



Modellierung von Architektur und Nährstoffaufnahme von Wurzelsystemen am Beispiel von Sommergerste

Michael Kohl, Babette Wienforth und Henning Kage

Einleitung

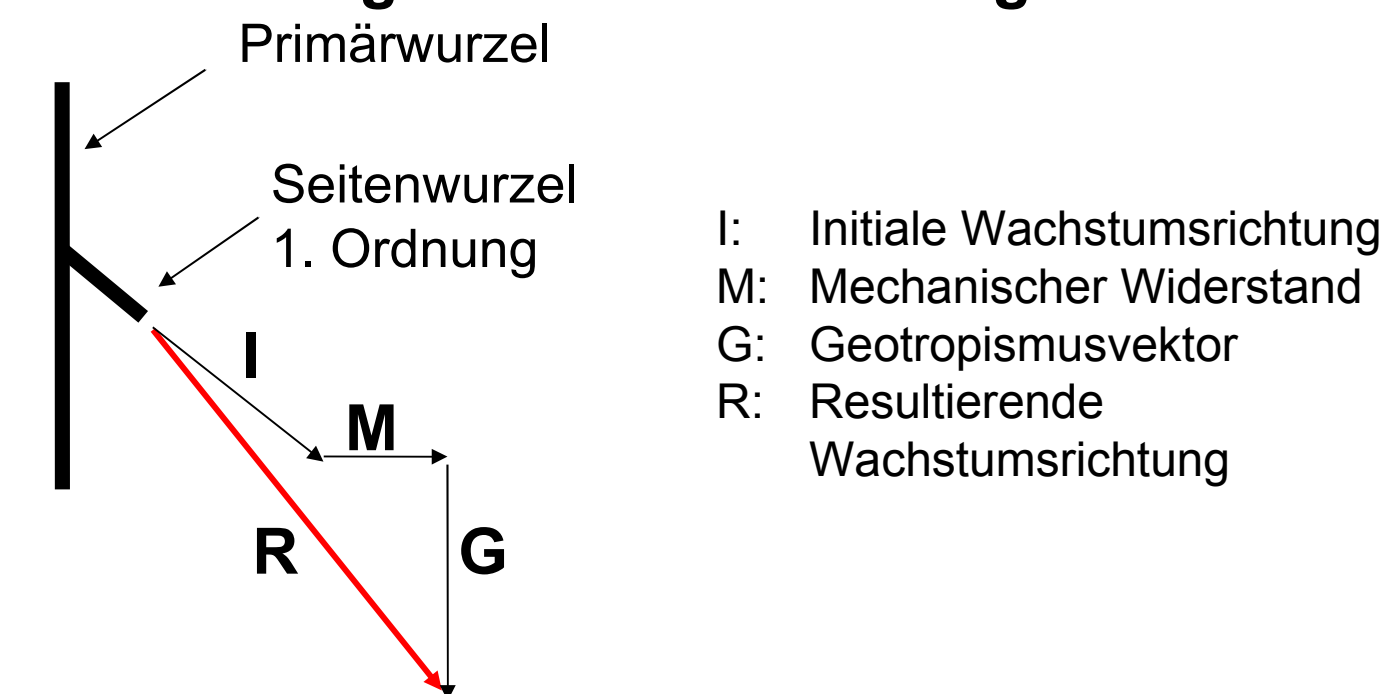
Wurzelfunktionsmodelle können einen wichtigen Beitrag für die Optimierung pflanzenbaulicher Produktionssysteme leisten. Die Architektur eines Wurzelsystems ist insbesondere unter Stressbedingungen ein wesentlicher Bestimmungsfaktor für seine Funktion.

Ausgehend von diesen Überlegungen wurden dynamisch gekoppelte Submodelle der Wurzelstruktur und Wurzelfunktion entwickelt. Dieser Ansatz erlaubt die Integration des Moduls 'Wurzel' in ein Modell einer virtuellen Gesamtpflanze oder eines virtuellen Pflanzenbestandes.

