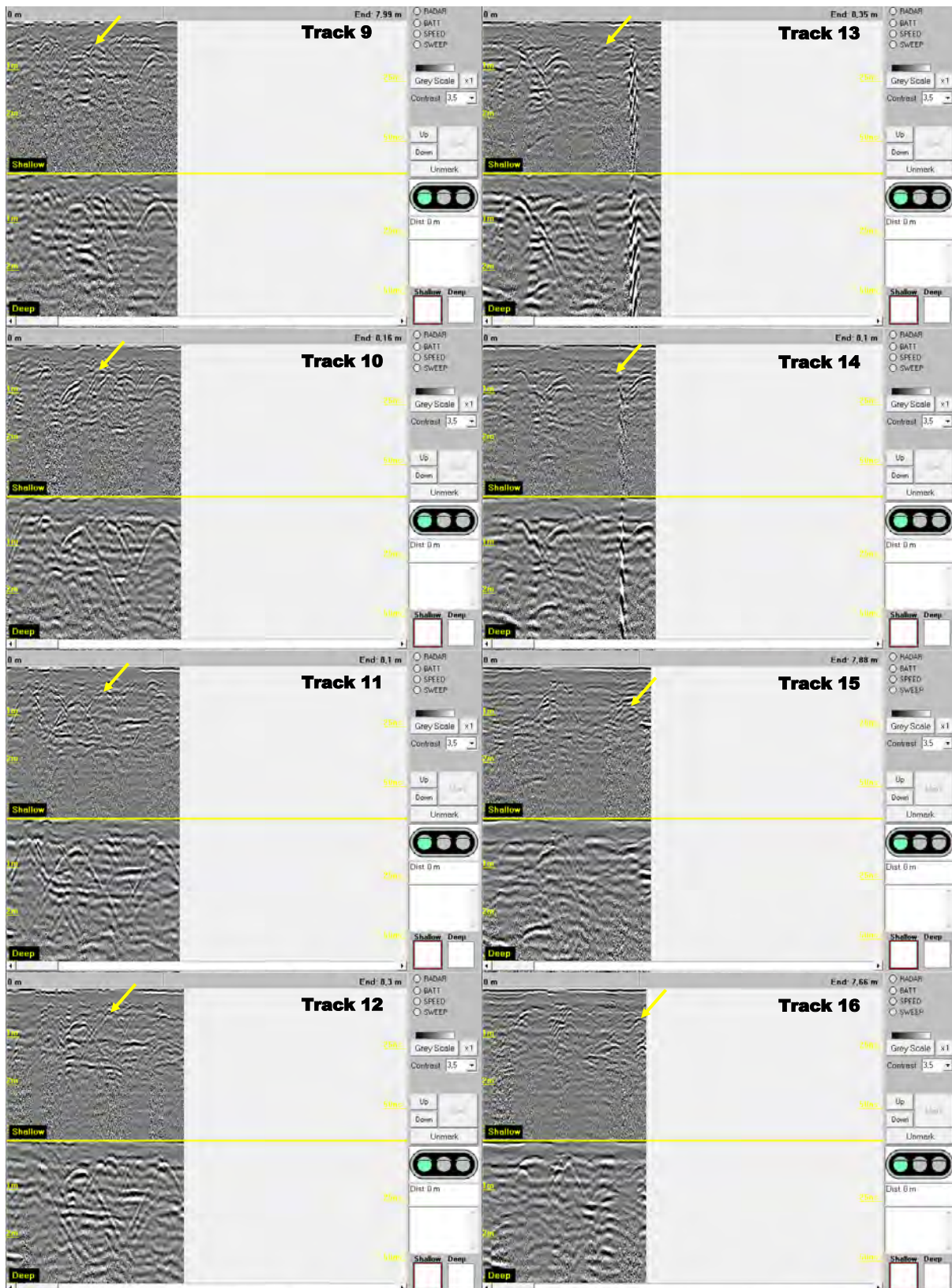
4.4 Georadar - Radargramme Messfeld 1 (4/4)



