

Wurzeldetektion mit geophysikalischen Methoden auf urbanen Standorten

Mitja Johannes Vianden¹
Ulrich Weihs
Falko Kuhnke
Steffen Rust

1 Einleitung

Die Kartierung einzelner Wurzelstränge sowie die Ermittlung der Ausdehnung gesamter Wurzelsysteme hat im städtischen Raum eine besondere Bedeutung. Einerseits sind genaue Kenntnisse über die Wurzelsysteme wichtig, um die Standsicherheit von Bäumen einschätzen zu können, welche in stark frequentierten städtischen Bereichen auch immer eine potentielle Gefahrenquelle darstellen. Andererseits ist es notwendig, die genauen Verläufe einzelner Grob- und Starkwurzeln zu kennen, um diese bei Untergrundarbeiten in der Stadt schützen zu können. Wurzelkappungen, die durch unzureichende Kenntnisse der Wurzelverläufe entstehen, können direkt durch die Verminderung der Verankerung eines Baumes im Boden zu einer Herabsetzung der Standsicherheit führen. Dies kann aber auch langfristig dadurch geschehen, dass Eintrittspforten für Pathogene entstehen, welche zu Wurzelfäulen und Fäulen im Stammfußbereich führen. Des Weiteren wird die Vitalität der Gehölze bei entsprechenden Beschädigungen herabgesetzt und kann bei altem Baumbestand, der sich teilweise unter schwierigen, städtischen Standortbedingungen etabliert hat, zu irreparablen Schäden führen. Im Folgenden wird anhand von

exemplarischen Untersuchungsergebnisse aus einem laufenden Forschungsprojekt erläutert, inwieweit sich die notwendigen Informationen für einen ausreichenden Wurzelschutz durch zwei geophysikalische Untersuchungsverfahren, dem Bodenradar und der elektrischen Widerstandstomographie, erzielen lassen.

2 Messmethoden

Das Bodenradar ist ein geophysikalisches Untersuchungsverfahren, das auf dem Einstrahlen hochfrequenter elektromagnetischer Wellen in den Untergrund basiert. Diese Wellen werden im Boden entweder reflektiert, transmittiert oder absorbiert. Der reflektierte Anteil wird aufgezeichnet und die Signalamplitude gegen die Laufzeit in einem so genannten Radargramm aufgetragen (Abbildung 1). Dadurch, dass sich die Wellen kegelförmig in den Untergrund fortsetzen, werden Objekte bereits erfasst, bevor die Antenne direkt über ihnen positioniert wird. Im Radargramm werden sie dann mit einer entsprechend längeren Laufzeit dargestellt, die sich bei der weiteren Annäherung an das Objekt weiter verkürzt und nach dem Überfahren mit zunehmender Distanz wieder verlängert. Im Radargramm äußert sich das darin, dass an Positionen, an denen sich Objekte befinden ein parabelförmiger Bereich (eine Diffraktionshyperbel) vorliegt. Eine solche Abbildungsform ist auch für Baumwurzeln zu erwarten.

Das andere eingesetzte Verfahren ist die Geoelektrik (elektrische Widerstandstomographie), bei der ein niederfrequenter Wechselstrom in den Boden eingespeist wird und die entstehenden Spannungsdif-

¹ Adresse aller Autoren:
HAWK
Hochschule für angewandte
Wissenschaft und Kunst
Büsgenweg 1A
37077 Göttingen
vianden@hawk-hhg.de

ferenzen an anderen Elektroden abgegriffen werden. Bei Kenntnis von Spannung und Strom kann anhand des Ohmschen Gesetzes der elektrische Widerstand berechnet werden. Da die Geometrie, mit der die Messelektroden angeordnet sind, bekannt ist, kann aus dieser der scheinbare spezifische Widerstand abgeleitet werden, der mittels einer Inversionsrechnung wiederum in den spezifischen Widerstand transformiert werden kann. Die Widerstandsverteilung entlang eines Transekts und bestimmter Tiefen kann dann in einem Widerstandstomogramm dargestellt werden. Arbeiten verschiedener Autoren haben gezeigt, dass sich gut durchwurzelte Bereiche in der Regel als hochohmige Anomalien abzeichnen, während der umliegende Boden elektrischen Strom verhältnismäßig gut leitet.