Material und Methoden

Das Wurzelarchitekturmodell basiert auf einem stochastischen Ansatz von Pagès (1989). In diesem Modell wird die Wurzelentwicklung auf Basis des Wachstums endständiger Wurzelsegmente simuliert. Die Wachstumsrichtung ist die Resultierende dreier Vektoren (initiale Wachstumsrichtung, Geotropismus und mechanischer Widerstand). Die Wachstumsrate der Achse ist dabei eine Funktion der Entwicklungsordnung, des Meristemalters und der Temperatur. Dieses Konzept wurde erweitert, indem der Einfluss der tiefenabhängigen Bodentemperatur integriert und aus der Menge der ins Wurzelsystem allozierten Photosyntheseprodukte ein Reduktionsfaktor berechnet wurde, der das potenziell mögliche Wachstum modifiziert (Abb.1).

Berechnung Wachstumsrichtung:



Berechnung Wachstumsrate:

$$\frac{dl}{dt} = a \cdot e^{-b \cdot \text{alter}} \cdot T_{\text{Boden}} \cdot f_{\text{red}}$$

alter: Alter des Meristems [d]
 T_{Boden} : Bodentemperatur
a, b: Wachstumsparameter
 f_{red} : Reduktionsfaktor = $\frac{\text{TM WS}_{\text{akt}}}{\text{TM WS}_{\text{pot}}}$

