

# Georadar Testmessungen zur Bestimmung der Wurzelverteilung im Laubwaldbestand Hainich

Gundelach, V. (BGR); Igel, J (LIAG); Fleck, S. (Uni Göttingen)

## Das Untersuchungsgebiet

Der Hainich in Thüringen ist ein von Norden nach Süden verlaufender, ca. 30km langer, bis 8km breiter und bis 494m hoher Höhenzug, der auf der Westseite steil zum Werratal hin abfällt und auf der Ostseite flach ins Thüringer Becken ausläuft. Die Böden befinden sich auf Muschelkalkschichten mit einer Lößüberdeckung variierender Mächtigkeit. Mit ca. 15000ha Laubwaldfläche stellt der Hainich eines der größten zusammenhängenden Laubwaldgebiete Mitteleuropas dar. Einige Waldbestände des Hainichs gehören zu den baumartenreichsten Wäldern Mitteleuropas mit bis zu 14 Baumarten pro Hektar. Seit 10 Jahren ist der südliche Teil des Hainichs sowie angrenzende Sukzessionsbereiche auf einer Fläche von 7610 ha als Nationalpark Hainich unter Schutz gestellt.

Untersucht wird im Nationalpark Hainich die Rolle der Baumartendiversität in mitteleuropäischen Laubwäldern anhand von unterschiedlich diversen Beständen. Schwerpunkt der Untersuchungen sind ihre Auswirkungen auf Biomasseproduktion, Kohlenstoffaufnahme, Nährstoff- und Wasserumsätze, Grundwasserspende, Nitratauswaschung und biotische Interaktionen zwischen Schlüsselorganismen sowie auf Ökosystemdienstleistungen. Die Stoffumsätze von verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen Baumarten innerhalb eines gemischten Bestandes werden mit der Software EXPERT-N simuliert, die zur Beschreibung der Waldsysteme erweitert und angepasst wird. Ziel ist es, eventuelle Unterschiede im Stoffumsatz zwischen Beständen verschiedener Biodiversität herauszufinden und die Ursachen dieser Unterschiede mit Hilfe des Modells zu erklären. Unterschieden wird auch zwischen Ein- und Mehrartbeständen in Bezug auf den Grad und die Tiefe der Bodenaustrocknung und die Bodenwasserverteilung zwischen den Baumarten (kompetitive/ komplementäre Nutzung).

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Simulation der Morphologie der Bäume und deren Auswirkung auf den Stoffumsatz in gemischten Beständen. Das Modell soll die Struktur der Äste sowie der Wurzeln berücksichtigen und Auswirkungen verschiedener Geometrien aufzeigen. Laserscanneraufnahmen sowie ermittelte Wurzelverteilungen dienen als Input für das Modellsystem. Eine Methode die Wurzelverteilung zu ermitteln könnte das Georadar sein. Mit den Geräten der BGR und der LIAG wurde Ende Oktober 2008 versucht die Aussagefähigkeit der Methode im Untersuchungsgebiet zu testen

Die eingesetzten Geräte waren eine 400 MHz, 900 MHz und 1,5 GHz Antenne von GSSI aus dem Besitz der BGR und LIAG. In Ermangelung von Positionierungssystemen wurden die Messprofile mit Massbändern ausgemessen und mit Bindfäden markiert. Der Messbereich wurde provisorisch vom Laub befreit. Gemessen wurde auf Linienprofilen um eine Fläche herum. Die Linien wurden zum Teil durch Parallelprofile verdichtet. Flächen wurden im Linienabstand von 6 cm (bei 1,5 GHz) und 20 cm (bei 400 MHz) gemessen.