3 Untersuchungsbeispiele

3.1 Schwarzkiefer Göttingen

An einem Solitärbaum in der Göttinger Parkanlage Schillerwiesen wurden erste Untersuchungen entlang einzelner Transekte durchgeführt, die gezeigt haben, dass Diffraktionshyperbeln kein alleiniges Identifikationsmerkmal für Baumwurzeln sind, da sie auch von anderen Objekten im Boden verursacht werden. Gerade in inhomogenen städtischen Böden wird die Wurzeldetektion dadurch erschwert, da hier zahlreiche andere Objekte im Boden zu erwarten sind (z.B. Rohrleitungen). Ein sinnvolleres Identifikationsmerkmal scheint dagegen durch die Lage der Wurzeln im Untersuchungsraum und ihren Verlauf gegeben zu sein. Daher wurden flächige Messungen durchgeführt, indem einzelne Transekte in zwei orthogonal zueinander liegenden Richtungen erfasst wurden, aus denen durch lineare Interpolation ein dreidimensionales Blockbild des Untergrunds um den jeweils untersuchten Baum herum erstellt worden ist. Abbildung 1 zeigt das entsprechende Ergebnis einer Radaruntersuchung auf den Göttinger Schillerwiesen bei einem Rasterabstand von 15 cm in Form eines Horizontalschnitts. Die Wurzeln zeichnen sich hier als vom Baum nach außen laufende Objekte ab.

