

Block C - Erfassung von Flora/Vegetation

C.2 Wurzeldetektion von Alleebäumen mit Radar

Karsten Kriedemann, ö. b. v. Sachverständiger



1. Aufgabenstellung

Kenntnisse zum Wurzelwerk von Bäumen sind entscheidend für deren Schutz und Pflege. Gleiches gilt bei Bauvorhaben, denn häufig wird der Fokus auf den Stamm- und Kronenschutz gelegt und dabei der Wurzelraum vernachlässigt.

Das „unsichtbare“ Wurzelwerk und der Lebensraum Baum werden bei Bauvorhaben oft unzureichend beachtet. Bei Eingriffen in das Baumumfeld sind Kenntnisse zur Lage des Wurzelwerks betroffener Bäume elementar wichtig.

Die Vitalität und Verkehrssicherheit von Bäumen hängt bestimmend vom „Standortfaktor“ Boden ab. Der natürliche Standort unserer gebietsheimischen Straßenbäume liegt im Wald, häufig auf tiefgründigen, humosen Böden mit etablierter Bodenmykorrhiza.



Hinsichtlich der Zustandsbewertung von Bäumen ist zwischen deren „Vitalität“ und „Verkehrssicherheit“ zu unterscheiden. Die Vitalität kennzeichnet die Gesundheit und Wuchskraft; wofür ein ausreichend großes Bodenvolumen notwendig ist. Dagegen definiert die Verkehrssicherheit die sogenannte Stand- und Bruchsicherheit; dafür ist wiederum eine ausreichende Bodenverankerung auf einem entsprechend bemessenen und gesunden

Baumumfeld die Voraussetzung. In urbanen Räumen - insbesondere an Straßen - müssen Bäume mit gestörten, unnatürlichen Standorten zurechtkommen.



2. Wurzelschutzbereich

Es liegen allgemeingültige Definitionen und Regelwerke für Arbeiten im Wurzelbereich vor. Nach der DIN 18920 und RAS-LP 4 definiert der Wurzelbereich die Fläche unter der Krone (Kronentraufe) zuzüglich 1,5 m, bei säulenförmigen Bäumen zuzüglich 5 m.

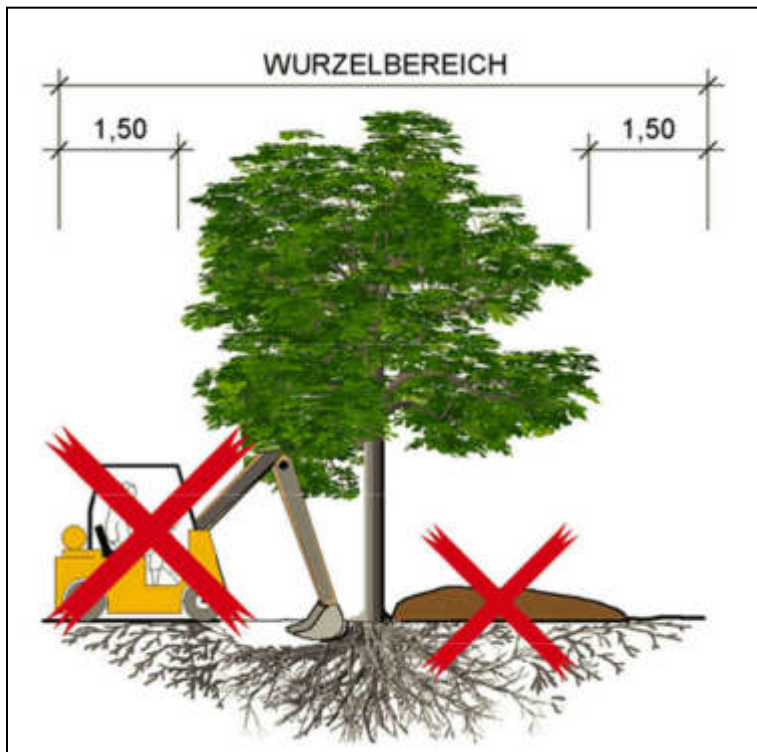


Abb.: Die Norm DIN 18920 und das Regelwerk RAS-LP 4
(Quelle: <http://www.galk.de>).