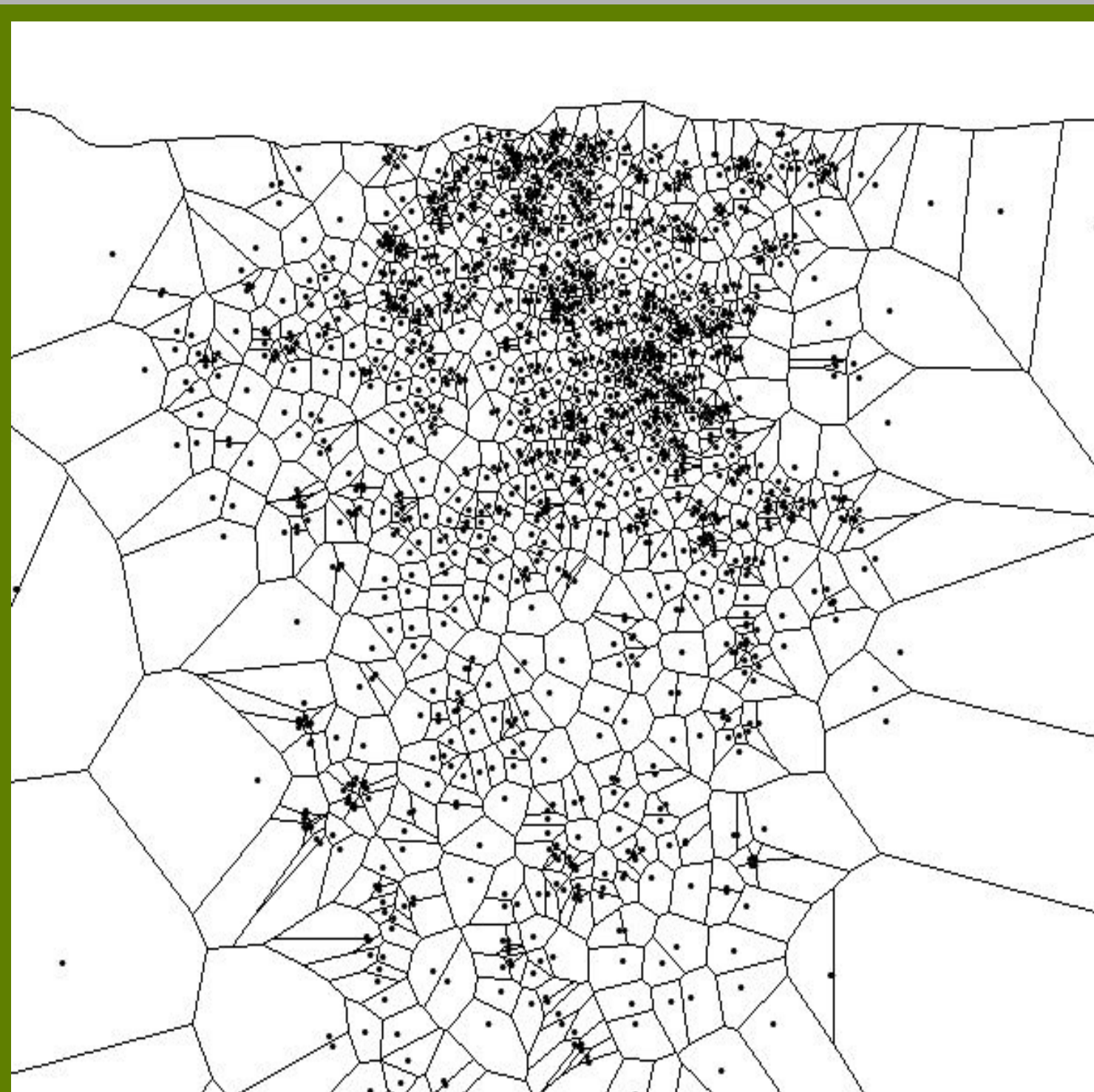


Abb.1, links: Modellierung des Segmentwachstums, rechts: Wurzelverteilungsmuster unter Gerste mit berechneten Einzugsgebieten (Voronoi-Polygonen)

Für die Kalibrierung des Modells wurden in einem Nährlösungsversuch Segmentlängen von Sommergerstenwurzeln gemessen (Wienforth *et al.*). Zusätzlich wurden in einem Feldversuch Schnittpunkte von Wurzeln mit einer vertikalen Querschnittsebene bestimmt (Profilwandaufnahme).

Analog zu dem Profilwandverfahren lassen sich Schnittebenen durch das virtuelle Wurzelsystem legen. Hierbei ergeben sich abhängig von der Wurzelsystemarchitektur unterschiedliche Einzugsgebiete für die einzelnen Wurzeln (Abb.1). Die Koordinaten der in der Querschnittsebene liegenden Wurzeln werden an ein zweidimensionales Diffusionsmodell übergeben, mit dem die Nährstoffaufnahme eines Wurzelsystems quantifiziert werden kann.

Die vom Modell errechnete maximale Durchwurzelungstiefe im Zeitverlauf wurde mit den Werten aus den Profilwandaufnahmen verglichen. Für eine weiterreichende Kalibrierung von Struktur- und Diffusionsmodell werden -zunächst auf den Oberboden bezogene- Sensitivitätsanalysen der in Abbildung 1 erwähnten Modellparameter durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Das für Sommergerste kalibrierte Modell bildet die Durchwurzelungstiefe von Sommergerste zufriedenstellend ab (Abb.2). Im mittleren Bereich der Vegetationsperiode wird die Durchwurzelungstiefe unterschätzt, gegen Ende überschätzt.