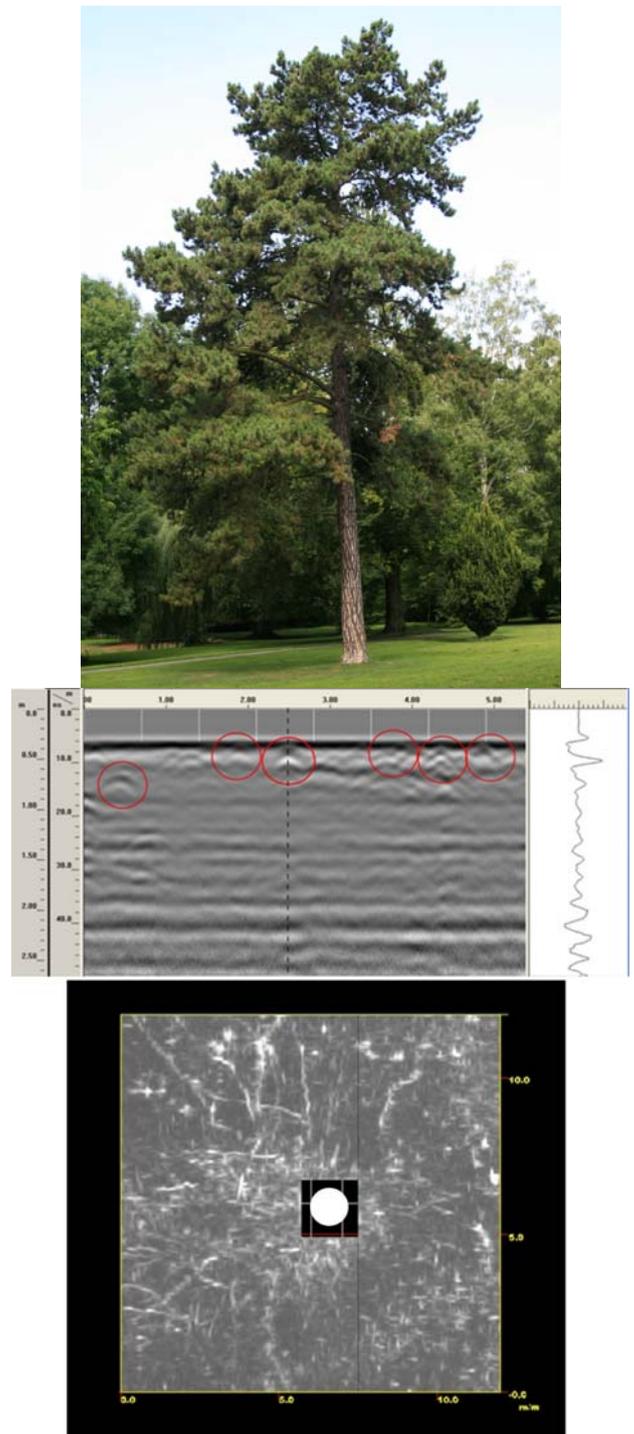


Abbildung 1: Zweidimensionales (Mitte) und dreidimensionales Radargramm (Unten) des Umfelds einer Schwarzkiefer (Foto). Im 2D-Radargramm sind einzelne Objekte als Diffraktionshyperbeln zu erkennen. Nicht alle dieser Objekte sind Wurzeln (nur die rot eingekreisten). Eine Unterscheidung kann im Horizontalschnitt des 3D-Bildes getroffen werden. Hier können Wurzeln anhand ihres Verlaufs und ihrer Lage identifiziert werden.

3.2 Buchengruppe Göttingen

Eine weitere Untersuchung fand im Bereich einer benachbarten Buchengruppe statt. Auch hier zeichnen sich die Wurzeln in oben beschriebener Weise in der Z-Ebene des erstellten Radargramms (Abbil-

dung 2) ab. Zusätzlich wurde die Fläche geoelektrisch kartiert. Die Widerstandstomogramme weisen dabei eine hochohmige flächige Anomalie im Zentrum auf, die von besser leitenden Bereichen in der Peripherie umschlossen wird und somit das Ergebnis der Radaruntersuchung bestätigt. Auffällig sind vereinzelte hochohmige Areale in den Randbereichen, die vom Wurzelwerk randlich stehender Bäume verursacht werden. Entsprechende Wurzeln können auch im Radargramm identifiziert werden.

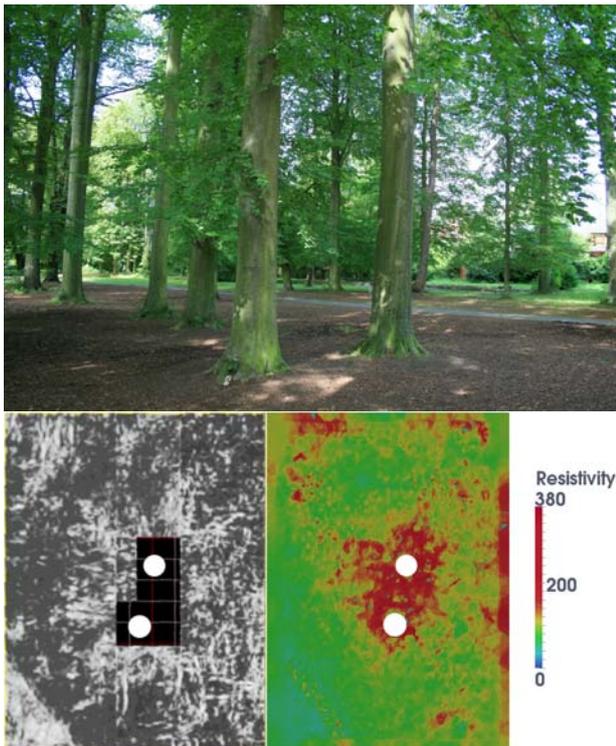


Abbildung 2: Vergleich zwischen der Radar- (Links) und der Geoelektrikuntersuchung (Rechts) im Bereich einer Buchengruppe. Beide Methoden weisen unterschiedlich weit ausgedehnte Wurzelbereiche aus. Beiden Ergebnisse gleichen sich jedoch darin, dass eine zentrale ausgedehnte Anomalie um den Bereich der Bäume (weiße Kreise) und kleinere Anomalien in den Peripheriebereichen der Horizontalschnitte vorliegen.