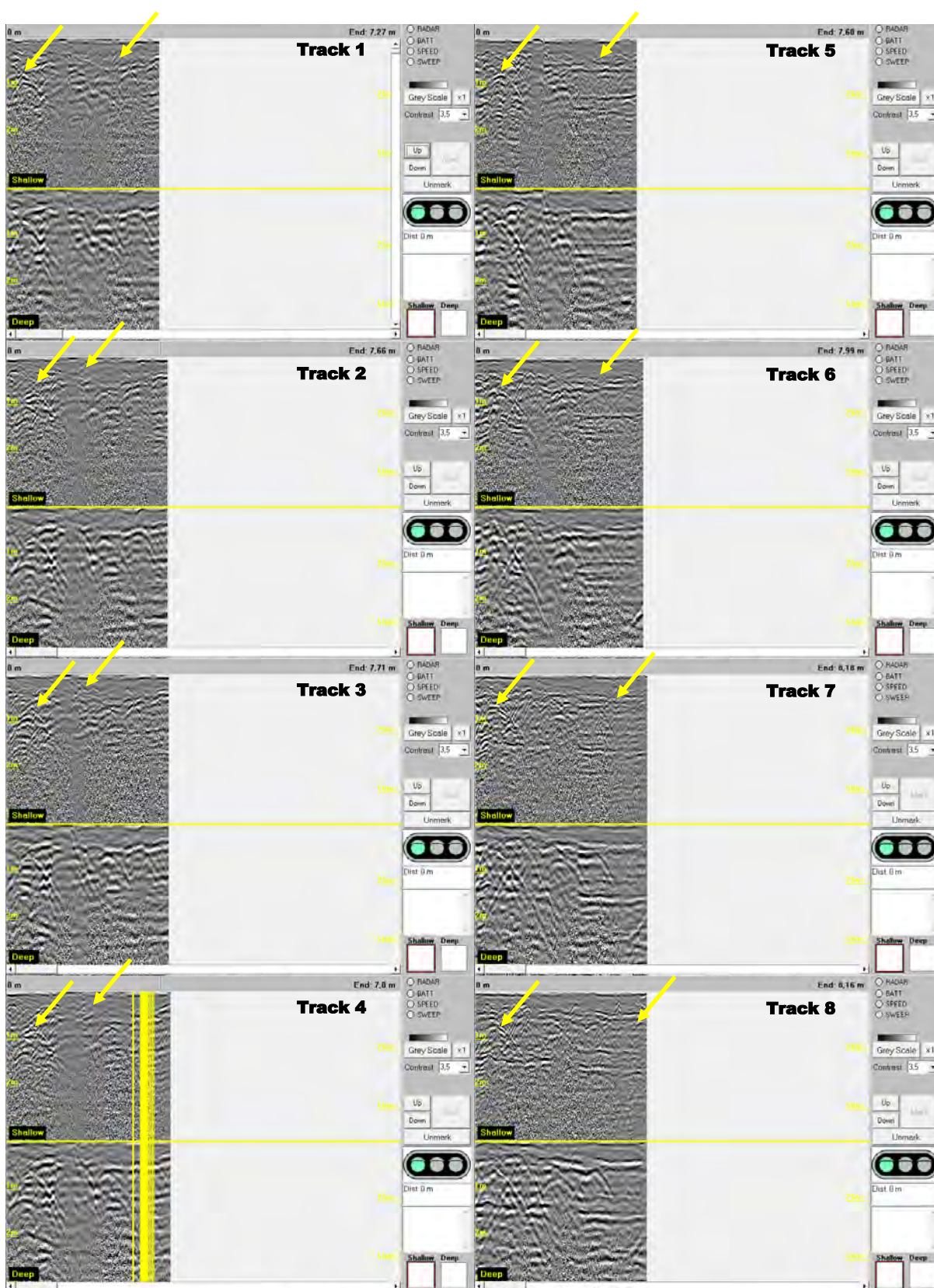
4.4 Georadar - Radargramme Messfeld 2 (1/2)



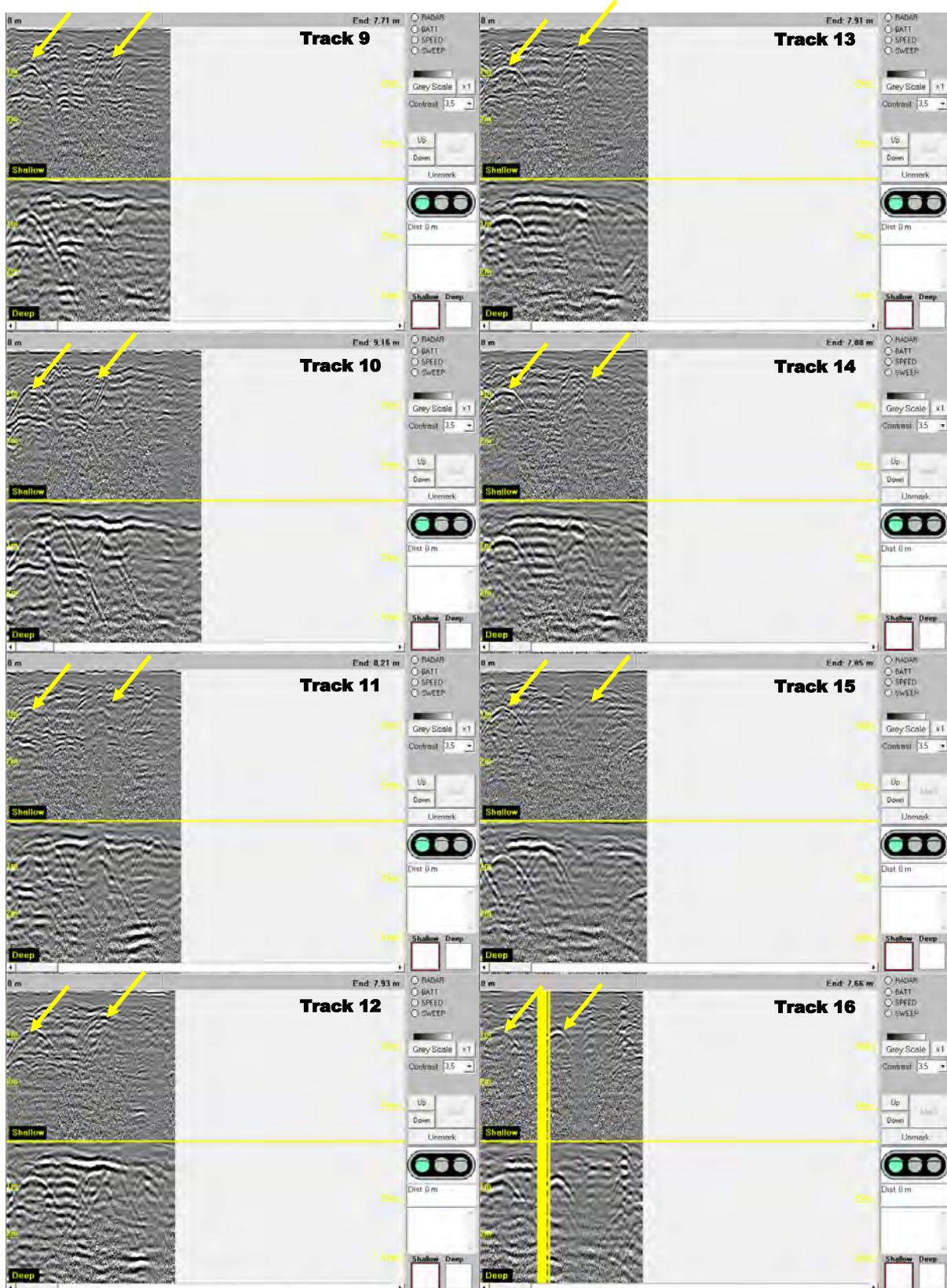
4.4 Georadar - Radargramme Messfeld 2 (2/2)



