

1 Einleitung

Wurzellängen sind ein Maß für die Größe von Wurzelsystemen und variieren sehr stark innerhalb einer Kultur, was durch Literaturübersichten von SCHMID (1991) und DE WILIGEN und VAN NOORDWIJK (1987) belegt wird. Während ein Teil der Variation in der Meßmethode begründet ist, liegt die Hauptursache in den Standort- und Umweltbedingungen. Die Größe des Wurzelsystems wird maßgeblich vom Wassergehalt und der Lagerungsdichte des Bodens sowie der Nährstoffversorgung der Pflanze beeinflusst (KÜCKE und SCHMID, 1989). Die Durchwurzelung des Bodens entscheidet über Stoff- und Wasserflüsse im Profil und ist daher zu deren Quantifizierung und für die Erarbeitung von Wachstums simulationsmodellen ein unerlässlicher Parameter.

In dieser Arbeit wird versucht, die Wurzelverteilung von Winterweizen (1991) und Sommergerste (1992) einer 150 ha großen Versuchsfäche in einer Agrarlandschaft zu erfassen. Anhand einer Wurzelkarte sollen standortbedingte Durchwurzelungsunterschiede lokalisiert und beschrieben werden, unter der Annahme, daß die beiden Getreidearten auf ähnliche Art die Fläche durchwurzeln. Die Untersuchung wurde im Rahmen des „Forschungsverbundes Agrarökosysteme München“ (FAM) angefertigt.

2 Material und Methodik

Die Versuchsfäche liegt 40 km nördlich von München im Tertiär-Hügelland, das durch eine vorwiegend geogen verursachte Variabilität der Bodenarten zu charakterisieren ist. Typische Bodenformen sind Lößlehm-Braunerden, deren Ausgangsmaterial wärmeisotopisch verwitterter Löß ist. In Plateaulagen, wo die pleistozänen Sedimente fehlen, erscheinern stark kiesige bzw. sandig-kiesige Braunerden, deren Ausgangsmaterial tertäre Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse sind. Die Grundlage dieser Untersuchung bildet ein 50 m x 50 m Raster, das vom Lehrstuhl für Geodäsie, TU München eingemessen wurde (HANTSCHERL und KAINZ, 1992). Die gesamte Fläche wurde erstmalig 1991 einheitlich mit Winterweizen, 1992 mit Sommergerste bestellt. Bislang wurde auf diesem Betrieb konventionelle Landbewirtschaftung mit Winterweizen, Wintergerste und Wintertraps in der Fruchtfolge durchgeführt, so daß zumindest 1991 noch Nachwirkungen der verschiedenen Vorfrüchte des Winterweizens zu erwarten waren. An ausgewählten Probenahmepunkten erfolgte mittels einer modifizierten Bohrkernmethode (BOHM, 1979; WESTING und SÖCHTING, 1985) im Entwicklungsstadium EC 61 (Beginn Blüte) die Beprobung, in dem das maximale Wurzelwachstum erreicht sein soll. Übersicht 1 gibt Parameter der Versuchsdurchführung für die Jahre 1991 und 1992 wieder.

Übers. 1
Versuchsdurchführung 1991/1992
Experimental design 1991/1992

	1991	1992
Planzenart	Winterweizen	Sommergerste
Probenahmetermin	EC61 (Beginn Blüte)	EC61 (Beginn Blüte)
Zeitpunkt der Probenahme	Anfang Juli	Ende Juni
Anzahl der Probenahmepunkte (PP)	80	127
Abstand zw. den PP	mind. 50 m	mind. 50 m
Einstiche pro PP	3	4
Bohrtiefe	0 - 90 cm	0 - 90 cm
Bohrerdurchmesser	8 cm	4,2 cm
Bohrkerntiefe	je 15 cm	je 15 cm
Wurzeltagerichtchenbestimmung (0 - 45 cm)	nach TENNANT	nach NEWMAN
Wurzeltagerichtchenbestimmung (45 - 90 cm)	nach HELLRIGEL	nach HELLRIGEL
Wurzeltagerichtchenbestimmung (0 - 90 cm)	16 ausgewählte Standorte	Hangsequenz

Die arbeitsaufwendige TENNANT-Methode (1975) wurde im 2. Jahr durch die von NEWMAN (1966) ersetzte Vorbedingung war ein Methodenvergleich, in dem eine enge Beziehung zwischen beiden Methoden ermittelt werden konnte, so daß über eine Regressionsbeziehung die Wurzellängendichte mit beiden Methoden errechnet werden konnte. Die Methodenstellung erlaube im Jahr 1992 eine intensivere Beprobung der zentralen Meßpunkte (127 gegenüber 80 Punkte), so daß möglichst flächendeckende quantitative Aussagen über das Wurzelwachstum angestrebt wurden. In der Tiefe von 45 cm bis 90 cm wurde sowohl im 1. als auch im 2. Versuchsjahr die Wurzelanzahl auf den Bohrkernbruchflächen mittels der Bruchflächenmethode nach HELLRIGEL (1883) ermittelt. Wurzelwachstungen bis in 90 cm Tiefe fanden an ausgewählten Standorten unter Winterweizen (HAUK et al., 1991) und an einer Hangsequenz (Südschhang eines asymmetrischen Tälchens des Hügellandes) unter Sommergerste statt und erlauben quantitativ einheitliche Angaben des Wurzelwachstums. Die Standorte repräsentieren ein großes bodenkundliches Spektrum, so daß eine Einteilung nach physiologischer Bodenfruchtbarkeit (Standortkundliche Bodenkarte von Bayern, 1981) erfolgte (Tab. 1). Diese entspricht der Tiefe, bis zu der Pflanzenwurzeln ohne größere Behinderungen vorzudringen vermögen oder bei Flachgründigkeit die Böden zumindest gut bearbeitbar sind.