3.3 Landwehrkanal Berlin

Messfläche Einsteinufer:

Ein praxisnahes Untersuchungsbeispiel stammt vom Berliner Landwehrkanal, an dem verschiedene Baumumfelder mittels Bodenradar und Geoelektrik untersucht worden sind. An diesem Standort sind die Uferbereiche durch den Wellenschlag vom Schiffsverkehr auf dem Kanal teilweise unterspült, wodurch die Standsicherheit des Baumbestandes infrage gestellt wird. Abbildung 3 zeigt beispielhaft die Ergeb-

nisse der Georadar- und Geoelektrikuntersuchungen im Umfeld eines Silberahorns am Einsteinufer des Landwehrkanals.

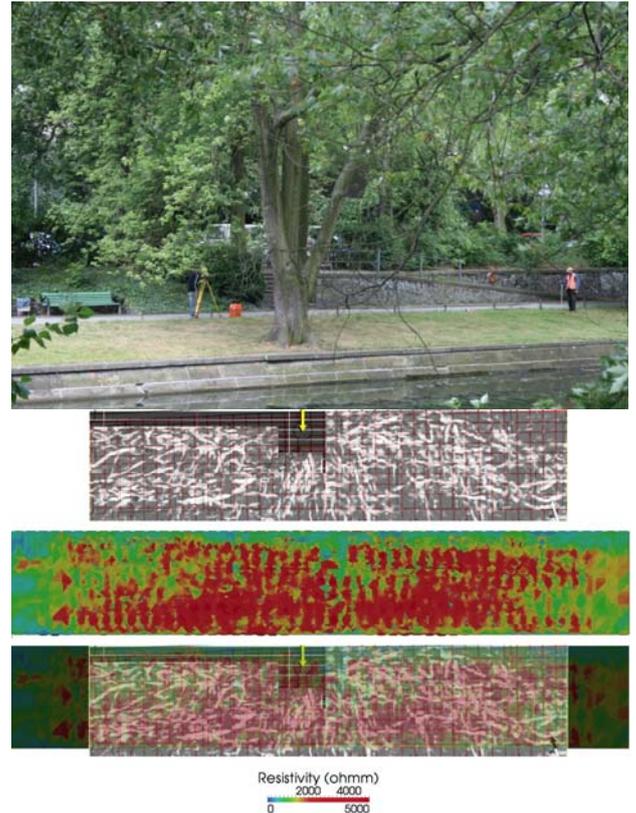


Abbildung 3: Z-Ebenen des 3D-Radargramms (Oben), des Widerstandstomogramms (Mitte) sowie Überlagerung (Unten). Wie bei der Buchengruppe (Abbildung 2) führen beide Messmethoden zu einer vergleichbaren Aussage über die Ausdehnung des Wurzelsystems

Im Radargramm ist dabei deutlich zu erkennen, dass das Wurzelsystem, das der Baum unter den vorliegenden Bedingungen ausgebildet hat, über weite Distanz in Richtung des uferbegleitenden Weges ausgebildet ist und über den projizierten Kronenradius hinaus reicht. Der durch dieses Verfahren als durchwurzelt identifizierte Bereich ist im Widerstandstomogramm als hochohmige Anomalie zu erkennen, deren Ausdehnung in dem dargestellten oberflächennahen Schnittbild sehr gut mit dem Ergebnis der Radaruntersuchung übereinstimmt.