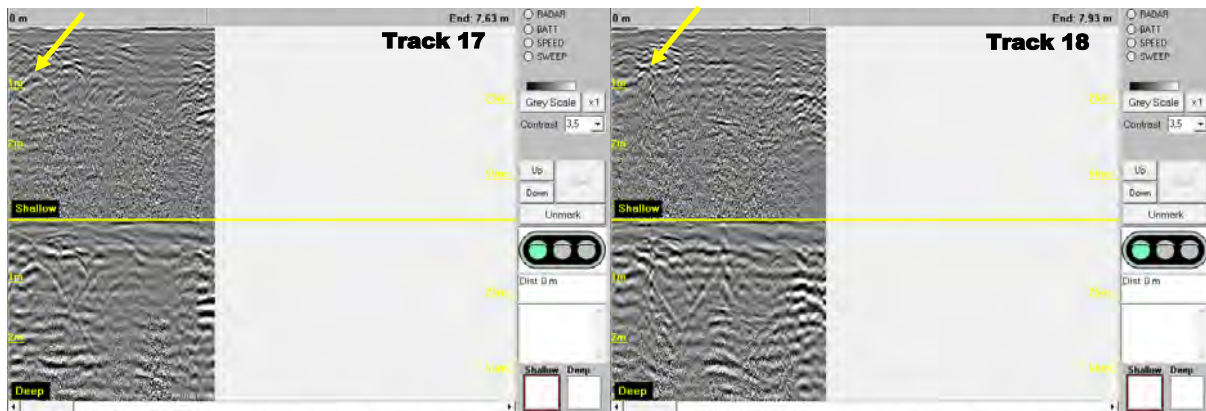
4.4 Georadar - Radargramme Messfeld 3 (1/3)



4.4 Georadar - Radargramme Messfeld 3 (2/3)

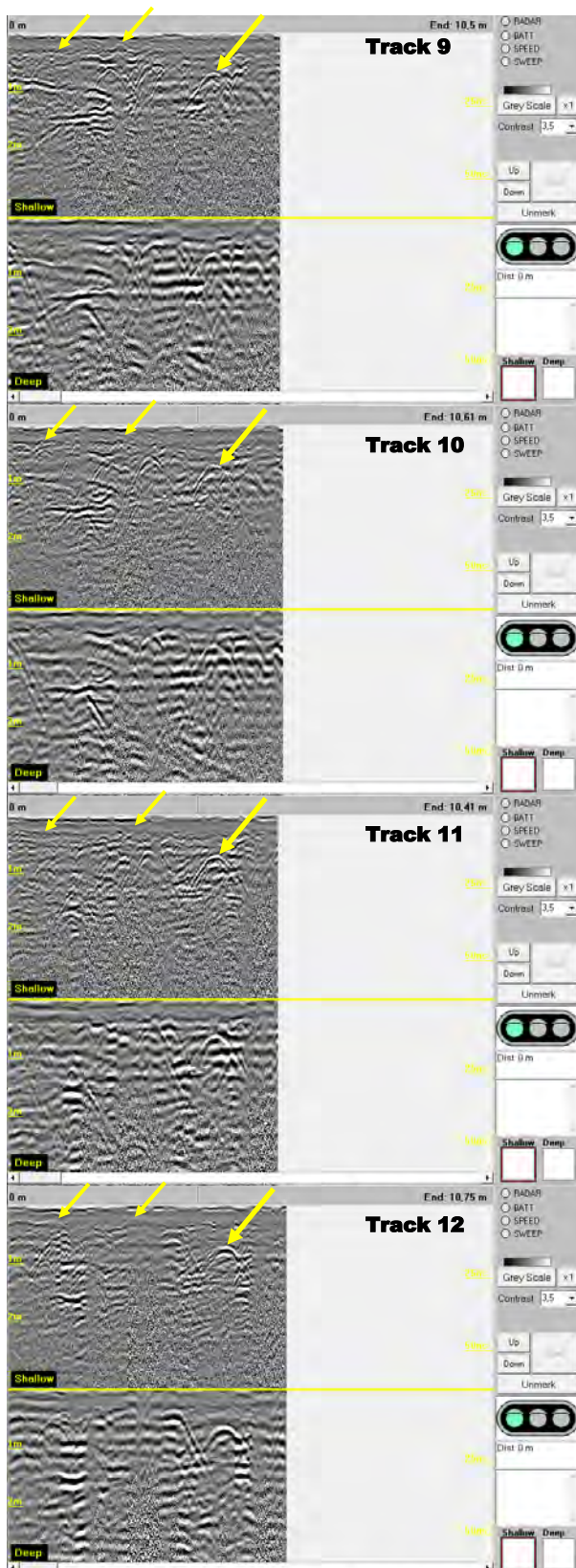


4.4 Georadar - Radargramme Messfeld 3 (3/3)



ISB UrbanForestry - Eingehende technische Untersuchung des Wurzelraumes einer Roteiche auf dem Baufeld Tucher Areal II, Dambacher Str. in 90763 Fürth

4.4 Georadar - Radargramme Messfeld 4 (2/2)



Zusammenfassung

5

Die Roteiche befindet sich in einer für ihr Alter recht guten und vor allem vitalen Verfassung. Der Baum weist weder visuell noch nach Auswertung der Schalltomographiemessung am Stammfuß größere Mängel auf. Nach Analyse der gewonnenen Messdaten der Wurzelstrangtomographie und der Georadaruntersuchung verfügt die Roteiche ein in Ausladung, Dichte und Quantität reichlich vorhandenes Wurzelwerk. Die Ergebnisse der technischen Wurzelraumuntersuchungsverfahren konnten stichpunktartig durch Suchschlitze validiert werden.