Dieser definierte Wurzelbereich kann jedoch nur einen Orientierungswert angeben, denn z. B. an Verkehrswegen muss sich das Wurzelwerk den veränderten Luft- und Wasserverhältnissen im Boden anpassen. Auch hat sich in der Praxis gezeigt, dass häufig eine artspezifische Wurzelausbreitung vorliegt und besonders in der Jungbaumphase das Kronenwachstum nicht mit der Wurzelausbreitung des Baumes Schritt hält.

Die Herausforderung besteht darin, Bauvorhaben im Baumumfeld so zu planen und zu realisieren, dass Schäden am Wurzelwerk bestenfalls vermieden, zumindest aber minimiert werden.

Deshalb ist bereits in der Planungsphase von Baumvorhaben und auch z. B. bei Maßnahmen zur Verbesserung des Baumumfeldes eine schonende Erkundung des Wurzelwerks anzustreben.

3. Methoden zur Erkundung des Wurzelwerks von Bäumen

3.1. Etablierte Methoden

Zur direkten Freilegung des Wurzelwerks von Bäumen wird klassischerweise die Handschachtung angewendet. Diese kann unterstützt oder auch ersetzt werden durch Einsatz von Drucklufttechnik. Hierfür wird eine Druckluftlanze, die über einen Kompressor mit 7 - 8 bar Luftdruck verfügt, eingesetzt.

Mit dieser Methode kann das Wurzelwerk relativ schonend „freigepustet“ werden. Bei einem oberflächennah anstehenden Wurzelwerk kann die Erkundungstiefe jedoch sehr schnell begrenzt sein, da flach verlaufende Wurzeln eine tiefere Freilegung verhindern.





Eine weitere Methode besteht in dem Einsatz eines Saugbaggers. Hierfür stehen kleine Geräte mit dann jedoch geringerer Saugleistung zur Verfügung. Für größere Vorhaben ist ein leistungsstarker Saugbagger notwendig. Hierbei handelt es sich um einen großen LKW (ca. 20 t), der mit einem Saugrüssel (ca. 20 cm Durchmesser) den Boden aufnimmt.



Bei größerer Verdichtung muss das Erdreich zuvor mit einer Sprenglanze gelöst werden. Auch dieses Verfahren ist weitestgehend wurzelschonend. Die Freilegungstiefe kann jedoch auch durch flach verlaufende Wurzeln begrenzt werden. Außerdem wurde in der Praxis festgestellt, dass durch den Dauerbetrieb des LKW unter den Baumkronen und den damit verbundenen Abgasen Verbrennungsschäden an den Blättern eintreten können.



3.2. Innovative Methoden

Inzwischen liegen auch Methoden vor, die eine Ortung des Wurzelwerks ohne Bodenöffnung ermöglichen. Diese können auch als zerstörungsfreie Methoden bezeichnet werden.

Folgende zwei Methoden werden zzt. im Feldversuch erprobt und werden hier kurz vorgestellt. Neben diesen Methoden bestehen noch weitere, auf die hier jedoch nicht eingegangen wird.

Schall-Impuls-Tomografie

Zum Einsatz kam der Arbotom® Baumtomograf der Firma Rinntech® mit dem Zusatzmodul Arboradix für die Wurzelortung.

Vor der eigentlichen Wurzelortung ist an dem zu untersuchenden Baum eine Schalltomografie auf Stammfußhöhe durchzuführen. Um den Stamm herum werden Impulssensoren an Nägeln montiert, die bis ins Splintholz des Holzkörpers einzuschlagen sind. Die Sensoren sind über eine Messkette miteinander verbunden. Via Bluetooth-Technik werden die Messdaten auf einen Laptop mit Spezial-Software übertragen und ausgewertet. Das Messprinzip beruht darauf, dass die Sensoren die Laufzeit von mechanischen Schall-/ Stoßimpulsen (= Körperschallwellen) durch das Holz in Mikrosekunden messen. Der Schall wird entsprechend der Holzstruktur unterschiedlich schnell im Baumstamm zwischen den Sensoren weitergegeben. Aus diesen Messwerten werden Schallgeschwindigkeiten errechnet, die in einer farbigen Liniengrafik dargestellt werden. Um Hindernisse, wie Fäulen und Risse macht der Schall Umwege und wirkt dadurch langsamer.