Eine weitere Messfläche befindet sich im Bereich einer Kastanienreihe am Corneliusufer des Landwehrkanals. Die Radargramme und Widerstandstomogramme, die an diesem Standort aufgenommen worden sind, sind in Abbildung 4 dargestellt. In den einzelnen Horizontalschnitten des Radargramms lassen sich keine vom Baum nach außen hin fortlaufenden Refle-

xionen erkennen. Auch das Geoelektrikmessergebnis fällt nicht eindeutig aus. Hier lässt sich zwar im dargestellten Horizontalschnitt ein hochohmiger Bereich abgrenzen; die Auflösung reicht aber nicht zur Darstellung einzelner Wurzelstränge aus. Dem Grund für die Nichtanwendbarkeit der Messmethoden an diesem Standort wurde durch gezielte Aufgrabungen nachgegangen. Dabei zeigte sich, dass der Boden an diesem Standort aus einer stark verdichteten Bodenmatrix mit eingelagerten größeren Schutt- und Kopfsteinpflasterfragmenten besteht. Das Ergebnis der Radaruntersuchung lässt sich demnach so interpretieren, dass die Reflexionen, die von diesen größeren Bodenbestandteilen verursacht worden sind, die Reflexionen des Wurzelwerks überlagern und eine Wurzeldetektion auf diese Weise unmöglich machen.

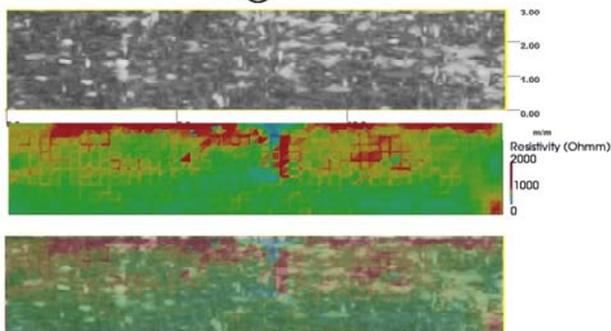


Abbildung 4: Ergebnisse der Radar- und Geoelektrikuntersuchungen am Corneliusufer. Aus beiden Ergebnisdarstellungen können keine eindeutigen Aussagen über das Wurzelsystem der untersuchten Kastanie getroffen werden, da der Einfluss des Substrats den Einfluss der Wurzeln entscheidend überlagert.

4 Diskussion und Zusammenfassung

Die vorliegenden Beispiele haben gezeigt, dass flach ausgedehnte Wurzelsysteme in homogenen Boden mittels Georadar und der elektrischen Widerstandstomographie geortet werden können, wobei sich einzelne Wurzelstränge über weite Distanzen verfolgen lassen. Die Identifikation der Wurzeln erfolgt über ihren Verlauf und ihre Lage in der Messfläche, wodurch eine Unterscheidung von anderen Objekten ermöglicht wird. Dementsprechend erbringt das Bodenradar einfacher zu interpretierende Ergebnisse, da hier mit üblichen Messfrequenzen und -einstellungen die notwendige Auflösung erbracht wird, während die Auflösung der Geoelektrik bei gewöhnlichen Elektrodenabständen nicht ausreicht, um einzelne Wurzelstränge zu kartieren, sondern den durchwurzelten Bereich in seiner Gesamtheit abbildet.

Unter heterogenen Bodenbedingungen, besonders bei einem hohen Skelettanteil ist die Wurzeldetektion unmöglich. Bei Wurzeln, die in verschiedenen Tiefenstufen verlaufen, gestaltet sich die Visualisierung schwierig, da die Dicke der einzelnen Horizontalschnitte so gewählt werden muss, dass die Wurzeln als fortlaufende Objekte hinein projiziert werden.

Schlüsselwörter: Baumwurzeln, Stadtböden, Zerstörungsfreie Kartierung, Georadar, Elektrische Widerstandstomographie