Abb. 1: Übersichtskarte



Abb. 2: Satellitenfoto vom Gebiet

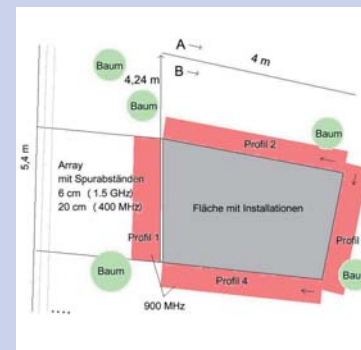


Abb. 3: Die Messgeometrien

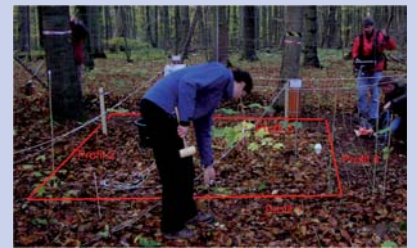


Abb. 4: Foto vom Messareal

## Ergebnisse der Radarmessungen

Alle Radargramme wurden mit einer Signalausbreitungsgeschwindigkeit von 90 m/μs migriert. Diese Geschwindigkeit wurde aus einer TDR Messung abgeleitet die eine Dielektrizität von 10,5 ergab und wird durch Reflexionshyperbeln bestätigt. Die Messungen mit der 1,5 GHz Antenne wurden bis zu einer Laufzeit von 20 ns aufgezeichnet. Diese Registrierzeit reicht aus um über 80 cm tief erkunden zu können. Die Radargramme sind in der Tiefendarstellung etwa 1,5-fach überhöht. Die Amplituden sind mit einem energy decay ausgeglichen. Eine perspektivische Zusammenstellung der 4 Profile ist in Abb. 5 zu sehen. Daneben ist in Abb. 6 in einer gedrehten Perspektive das Ergebnis der Messung mit 400 MHz dargestellt. Diese Daten wurden bis 80 ns aufgezeichnet, doch dargestellt sind nur die ersten 30 ns, etwa 1,16 m.



Abb. 5: Profile 1-4 (1,5 GHz)

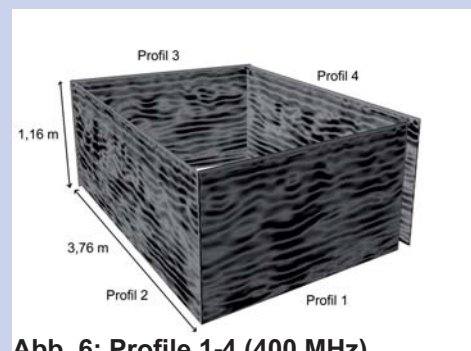


Abb. 6: Profile 1-4 (400 MHz)

Die zu Flächen verdichteten Profile sollten neben der Tiefenlage über das Profil eine räumliche Verteilung der Anomalien zeigen können. Hier wurde erneut die Einhüllende ohne die durchgängigen Reflexionen halb transparent in einer Aufsicht und Perspektivansicht gebildet. Die migrierten, mit energy decay dargestellten Profile der 400 MHz Messung zeigen Bereiche unterschiedlicher Reflektivität (Abb. 7) doch dominieren durchgängige Reflexionen über das ganze Profil die Darstellung. Werden diese durchgängigen Reflexionen entfernt, die Einhüllende der Spuren gebildet und auf einen Amplitudenausgleich verzichtet, kommen Bereiche erhöhter Reflektivität als Anomalien zum Vorschein (Abb. 8), die als Wurzelwerk interpretiert werden können.

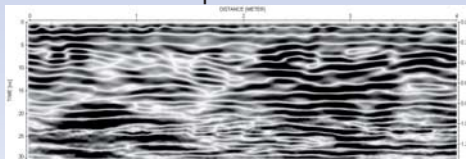


Abb. 7: Profil 2; 2. Spur (400 MHz)



Abb. 8: Profil 2; 2. Spur Einhüllende (400 MHz)

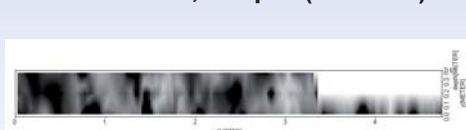


Abb. 9: Aufsicht und Perspektivansicht der Parallelprofile zu P3 mit 400 MHz

Die Aufsicht der Messungen zeigt zwar Anomalien, aber sie ergänzen sich nicht zu Wurzel ähnlichen Gebilden. Die Perspektivansicht ermöglicht eine Abschätzung der Tiefenlage. Die räumliche Korrelation der Spuren und die Auflösung der Wellenlänge reichen nicht aus um Wurzelwerk abzubilden.