Westlicher Verbau im Tiefgaragenbereich:

Durch die schalltomographische Untersuchung (siehe Abb. 4.3-03) und die Georadarmessungen (siehe S. 14 bis S. 26) konnte festgestellt werden, dass im Bereich der geplanten Verbaumaßnahme Wurzeln verlaufen. Die Auswertung der Georadar-Tracks zur Tiefenbestimmung der einzelnen Wurzelstränge stellte sich als schwierig heraus, da in einer Tiefe von ca. 30-40 cm eine Schicht aus Mineralbeton/altem Bauschutt (hohe Absorption der elektromagnetischen Wellen) das Lesen der Messergebnisse verkomplizierte. Ebenso stellte der Oberboden mit seinem enormen Sandanteil eine größere Hürde als zu erwarten war dar. Sand gilt ebenso als guter Absorptor wie Bauschutt. Gut zu sehen waren jedoch oberflächlich gewachsene Stark- und Grobwurzeln. Außerdem konnten Wurzeln im Bereich der Verbaulinie bis zu 1,0 m Tiefe erkannt werden.

Eine Quantifizierung des Wurzelverlustes durch die Einrichtung des Verbau im Tiefgaragenbereich ist auf ca. 5-10 % zu bemessen. Dies stellt ein durchaus erträgliches und kompensierbares Maß an physiologisch wirksamen Wurzelentzug dar. Eine statische Beeinträchtigung ist dabei nicht zu erwarten, da der statisch wirksame Wurzelbereich, der dem 1 - 1,5-fachen des Stammdurchmesser entspricht, nicht tangiert wird.

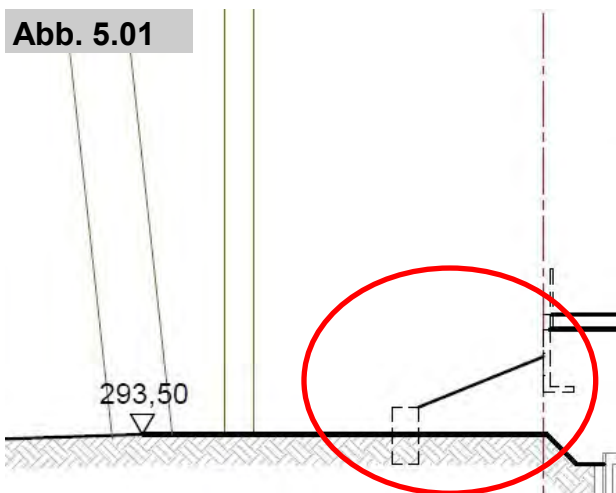
Von einem Einbau eines Wurzelvorhanges, der eine zusätzliche Kappung von ca. 0,5 m Fein-,Grob- und Starkwurzeln bedeuten würde, ist abzusehen. Der Verbau dient an dieser Stelle als Wurzelvorhang. Zunächst werden Wurzeln entlang der Verbaulinie per Saugbagger oder Handschachtung freigelegt, gekappt und fachmännisch versorgt (siehe Abb. 5.03). Anschließend können Bohrpfähle gesetzt und unter bauökologischer Aufsicht die Erdaushubarbeiten vorgenommen werden. Der entstandene Zwischenraum zwischen Verbau-Wand und baumseitigen Erdreich wird

mit nahrhaften Baumsubstrat verfüllt.

Auch des Ziehen des Verbaus ist mit dem Unterzeichner abzustimmen und ggfs. zu überwachen.

Östlicher Bereich

Abb. 5.01

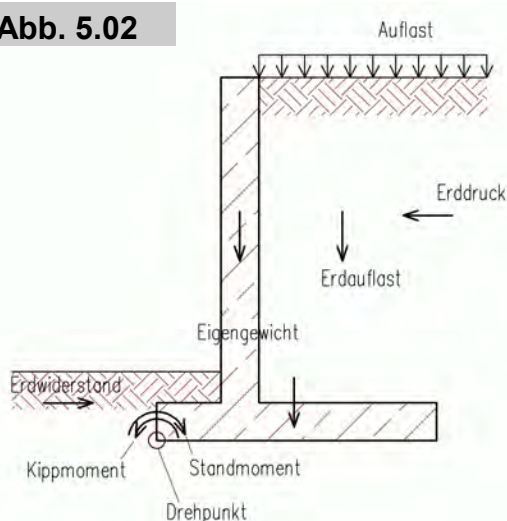


Auf östlicher Seite soll eine Mauer (Abb. 5.01) im Abstand von ca. 5,0 m als Geländeabstützung hin zur Grundstücksgrenze des 2. Bauabschnitts eingebracht werden. Auch hier erschwerte der sandhaltige Boden und die Bauschuttschicht die Auswertung der Georadar-Messdaten. Trotzdem können Wurzeln in Tiefen von 30 bis 60 cm nachgewiesen. Demnach kann eine Mauer-

gründung per Streifenfundament nicht realisiert werden.

Um der Geländeabstützung den statisch nötigen Halt zu gewährleisten, muss auch hier das Wurzelwerk entlang der geplanten Mauerlinie per wurzelschonender Handschachtung (der Einsatz eines Saugbaggers ist aus Baumschutzgründen und Platzmangel nicht möglich) freigelegt werden (siehe Abb. 5.03). Anschließend können individuell geeignete Stellen für Punktfundamente definiert werden.

Abb. 5.02



Eine weitere Variante der Geländeabstützung kann über das Einsetzen von L-Steinen bewerkstelligt werden (siehe Abb. 5.02). Dabei wird die Positionierung der Steine durch das Eigengewicht der aufliegenden Erdmasse gewährleistet. Diese Methode ist aus Sachverständigensicht anzuraten, da hier keine größeren Grabungsarbeiten nötig werden.