Die Sensoren werden auf einer ungefähr waagerechten Ebene an den Wurzelanläufen am Stammfuß positioniert. An jeder Sensorposition wird ein Nagel bis zum Splintholz eingeschlagen und an den Nägeln werden die Sensoren aufgehängt. Über mehrere Hammerschläge auf jeden Sensor reihum werden Schallimpulse eingegeben, die sich als Breitbandssignal ungerichtet innerhalb des Stamms ausbreiten.

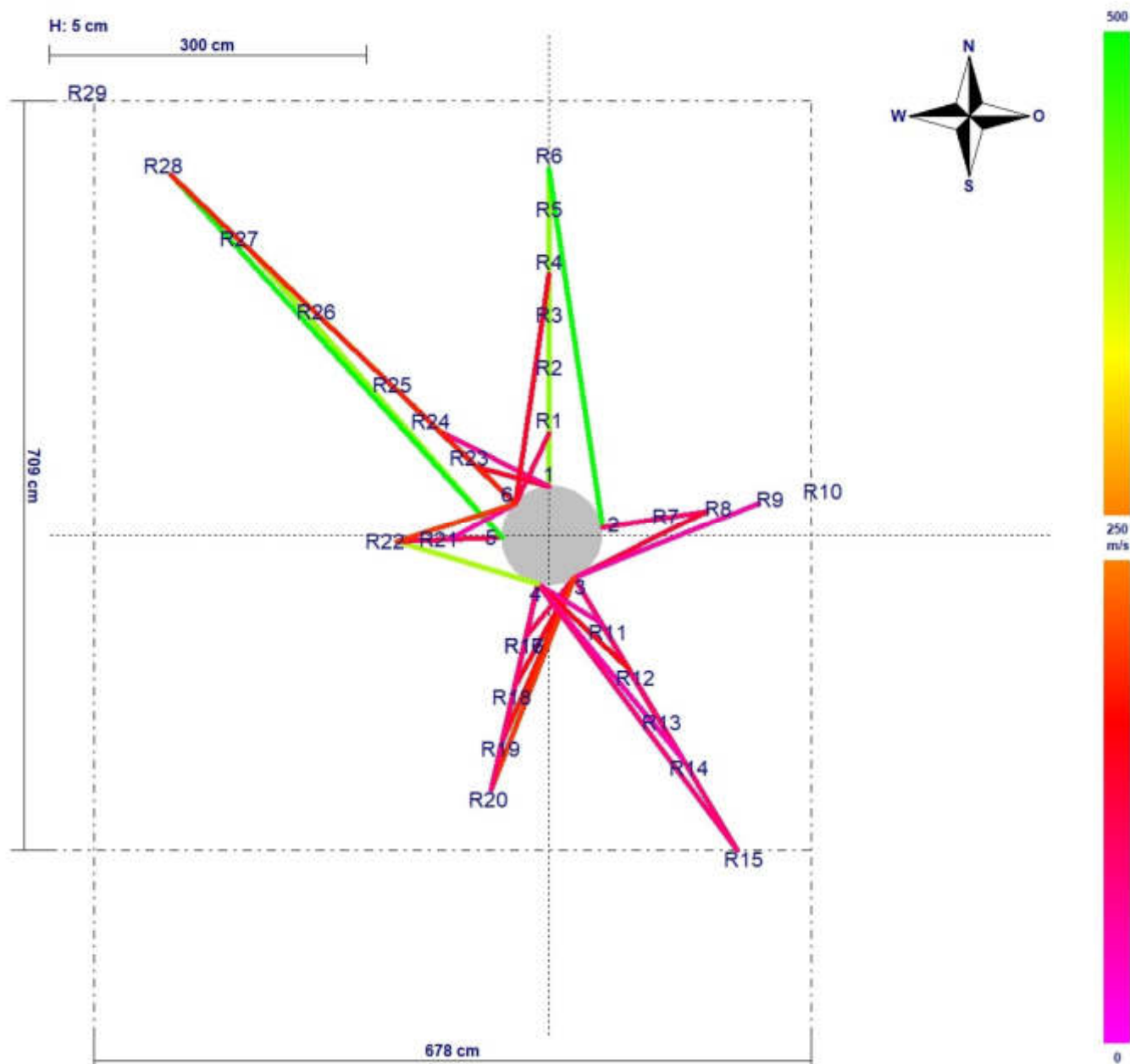
Eine Interpretation der Linien- und Flächentomogramme ist stets nur in Bezug auf die jeweilige Farbskala möglich. In Abhängigkeit von der Baumart berechnet ein Computerprogramm aus den Laufzeiten beim Schlagen auf die Sensoren über ein mathematisches Modell ein farbiges Flächenbild des untersuchten Stammquerschnitts und bildet ein Tomogramm ab.

