

# Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten

## Wie tief ist der Wurzelraum? Nährlementstatus und Durchwurzelung von Waldböden im Tiefland

Der Nährlementstatus von Waldböden ist für die ökologischen Eigenschaften und die Beurteilung des Leistungspotentials von Waldstandorten von wichtiger Bedeutung. Für die Einschätzung des Nährlementstatus des Waldbodens im Gelände z. B. im Rahmen der forstlichen Standortskartierung sind im Wesentlichen die Ausgangsgesteine und die Bodenarten, der Humuszustand sowie die Zusammensetzung der Vegetation entscheidend. Genauere, quantifizierbare Informationen zum Nährstoffhaushalt bieten chemische und physikalische Bodenanalysen, die in der forstlichen Standortskartierung die Bewertung der forstlichen Standorte vor Ort absichern. Bodenchemische Kennwerte können nicht als allgemein gültig für die Abschätzung des Leistungspotentials von Waldböden herangezogen werden, da vielfältige Faktoren auf den Waldboden einwirken. Dennoch bieten sie wichtige Stützen für die Abschätzung von Standortpotentialen, der Einschätzung von Risiken und einer Bewertung auf messbarer Grundlage für eine standortgerechte, waldbauliche Planung.

Neben intensiven Parametern wie der Basensättigung oder den pH-Werten sind Kapazitätsparameter wie die Vorräte der Hauptnährelemente in Waldböden wichtige Informationen. Dies sind z. B. die austauschbar an den Mineraloberflächen gebundenen Vorräte an Calcium, Magnesium und Kalium, aber auch die Stickstoff- und Phosphorvorräte. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel tritt auch der Kohlenstoffvorrat im Waldboden immer mehr in den Vordergrund.

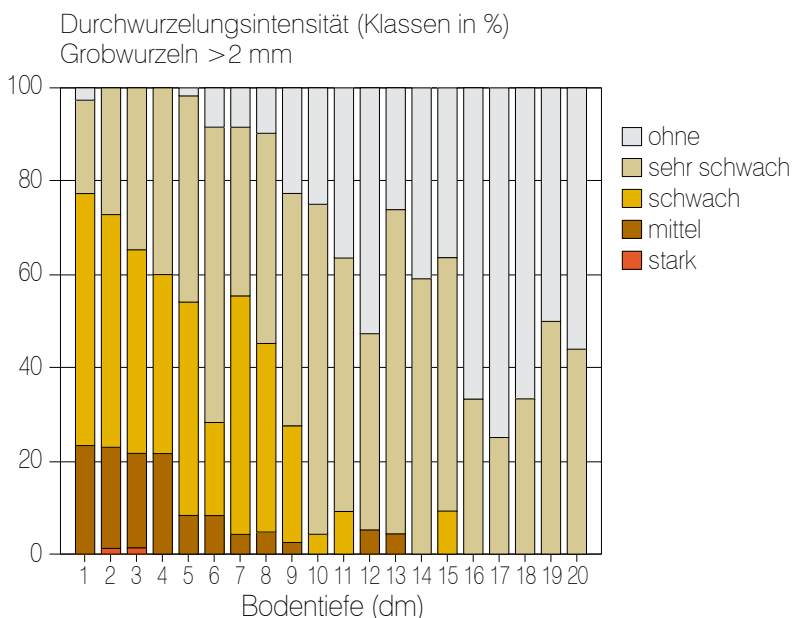
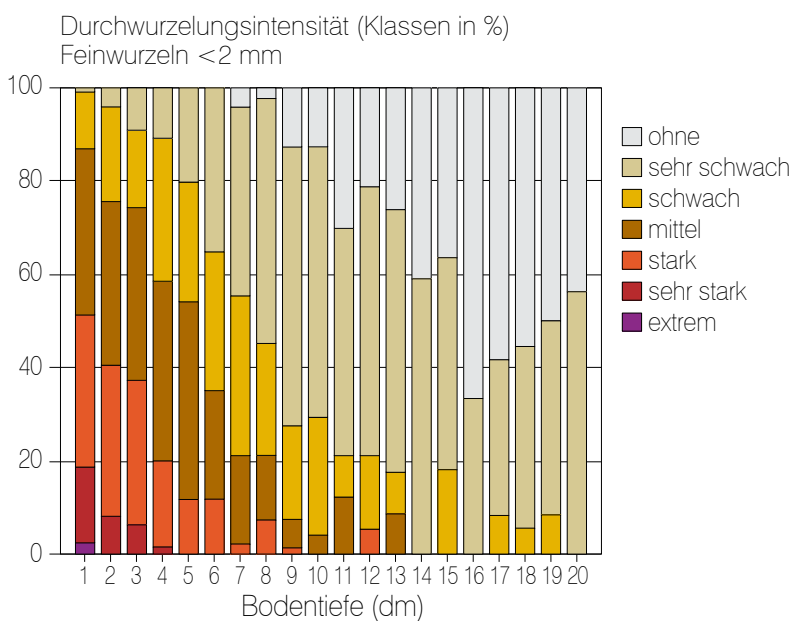
Hinsichtlich der Fragestellung, bis zu welcher Bodentiefe die Nährstoffvorräte für den Wald kalkuliert werden sollten, ist der durchwurzelte Boden entscheidend. Doch wie tief reicht der Wurzelraum? Neben den von Baumarten und -alter abhängigen, genetisch vorgegebenen Grundformen der Ausbildung verschiedener Wurzelsysteme wie Pfahl-, Herz- oder Senkwurzeln bei Bäumen finden sich im Waldboden verschiedenste Übergänge dieser Wurzelsysteme, die sich durch die Anpassung des Wurzelsystems an die gegebenen Bodenverhältnisse ergeben. Bei den meisten Baumarten ist diese Anpassungsfähigkeit relativ hoch. Welche Wurzelsysteme sich in Waldbeständen ausbilden, ist abhängig von der Nährstoffverfügbarkeit im gegebenen Waldboden, aber auch von der Wasserversorgung, insbesondere dem Grundwasserstand, dem Humuszustand sowie der mechanischen Belastung durch Wind und der Konkurrenz der Nachbarbäume (Kutschera und Lichtenegger 2013).