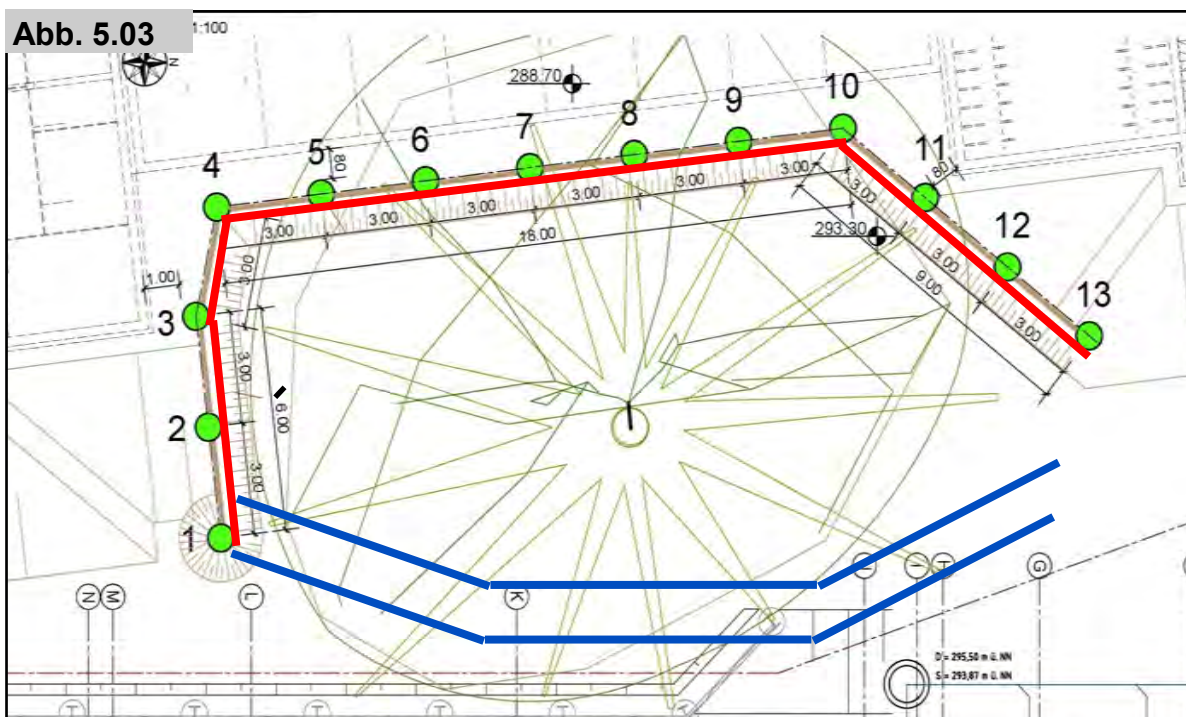
Das gleiche Verfahren findet bei dem Bau des barrierefreien Weges Anwendung. Im betroffenen Bereich wird der Boden bis zu der nötigen Tiefe von ca. 35 cm abgetragen und mit einem speziellen Baumsubstrat (Siehe Anlage 7.3, S. 41) aufgefüllt. Dieses Baumsubstrat ist verdichtbar und dient dem künftigen Weg als Tragschicht. Zusätzlich müssen Versorgungsschläuche („Rüsselfunktion“) zur Luftbedürftigkeit der Wurzeln bzw. für z.B. Symbiosevorgänge Bodenleben-Wurzeln eingebracht werden.

Eine baumschonendere Alternative dazu ist ein Wurzelbrücken-System der Firma Humberg (siehe dazu <https://humberg-baumschutz.de/wurzelschutz-bruecken-kontrolliertes-wachstum-und-baumschutz>). Diese Methode verhindert die Verdichtung des Bodens, verteilt aufkommende Lastwirkungen gleichmäßiger und stellt eine optimale Sauerstoffversorgung im Wurzelbereich sicher.

Die Wahl eines sickerfähigen Pflasterbelages wurde bereits vom zuständigen Landschaftsarchitekten zugesichert.

Abb. 05.03 zeigt die nötigen Vorarbeiten:

- rote Line: Wurzeltrennschlitz entlang der Verbaulinie
- blaue Linie: Wurzelsuchgräben für Mauergründung und Wegetragschicht



Resümee aus den gewonnenen Erkenntnissen

Alle Baumaßnahmen im Wurzelbereich der Roteiche, Bohrpfahlwand westlich des Baumes (im Zuge des Tiefgaragenbaus von Haus E1), Geländeabstützung östlich des Baumes (hin zur Grundstücksgrenze des 2. Bauabschnitts) und der Bau des barrierefreien Weges greifen in den Wurzelraum der Roteiche ein.

Es ist darauf hinzuweisen, dass sämtliche Erd- und Verbauarbeiten mit dem Unterzeichner abgestimmt und nur unter Aufsicht eines Sachverständigen durchgeführt werden dürfen.

Trotz der oben genannten Schutzmaßnahmen bedeuten Eingriffe in den Wurzelraum durch den Verlust von physiologisch (für die Nahrungs- und Wasseraufnahme) wichtigen Wurzeln, Stress für den betroffenen Baum. Daher ist es von enormer Wichtigkeit, dass der Wurzelbereich während der Baumaßnahme ausreichend bewässert wird. Um den Wasserhaushalt des Baumes optimal zu überwachen und einzustellen, ist dringlichst ein Feuchtemonitoring via Drei-Tiefen-Feuchtigkeitsmessung in Verbindung mit einem automatischen Bewässerungssystem zu empfehlen. Dabei ermitteln zwei Bodenfeuchtemesssensoren je Messstelle in 1,9 m, 0,9 m und 0,5 m Tiefe im stündlichen Turnus über den gesamten Zeitraum der Baumaßnahme den Wasseranteil des Bodens (siehe Anlage 7.3, S. 41 und S. 42). Im Falle einer Unterschreitung der Mindestfeuchte wird automatisch bewässert.

Außerdem sollte nach Abschluss der Baumaßnahme eine Bodenbelüftung und Tiefvorratsdüngung im gesamten Kronentraufenbereich stattfinden (Siehe Anlage 7.3, S. 41).

Auf Grundlage dieser Planung und bei Einhaltung der vom Unterzeichner vorgegebenen Baumerhaltungs- und Baumschutzmaßnahmen ist die Zukunft des Baumes nicht gefährdet. Von einer langfristigen Erhaltung der Roteiche ist auszugehen.