Die Darstellung in Abb. 10 besteht aus vier parallelen 400 MHz Profilen im Abstand von 20 cm bei P2. In der Aufsicht sind Anomalien zu sehen, die ein Wurzel ähnliches Aussehen haben. Die Perspektivansicht veranschaulicht noch einmal die Tiefenlage. Die räumliche Korrelation der Messungen reicht jedoch nicht für eine eindeutige Aussage.

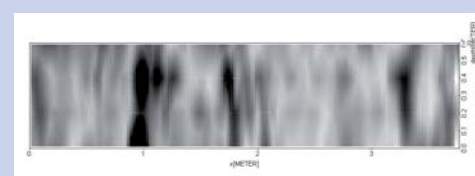


Abb. 10: Aufsicht und Perspektive, 400 MHz Profile zu P2

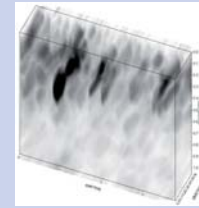


Abb. 11: Aufsicht und Perspektive, 900 MHz Profile zu P1

Der Datensatz der 1,5 GHz Antenne wurde auf einer Fläche von 2,6 x 5,4 m mit Profilständen von 6 cm gemessen. Zeitscheiben des Datenblocks in Tiefenabständen von etwa 3 cm zeigen zahlreiche kleinräumige Strukturen, die sich jedoch nicht zu größeren Gebilden ergänzen. In einer Aufsicht wird ein spurenabhängiger Fehler in den Daten deutlich.

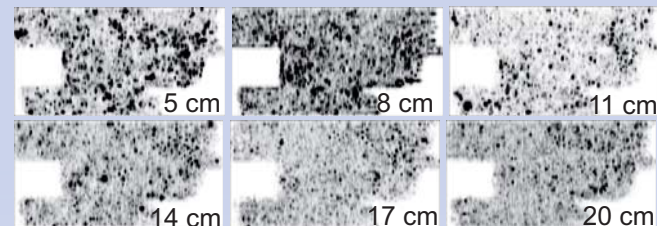


Abb. 12: Zeitscheiben (1,5 GHz) und eine halbtransparente Aufsicht

Eine detailliertere Abbildung des Untergrunds entsteht aus parallelen Profilen mit 900 MHz im Abstand von 10 cm bei P1. In der Aufsicht sind Wurzel ähnliche Anomalien zu sehen. Die Perspektivansicht zeigt die variable Tiefenerstreckung der Strukturen. Die räumliche Zuordnung der Daten reicht ebenfalls nicht für eine eindeutige Aussage.

## Zusammenfassung und Ausblick

Im Untersuchungsgebiet Hainich wird eine unterschiedliche Durchwurzelung in Abhängigkeit des Baumbestandes erwartet. Die Georadarmessungen auf der Testfläche zeigen zwar zahlreiche Reflexionen aus dem Untergrund in allen getesteten Messfrequenzen, doch bei der 400 MHz Antenne reicht die Auflösung der Wellenlänge nicht um die komplexe räumliche Struktur der Wurzeln abzubilden. Bei der 1,5 GHz Antenne ist es nicht gelungen die Ortskoordinate innerhalb der Profile genau genug zu kontrollieren, sodass in der 3D Migration der Daten keine ausreichende räumliche Korrelation der Einsätze vorhanden war. Bei zukünftigen Messungen könnte durch eine genauere Positionierung der Antennen mit mechanischen Systemen entlang Führungsschienen eine bessere Ortszuordnung erreicht werden. Zudem würde durch Messungen in trockenen Perioden der Signalkontrast erhöht.