Da die Durchwurzelungsintensität von Baumwurzeln allgemein von oberen in tiefere Bodenschichten deutlich abnimmt, werden häufig Bodentiefen von unter 1 m als durchschnittlich effektiver Wurzelraum angegeben. Auch stehen ganz praktische Gründe für eine genauere Analyse der Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten im Wege. Das Anlegen von tieferen Bodenprofilen ist ebenso wie das Freilegen ganzer Wurzelsysteme sehr aufwändig. Im Bergland begrenzen feste Gesteinslagen und hohe Steingehalte die Einbeziehung tieferer

Bodenschichten in Wurzeluntersuchungen, im Tiefland müssen tiefe Profile gesondert abgesichert werden.

Im Rahmen dieser Auswertung wird zunächst anhand der zweiten Bodenzustandserhebung (BZE II) im Wald an rund 170 Profilen für das Tiefland in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt die mittlere Verteilung der Durchwurzelung mit zunehmender Bodentiefe dargestellt und anschließend die Ergebnisse von 10 Profilen im niedersächsischen Tiefland vorgestellt, für die bis zu einer Bodentiefe von 3 m Informationen zu den Nährstoffvorräten und der Durchwurzelung vorliegen.

In den beiden Abbildungen unten sind die prozentualen Durchwurzelungsklassen für die BZE II der Bundesländer Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt im Tiefland für die unteren Grenzen der Bodenhorizonte klassiert in 10 cm Stufen dargestellt (Anzahl pro Klasse > 10 Bodenhorizonte). Es zeigt sich sowohl für die Verteilung der Fein- als auch der Grobwurzeln die typische Abnahme der stärker durchwurzelten Bereiche mit zunehmender Tiefenstufe. Unterhalb von 100 cm tritt die stärkere Durchwurzelung mit Feinwurzeln kaum noch auf, die mittlere Durchwurzelungsklasse von Feinwurzeln ist ab 130 cm Bodentiefe nicht mehr vertreten. Bei den Grobwurzeln sind starke und intensivere Durchwurzelungen kaum feststellbar, die prozentualen Anteile der jeweiligen Durchwurze-



# Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten



Foto: V. Steinmann

lungsklassen an den 10 cm Stufen sind geringer. Unterhalb von 130 cm Bodentiefe traten Grobwurzeln nur sehr vereinzelt auf. Es zeigt sich aber deutlich, dass auch unterhalb von 1 m Bodentiefe die Böden durchwurzelt sind, wenn auch überwiegend schwach. Die Ergebnisse der BZE II für das Tiefland zeigen, dass tiefere Bodenschichten von Baumwurzelsystemen erschlossen werden und in die Erfassung und Beurteilung von Standortpotentialen einbezogen werden sollten.

Im Landkreis Harburg (Niedersachsen) wurden in einem Waldgebiet von 300 ha im Besitz der Klosterkammer 60 Bodenprofile im Hinblick auf die Tiefendurchwurzelung bis knapp 4 m Bodentiefe untersucht (Steinmann 2015). Zentrale Fragen waren hierbei, wie groß die Durchwurzelungstiefe auf diesen quartären Standorten ist, ob neben der Wasserversorgung und Bodenart die Verteilung der Nährstoffvorräte dabei eine Rolle spielt und wie hoch die Kohlenstoffspeicherung in diesen Tiefen ist. Das Untersuchungsgebiet liegt im Wuchsbezirk Hohe Heide, der mittlere Jahresniederschlag beträgt 780 mm, die Jahresdurchschnittstemperatur 8 °C (1961-1990). Es finden sich sehr unterschiedliche geologische Schichtenfolgen: am weitesten verbreitet sind Geschiebedecksande über Schmelzwassersanden, gefolgt von Geschiebedecksanden über Geschiebelehmen, Löss geprägten Standorten oder auch holozänen fluviatilen Ablagerungen. Daneben kommen vereinzelt auch tertiäre Schichten vor, die aus tonigen bis schluffigen Substraten sowie Fein- bis Mittelsanden bestehen können.

Im Ergebnis betrug die durchschnittliche Durchwurzelung über alle Baumarten hinweg rund 250 cm, wobei Buche und Douglasie mit 280 cm signifikant tiefer wurzeln als die Fichte mit durchschnittlich 170 cm. Allerdings wurden auch Fichtenwurzeln in über 3 m Bodentiefe gefunden. Die mittlere Durchwurzelungstiefe der Kiefer lag bei über 3 m. 30 % dieser untersuchten Profile zeigten Durchwurzelungen von über 3 m Bodentiefe. Weder der Durchmesser noch der Abstand des Baumes zur Profilwand<sup>1</sup>, die Wasser- oder Nährstoffziffer oder die geologischen Schichten der jeweiligen Standorte ließen eindeutige Muster in der Durchwurzelung erkennen. Das Vorhandensein von Calciumcarbonat im Boden scheint die Durchwurzelung in den betreffenden Schichten zu erhöhen.

In 20 % der Profile entsprach die Durchwurzelungstiefe der maximalen Profiltiefe, so dass auch in noch größeren Bodentiefen über 4 m Wurzeln erwartet werden können. Weiterhin wurde gezeigt, dass in Profilwänden Lücken zwischen verschiedenen Etagen des Wurzelsystems bis 2,30 m auftreten. Dies legt den Schluss nahe, dass die maximalen Durchwurzelungstiefen in quartären Lockersedimenten noch deutlich tiefer reichen können, als die Untersuchungstiefe in dieser Studie.

An 10 Profilen wurden zur Abschätzung des Nährstoffstatus im Zusammenhang mit der Durchwurzelung tieferer Bodenschichten chemische Analysen bis 3 m Bodentiefe durchgeführt und mit den Durchwurzelungs-Intensitätsstufen in der Auflage und in 1 m-Schritten im Mineralboden verglichen. Die Nährstoffvorräte von austauschbarem Calcium, Magnesium und Kalium sowie die Gesamtvorräte von Kohlen- und Stickstoff sind in den Abbildungen auf Seite 36 proportional zu ihrer absoluten Größe in Kreisen dargestellt, die Durchwurzelungs-Intensitätsstufen sind farblich gekennzeichnet.