Die Baumaßnahme kann wie in den Plänen Abb. 3.1-03 und Abb. 3.1-04 dargestellt, durchgeführt werden.

Verfasservermerk 6

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 17042

Sachverständigen für Baumpflege, Biomechanik & Baumwertermittlungen

Tobias Siegert (B.Sc.).

Altdorf, 15.03.2021



Tobias Siegert B.Sc.



Sachverständigenbüro

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

Anlagen 7

7.1 Literaturverzeichnis

- [01] **293/4:** Richtlinien für die Anlage von Straßen - Teil: Landschaftspflege, Abschnitt 4: Schutz von Bäumen, Vegetationsbeständen und Tieren bei Baumaßnahme.
- [02] **8th International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications**, Northeastern University, Boston, Massachusetts, USA June 7 - 11, 2016, Northeastern University, Boston, Massachusetts, USA. June 7 - 11, 2016, 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, Pflanzen beständen 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] **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.
- [20] **Gromke, C.; Ruck, B.:** Aerodynamic modelling of trees for small-scale wind tunnel studies. Forestry, Band 81 (2008) Heft 3, S. 243–258.
- [21] **Gross, G.:** A windthrow model for urban trees with application to storm "Xavier". Meteorologische Zeitschrift, Band 27 (2018) Heft 4, S. 299–308.
- [22] **International Conference 'Wind Effects on Trees'**, September 16-18, 2003, University of Karlsruhe, Germany.
- [23] **Isyumov, N.; Alan G.** Davenport's mark on wind engineering. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Band 104-106 (2012), S. 12-24.
- [24] **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.
- [25] **Jiao-jun, Z., et al.:** Review: effects of wind on trees. Journal of Forestry Research, Band 15 (2004) Heft 2, S. 153-160.
- [26] **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.
- [27] **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.
- [28] **Journal of Applied Science and Engineering**, Vol. 19, No. 4, pp. 429438 (2016).
- [29] **Mayer, H.:** Die Windverhältnisse in und über einem Fichtenwald. Forstwissenschaftliches Centralblatt, Band 95 (1976) Heft 1, S. 333–345.
- [30] **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.
- [31] **Mayhead, G.J.:** Some drag coefficients for british forest trees derived from wind tunnel studies. Agricultural Meteorology, Band 12 (1973), S. 123–130.
- [32] **Malek, J. von:** Der Baumpfleger. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer, 1999.
- [33] **Mattheck, C.;** Bethge, K.: Warum alles kaputt geht. Form und Versagen in Natur und Technik. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe, 2003.

- [34] **Mattheck, C.:** Design in der Natur. Der Baum als Lehrmeister. Freiburg im Breisgau: Rombach, 1997.
- [35] **Mattheck, C.:** Die Baumgestalt als Autobiographie. Einführung in die Mechanik der Bäume und ihre Körpersprache. Braunschweig: Thalacker, 1992.
- [36] **Mattheck, C.; Breloer, H.:** Handbuch der Schadeskunde von Bäumen. Der Baumbruch in Mechanik und Rechtsprechung. Freiburg: Rombach Verlag, 1993.
- [37] **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.
- [38] **Neild, S.A.; Wood, C.J.:** Estimating stem and root-anchorage flexibility in trees. Tree physiology, Band 19 (1999) Heft 3, S. 141–151.
- [39] **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.
- [40] **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.
- [41] **Peltola, H.M.:** Mechanical stability of trees under static loads. American journal of botany, Band 93 (2006) Heft 10, S. 1501-1511.
- [42] **Rinn, F.:** Ab wann ist ein Flaschenhals gefährlich? Taspo Baumzeitung (2015) Heft 3, S. 40-42.
- [43] **Rinn, F.:** How much crown pruning is needed for a specific wind-load reduction? Western Arborist (2014) spring, S. 10-13.
- [44] **Rinn, F.:** Wie hohl darf ein alter Baum sein? Taspo Baumzeitung (2013) Heft 3, S. 33-35.
- [45] **Rinn, F.:** Shell-wall thickness and breaking safety of mature trees. Western Arborist (2013) fall, S. 40-44.
- [46] **Rinn, F.:** Sachverständigen Anforderungen an Messgeräte und Messverfahren. Der Sachverständige (2007) Heft 3, S. 46-51.
- [47] **Rinn, F.:** Zur Fehlerrechnung in der Baumkontrolle. PROBAUM (2006) Heft 1, S. 12-20.
- [48] **Rinn, F.:** Fehlerrechnung in der Baumkontrolle? Ungenauigkeiten bei Baummessungen beachten. AFZ der Wald (2005) Heft 24, S. 1325-1328.
- [49] **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.
- [50] **Roberts, S.:** Wind wizard. Alan G. Davenport and the art of wind engineering. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2013.
- [51] **Roloff, A.:** Baumkronen. Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Stuttgart: Ulmer, 2001.
- [52] **Rosemeier, G.-E.:** Windbelastung von Bauwerken. Hoch- und Brückenbauten, Schalen, leichte Flächentragwerke ; neue Windlastnorm DIN 1055-4, Baudynamik, Aerodynamik, Luftturbulenzen. Berlin: Bauwerk, 2009.
- [53] **Ruck, B.:** Aerodynamik der Bäume. Laboratorium für Gebäude- und Umweltaerodynamik, Institut für Hydromechanik Karlsruhe Institute of Technology KIT.
- [54] **Ruck, B.; Schmitt, F.:** Das Strömungsfeld der Einzelbaumumströmung. Forstwissenschaftliches Centralblatt, Band 105 (1986) Heft 1, S. 178-196.