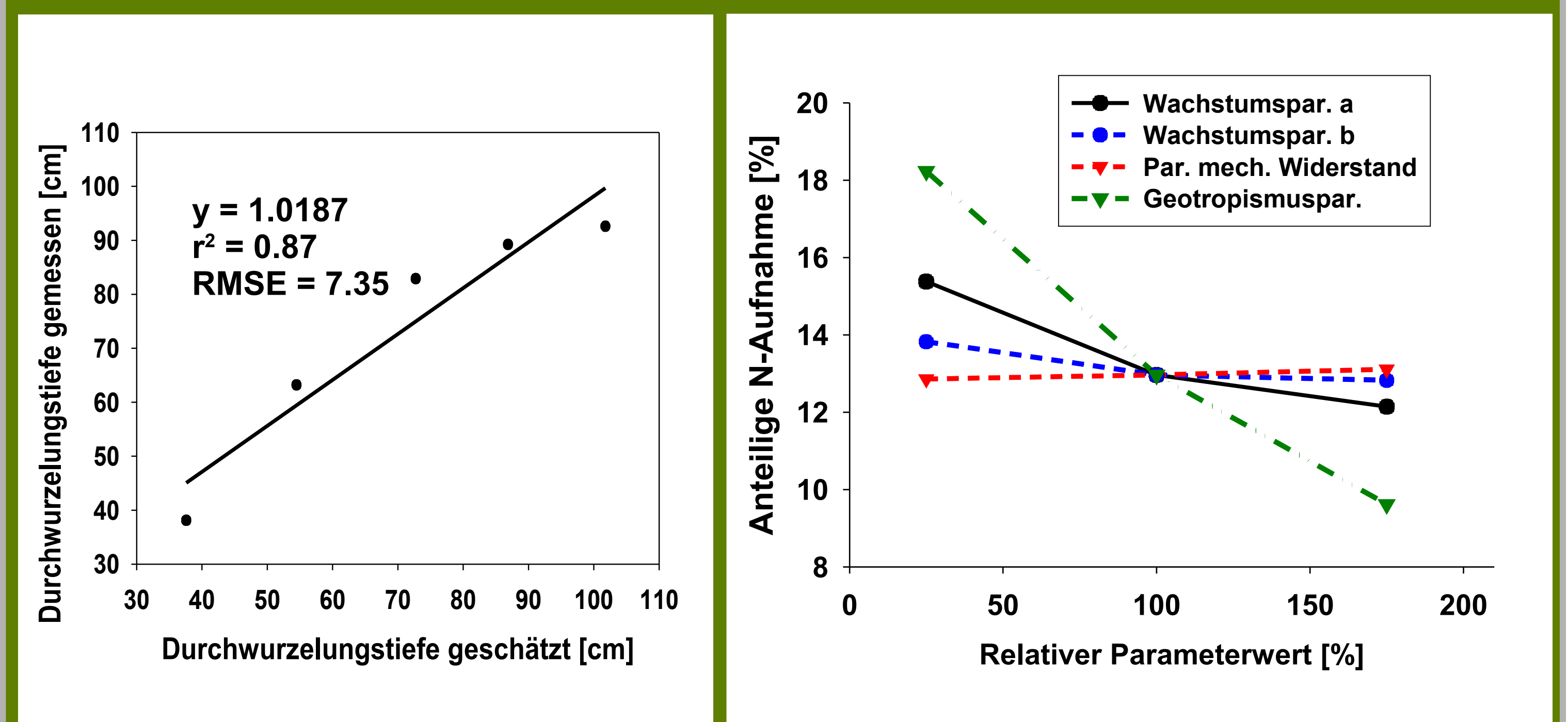


Abb. 2, links: Vergleich gemessener und berechneter maximaler Durchwurzelungstiefe unter einem Gerstenbestand, rechts: Mittelwerte einer Sensitivitätsanalyse der anteiligen N-Aufnahme eines einzelnen Wurzelsystems in 15 cm Tiefe, 110 Tage nach Durchwurzelungsbeginn.

Die durch das Modell prognostizierte N-Aufnahme eines einzelnen Wurzelsystems im Oberboden wird deutlich durch den Wachstumsparameter a und einen auf den Geotropismusvektor wirkenden Parameter beeinflusst. Der Wachstumsparameter b und der mechanische Widerstand spielen für die Stickstoffaufnahme in dieser Schicht eine eher untergeordnete Rolle. Der Geotropismusparameter wirkt stark auf die äußere horizontale Ausdehnung des Wurzelsystems.

Die anderen untersuchten Parameter bestimmen innerhalb des vom Wurzelsystem erschlossenen Bodenraums vor allem den Grad der Durchwurzelung oder die Tendenz der Wurzeln sich zusammenzulagern (Clusterbildung). Vermutlich wird sich der Einfluss dieser Cluster auf die Stickstoffaufnahme in Bereichen niedriger Durchwurzelung (Unterboden) deutlich stärker auswirken.

Zusammenfassung und Perspektiven

Die dynamische Kopplung von Wurzelstruktur- und Diffusionsmodell ermöglicht es, die Bedeutung der Wurzelarchitektur für die Aufnahmeleistung von Wurzelsystemen zu quantifizieren. Für die Modellierung der Nitrataufnahme sollte, insbesondere auf der Bestandesebene, schwerpunktmäßig der Bereich niedriger Durchwurzelung (Unterboden) betrachtet werden.

Literatur

Wienforth, B., Kohl, M. und Kage, H. (2006): Untersuchungen zum Wachstum und zur Entwicklung von jungen Wurzeln der Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.), Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 18, 54-55.

Kohl, M., Kage, H. (2005): Ansätze zur Abschätzung des Einflusses der Wurzelsystemarchitektur auf die Nährstoffaufnahme der Pflanze, Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17, 381-382.

Pagès, L., Jordan, M.O., Picard, D. (1989): A simulation model of the three-dimensional architecture of the maize root system, Plant and Soil 119, 147-154.