Hohe Nährstoffvorräte von Calcium und Magnesium, teilweise auch von Kalium sind vor allem in den Bodenschichten 1-2 m und 2-3 m festzustellen. Damit fallen diese Standorte meist in sehr hohe Bewertungsbereiche nach der forstlichen



Foto: W. Schmidt

<sup>1</sup>Untersuchungsbereich BHD: 20-60 cm, Abstand Profilwand: max. 6 m

# Bodenchemie und Durchwurzelung in tieferen Bodenschichten

Standortsaufnahme (AK Standortskartierung 2003) und sind entsprechend in der forstlichen Standortskartierung auch mit gut mesotroph bis eutroph bewertet worden. Bei einer Vorratsberechnung nur für die Auflage und 1 m Bodentiefe wären die Nährstoffvorräte (mit einer Ausnahme) nur in gering bis mittlere Bereiche eingestuft worden. Die Stickstoff und Kohlenstoffvorräte sind im Gegensatz dazu zum überwiegenden Teil in der Auflage und zwischen 0-1 m Bodentiefe gespeichert, obwohl es von diesem Muster auch Abweichungen gibt (z. B. Profil 40). Im Mittel dieser 10 Profile sind 80 % der Kohlenstoff- und 70 % der Stickstoffvorräte in der Auflage und 0-1 m Bodentiefe gespeichert, bei Calcium sind dies nur 30 %, bei Magnesium 25 % und bei Kalium 40 %.

Bis 2 m Bodentiefe sind alle 10 Bodenprofile durchwurzelt, davon 2 Profile mittel, 6 schwach und 2 sehr schwach. In 2-3 m Bodentiefe wurde an 5 Profilen noch eine schwache Durchwurzelung festgestellt, in 4 Profilen gab es keine Feinwurzeln mehr. Die Durchwurzelung des Auflagehumus ist in allen Profilen mittel bis stark, was als typisch angesehen werden kann. In den mit gut mesotroph eingeschätzten Profilen fällt die starke Durchwurzelung des Wurzelraumes bis 1 m Bodentiefe (Profil 76, 40, 125, 14 und 116) gegenüber den schwächer Nährstoff versorgten Profilen auf. Möglicherweise kann ein stärker ausgeprägtes Wurzelwerk in oberen Bodenschichten auch auf zwar schwächer durchwurzelte, aber nährstoffreichere tiefere Bodenschichten zurückgeführt werden. Wenn Wurzeln diese nährstoffreichen Schichten erreichen, wird das Nährstoffreservoir dieser Schichten erschlossen und steht dem Baum zur Verfügung. Für die Erschließung dieser Potentiale können auch schon relativ wenige Wurzeln möglicherweise ausreichen. Dies ist ein Befund, den auch Steinmann (2015) bei der Analyse der 60 Profile vor allem bei Buche festgestellt hat. Ein tiefreichendes Wurzelwerk und eine intensive Durchwurzelung des Oberbodens könnten als Schlüssel sowohl für die große Standortsamplitude als auch Konkurrenzkraft der Buche angesehen werden.

Aber auch schwächer nährstoffversorgte Standorte sind tief durchwurzelt, wie z. B. das Profil 38. Insgesamt scheint jedoch die Anzahl von Feinwurzeln in diesen Profilen geringer zu sein als in den besser mit Nährstoff versorgten.

Insgesamt zeigt sich, dass auf den quartären Lockersedimenten des Tieflandes davon ausgegangen werden kann, dass die durchschnittliche Durchwurzelung mindestens eine Bodentiefe von 2 m erreicht. Vermutlich liegt auf vielen Standorten die Durchwurzelung noch tiefer. Für die Einschätzung der Standortpotentiale von Waldböden sollte dieser Sachverhalt stärker einbezogen und weiter untersucht werden. Denn wie beispielhaft an den bis 3 m bodenchemisch analysierten Profilen deutlich wird, können beträchtliche Nährstoffpotentiale auch in tieferen Bodenschichten durch Wurzelwerke erschlossen werden.