- [55] **Schindler, D.; Bauhus, J.; Mayer, H.:** Wind effects on trees. European Journal of Forest Research, Band 131 (2012) Heft 1, S. 159–163.
- [56] **Schindler, D., et al.:** Responses of an individual deciduous broadleaved tree to wind excitation. Agricultural and Forest Meteorology, Band 177 (2013), S. 69-82.
- [57] **Schönborn, J.; Schindler, D.; Mayer, H.:** Measuring vibrations of a single, solitary broadleaf tree. Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Germany, 13-16 October 2009.
- [58] **Siegert, B.; Siegert, T.:** Das Rechenprogramm TSE. Stand- und Bruch-sicherheit von Bäumen online berechnen. AFZ der Wald (2010) Heft 24, S. 24-26.
- [59] **Siegert, B.; Siegert, T.:** Die Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen im Praxistest. AFZ der Wald (2012) Heft 04, S. 32–34.
- [60] **Siegert, B.; Siegert, T.:** Workshop Zugversuche. AFZ der Wald (2012), Heft 16, S. 43-44.
- [61] **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.
- [62] **Sinn, G.:** Baumstatik. Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen an Straßen, in Parks und der freien Landschaft ; biologische Aspekte und eine Einführung in die Baumstatik unter besonderer Berücksichtigung der Neigungs- und Dehnungsmessverfahren. Braunschweig: Thalacker Medien, 2003.
- [63] **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.
- [64] **Wittel, H., et al.:** Roloff/Matek Maschinenelemente. Normung, Berechnung, Gestaltung. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017.
- [65] **Wessolly, L.; Erb, M.:** Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle. Berlin, Hannover: Patzer, 2014

7.2 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 (= 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 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.

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 Erhaltbarkeit 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 Impulswelle, 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 nächstgelegene Empfangssensor am Stamm als Wurzelmesspunkt verwendet, aufgezeichnet wird. Die Messergebnisse werden zu einem Tomogramm, welches die radiale Wurzelausdehnung, den Zustand des Stammquerschnittes zeigt, verrechnet (Abb. 2-4).



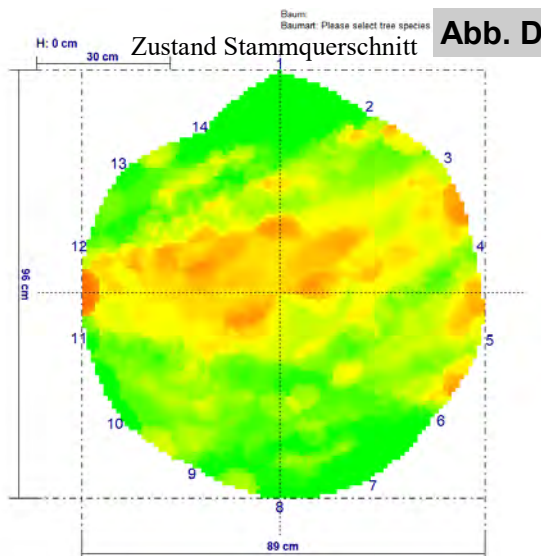
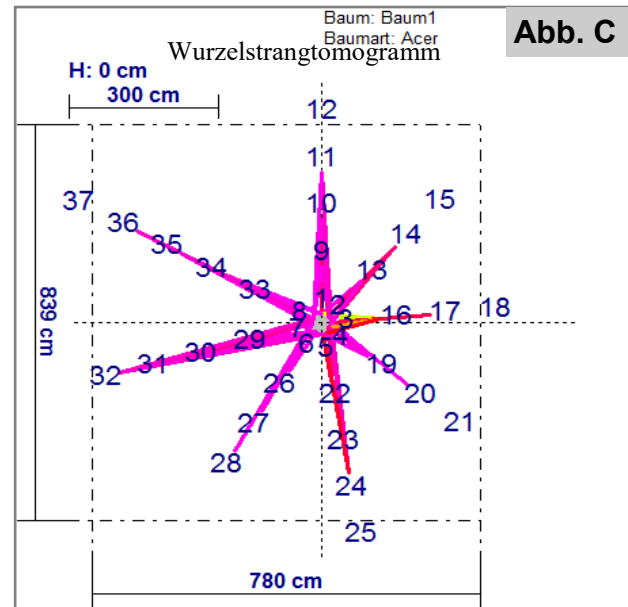
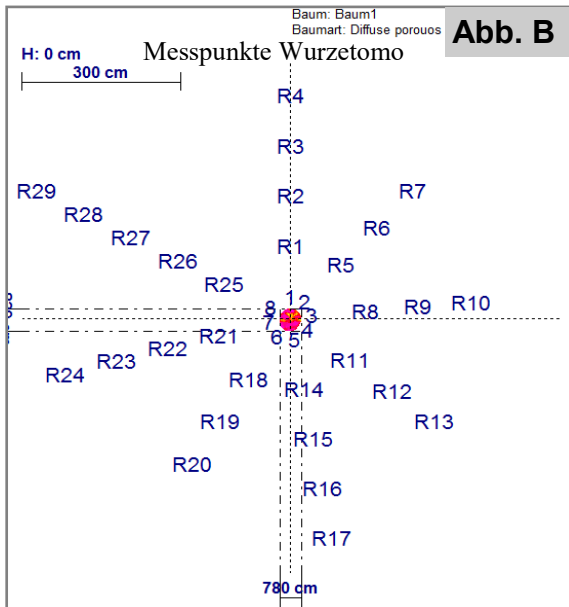


Abb. B und Abb. C:

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

Abb. D:

Ergänzend kann der Holzzustand am Stammfuß abgebildet werden (grün ist intakt, gelb geschädigt, rot deutlich abgebaut)

Ground Penetrating Radar (GPR)