Mit der technischen Erweiterung des Schalltomografen durch das ArboRadix® können Baumwurzeln geortet werden. Zur Wurzelanalyse wird die am Stammfuß angebrachte Sensormesskette um einen zusätzlichen Sensor auf einer Stahlstange erweitert. Über die Stahlstange wurden auf Ortungsstrecken Impulse in den Boden eingeleitet. Über die Wurzeln - soweit unter der Schlagstelle vorhanden - werden die Impulse an den Baum weitergeleitet und die Laufzeit des Schalls zum Baum gemessen. Im Abstand von 0,5 m oder 1,0 m wurden entlang der Suchlinien Ortungen durchgeführt, die Positionen werden aufgezeichnet und als Liniendiagramm dargestellt (siehe nachfolgende Abbildung). Die Diagramme liefern Informationen zur Lage der Wurzeln und deren Verbindung zu einzelnen Wurzelanläufen (Sensoren am Baum).



Alleebaum mit montierter Sensorkette an den Wurzelanläufen. Hier wurde untersucht, wie weit sich das Wurzelwerk an der straßenabgewandten Seite ausgebreitet hat.





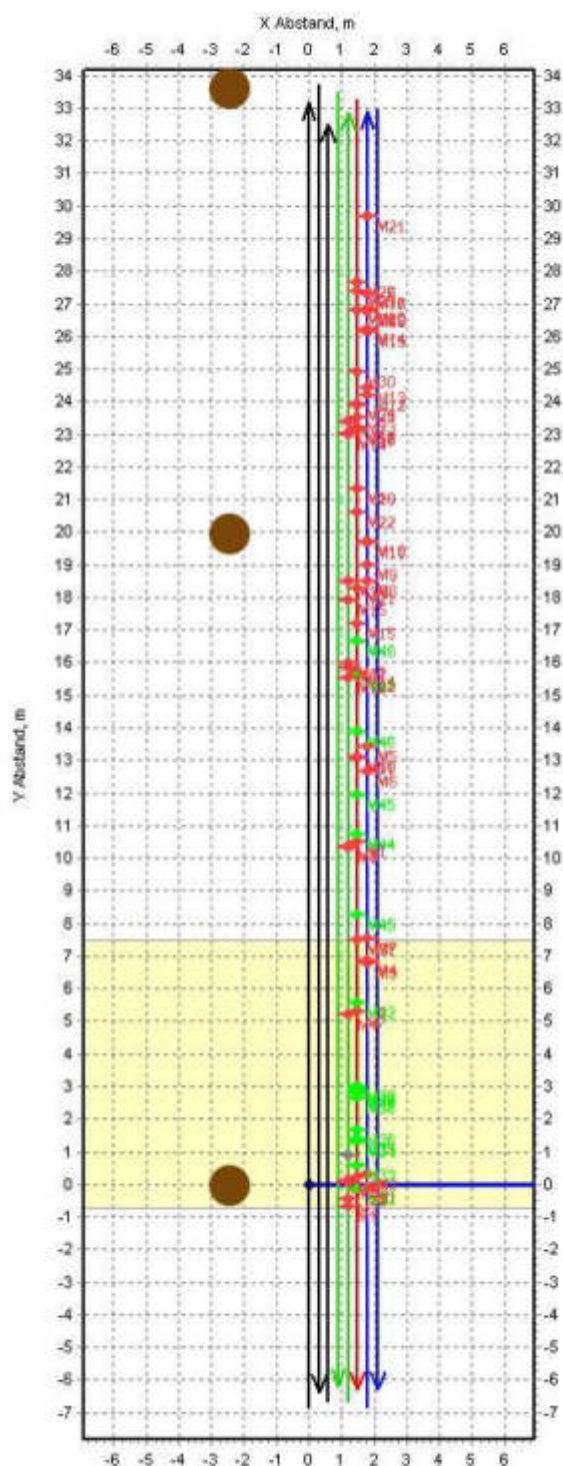
In dem oben gezeigten Diagramm ist als graue Fläche der Querschnitt des Baumstamms auf Höhe der Sensorkette dargestellt. Die farbigen Linien zeigen mit unterschiedlicher Impulsstärke (Schallgeschwindigkeit) geortete Wurzeln.