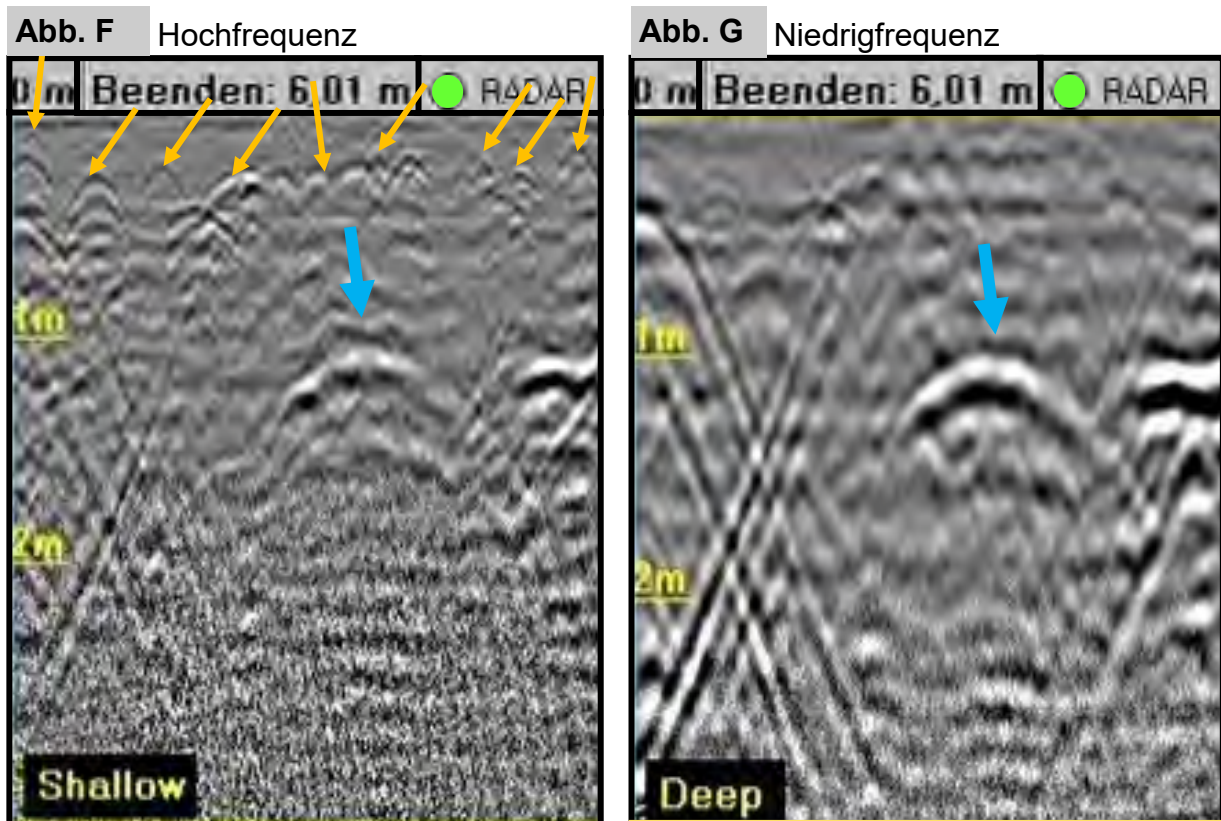
Abb. E: Radarortung ist allgemein aus der Flug- und Schifffahrt als Navigations- und Ortungssystem bekannt. Aber auch in der Bodenerkundung zur Distanzortung von natürlichen Ressourcen und in der Archäologie wird Georadar eingesetzt. Allerdings ist die Ortung von „Bodenstörern“ ungleich schwieriger als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



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:



7.3 Leistungsbeschreibungen

1. Bodenbelüftung / Tiefenvorratsdüngung

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

- 400 g gebranntes Kieselgur Körnung max. 4mm (z.B. Terramol)
- 100 g Oscorna Bodenaktivator
- 50 g Leonardit mit mind. 60-80% Huminsäureanteil (z.B. Perlhumus)

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 oder Kompressor mit biologisch unschädlichen Verdichteröl verwenden. Werkzeugöler am Kompressor abstellen, ölfreie Druckluftschräuche verwenden.

2. Überbaubares Substrat

Vegetationstragschicht überbaubar, gemäß PGB II gemäß FLL-Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 2.

Substrat zur Wurzelraumerweiterung mit (teils) überbauter Baumscheibe, kornabgestuftes, porenhaltiges, strukturstabiles Material mit beständigem Humusanteil, Körnung 0/32, recycelbar, umweltverträglich, beständig gegen physikalische und chemische Einwirkungen, ohne pflanzenschädliche Bestandteile, mit sehr hoher Wasserdurchlässigkeit, max. Wasserspeicherkapazität 30 bis 40 Vol.% bei gleichzeitig sehr hohem Luftporenvolumen > 10 Vol.-% bei pF 1,8 > 15 Vol. %, gemessen jeweils im verdichteten Zustand, kapillar hoch wirksam, entmischungssicher und verrüttelungsstabil, pH-Wert 7,0 – 8,5 (nicht unter 6,5 absinkend), Gewicht in gesetztem, lagerdichtem, Wasser gesättigtem Zustand ca. 1.400 kg/m³. Das Substrat liefern, im erdfeuchten Zustand in der Pflanzgrube lagenweise einbauen und verdichten. Bei Flächen mittels Walze oder Rüttelplatte, bei Einzelgruben mittels Handstampfer oder einschrämen. Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \leq 60 \text{ MN/m}^2$.

Verdichtungsfaktor ca. 25 %. Abrechnung im verdichteten Zustand.

Einbaustärke cm.

Z.B. Rotgrand®-Compact 45 Baums substrat

Lieferrachweis:

BOTT Begrünungssysteme GmbH
Robert-Koch-Str. 3 d
D-77815 Bühl

Tel. 07223-951189-0
Fax 07223-951189-10

info@systembott.de
www.systembott.de

3. Bodenfeuchtmonitoring mit automatischen Bewässerungssystem

Abb. H



Abb. H und I: Aufbau Mess- und Bewässerungsstation:

Steuerkästen Feuchtemonitoring und
Bewässerungsanlage

Bewässerungsdüsen

6 Sensoren der Bodenfeuchtigkeits-
messanlage

Abb. I



Abb. J: Messdaten-Protokoll

Abb. J