Mit dieser Methode kann die ungefähre Lage von stärkeren Wurzeln geortet werden. Jedoch ist eine genauere Aussage zu deren Verlauf, zur Stärke und Tiefe unter der Geländeoberkante nicht möglich.

(Geo-)Radartechnologie

An einem Radarhandwagen sind eine Sender- und eine Empfängerantenne montiert. Der Wagen wird auf markierten Streifen über das Baumumfeld gefahren (siehe folgendes Foto). Mit dem Radar werden hochfrequente elektromagnetische Wellen über die Antenne in den

Boden eingestrahlt, die an den Grenzflächen von Objekten im Boden unterschiedlich reflektiert werden. Trifft eine Welle auf ein Objekt (z.B. eine Baumwurzel), so wird die Impulswelle von dem Objekt reflektiert und von der Empfänger-Antenne aufgezeichnet.

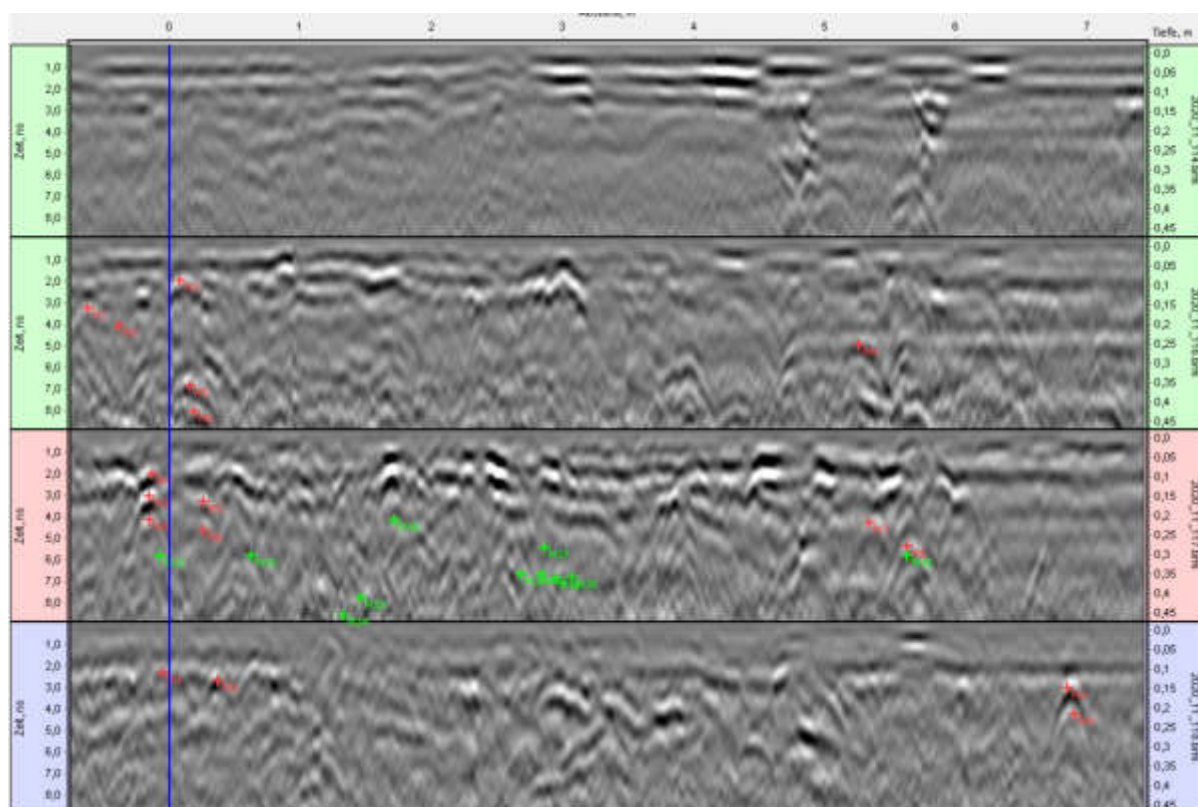


Radarauswertung - dargestellt sind die Messfahrten an drei Alleebäumen mit Kennzeichnung der georteten Wurzeln in verschiedenen Tiefenbereichen (grün und rot dargestellt).

Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, sind mindestens drei, besser fünf oder mehr Parallelfahrten mit dem Georadar nötig. Der Abstand zwischen den parallelen Fahrten sollte weniger als 30 cm betragen, im Optimalfall 10 cm bis 15 cm, um aus den Signalen auf die tatsächliche Wurzellänge schließen zu können. Bei zu weitmaschigen Fahrten kommt es andernfalls zu Fehlinterpretationen. Um möglichst genaue Abstände zwischen den Fahrten

zu erzielen, können manuelle Markierungen auf dem Untergrund genutzt werden, mittels Messlatte und umweltfreundlichem Kreidespray.

Objekte im Untergrund werden als sogenannte Hyperbeln angezeigt, da Wellen annähernd kegelförmig in den Boden abgestrahlt werden. Das so reflektierte Signal wird auf einem mitgeführten Laptop in sogenannten Radargrammen abgebildet, in dem die zu einem Messprofil gehörigen durchgeführten Einfahrten mit einer speziellen Software aneinandergereiht werden.



Radargramm mit Kennzeichnung der Hyperbeln, die auf Wurzeln deuten (grün und rot markiert).

Die Detektionsreichweite der Radarwellen ist von mehreren Faktoren abhängig, u. a. von der Größe und Form des Objekts (der Wurzeln), der Beschaffenheit des Bodens und der Frequenz der Antenne. So bietet ein Radar mit höherer Frequenz eine bessere Auflösung (mit gleichzeitiger Reduzierung der Wellenlänge/Eindringtiefe), wohingegen eine Antenne mit geringerer Frequenz eine tiefergehende Messung ermöglicht, jedoch mit geringerer Auflösung. Aus unseren Feldversuchen hat sich ergeben, dass sich für eine hochauflösende Ortung von Wurzeln im Tiefenbereich bis ca. 1,50 m eine 900-MHz-Antenne am Georadar bewährt hat.



Durch mehrere streifenförmige Parallel- und gegebenenfalls Quermessungen (alternativ auch Fahrten im Halbkreis, siehe Foto) entsteht so an Baumstandorten ein Abbild zur Position und Tiefe des Wurzelwerks.

Aus den im Radargramm aufgezeichneten Signalen ist kein Rückschluss auf die konkrete Stärke der Wurzeln möglich. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf. In unseren Feldversuchen wurden mit dem Georadar Wurzeln ab ca. 8 mm Stärke detektiert.



Erfahrungsberichten nach sind die besten Messergebnisse auf trockenen Sandböden zu erzielen. Bei tonigen und schuttbelasteten Böden kommt die Messmethode an ihre Grenzen.

Auch hohe Wassergehalte im Boden sind störend, feuchte/salzhaltige Böden vermindern - aufgrund ihrer hohen elektrischen Leitfähigkeit - die Reichweite des Radars.

Gleiches gilt für vertikal verlaufende Wurzeln, die nach Untersuchungen mittels Georadar nicht zu erfassen sind. Verlaufen beispielsweise unter Verkehrswegen Leitungen, in die Wurzeln eingewachsen sind, können diese nicht sicher geortet werden.

Fazit:

Das Georadar stellt keine geeignete Methode dar, um auf langen Strecken effektiv und präzise das Wurzelwerk zu orten. Der Untersuchungs- und Auswertungsaufwand ist unangemessen hoch.

Die Technologie ist vielmehr gut geeignet, um Standorte von wertvollen Einzelbäumen oder kurze Alleenabschnitte bezüglich der flächigen Ausbreitung des Wurzelwerks zu erkunden. Dies kann bei Radwegneubauten oder Straßenausbauten exemplarisch an repräsentativen Bäumen zum Tragen kommen.

Alle Fotos stammen vom Autor.