Begleitend zu den Wurzelbeprobungen erfolgten in beiden Jahren Nmin-Untersuchungen (zusammen mit dem Teilprojekt Ertragspotential) u. a. zu Vegetationsbeginn (EC 12/Winterweizen; EC 10/Sommergerste) und nach der Ernte (EC 91). Eine enge Zu-

Tab. 1
Einteilungskriterien der in beiden Versuchsjahren beprobten
80 Standorte
Classification criteria of the 80 locations which were sampled in both
experimental years

Gründigkeit	Anzahl der Böden	nFK (mm)	Sandgeh. %
nach < 30 cm	7	74	57
mittel 30-60 cm	32	144	33
tiefl > 90 cm	41	162	35

1) Dipl.-Ing. agr. S. STOPPEL, Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, D-85350 Freising
2) Dr. R. GUTSER, Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Technische Universität München, D-85550 Freising
3) Prof. Dr. N. CLAASSEN, Institut für Agrarkulturchemie, Georg-August-Universität, von-Siebold-Strasse 6, D-37075 Göttingen

sammenarbeit und ein Austausch erhobener Daten erfolgte mit den Teilprojekten Ertragspotential (SIPPEL et al., 1993) und Bodeninventur (SCHEINOST et al., 1993), die in be- nachbarter Nähe am Rasterpunkt zum einen die Ertragsfeststellung und zum anderen die Bodenkartierung durchführten.

3 Ergebnisse

Die dichtere Beprobung der Untersuchungsfläche im 2. Versuchsjahr erlaubte mittels geostatistischer Analyse eine Regionalisierung der punktuell gemessenen Werte der Wurzellängen (km/m^2) bei Sommergerste durch Analyse und Interpolation ihrer räumlichen Struktur (FORSTER et al., 1994). Diese Analyse wurde durch die Arbeitsgruppe Informationsysteme für die Umweltforschung und -planung im GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit ermöglicht. Abbildung 1 gibt die, ausgehend von 127 Punkten und mittels geostatistischer Schätzung ermittelte Verteilung der Wurzellängen über die Hauptversuchsfläche wieder. Die Wurzellänge der Sommergerste in der Tiefe 0 cm bis 45 cm betrug auf dem Großteil der Fläche zwischen $13 \text{ km}/\text{m}^2$ und $19 \text{ km}/\text{m}^2$. Auf 4 unabhän- glich voneinander liegenden Flächen wurden jedoch Längen von über $25 \text{ km}/\text{m}^2$ gemessen. Den Ursachen dieser im Gelände ermittelten regionalen Durchwurzelungsun- terschiede sollte im folgenden nachgegangen werden. Abbildung 2 veranschaulicht die Wurzellängenverteilung (L (km/m^2)) der Sommergerste an einer typischen Hangsequenz des Tertiär-Hügellandes, deren intensive Beprobung an 24 Punkten in 5 m Abständen zum Zeitpunkt der Teigreife (EC 85) erfolgte. Mit zunehmendem Anteil an stark kiesigem Molassematerial (Kuppe) war eine Abnahme der Durchwurzelungsintensität verbunden. Unterhalb dieser Kiesbrannen traten pleistozäne Überdeckungen der Molasse- dimente mit fluvialen und äolischen Ablagerungen als bodenbildende Substrate auf. Mit zunehmender Tiefe der Deckschicht (u. a. Lößlehm) stiegen sowohl die Wurzellängen, als auch der Anteil der Wurzeln der unteren Bodenschichten (30 cm bis 90 cm) an. Der zeit- gleich zur Wurzelprobenahme ermittelte oberirdische Korntrag stieg von der Hang- kuppe mit einem mittleren Korntrag von $32,8 \text{ dt}/\text{ha}$ ($n = 6$) zu den tiefergründigeren Bodenformen ($n = 18$) mit $44,5 \text{ dt}/\text{ha}$ signifikant an.

Abbildung 3 stellt die tiefenabhängige mittlere Wurzelverteilung auf 10 tief- bis sehr tiefgründigen (mittlerer Sandgehalt: 24 %) und 6 mittel- bis flachgründigen Standorten (mittlerer Sandgehalt: 53 %) unter Winterweizen dar. Diese über die Gesamfläche selektierten ähnlichen Bodenformen ließen eine weitgehend ähnliche Durchwurzelung er- kennen: die Krümmen (0 cm bis 30 cm) tiefergründiger Böden enthielten 68 %, die flach- bis mittelgründiger Böden 84 % der gesamten Wurzeln, während erstere, in tieferen Schich- ten stärker durchwurzelt waren.

Die in Abbildung 2 und 3 vorgestellten Ergebnisse ließen zunächst absicherbare Zu- sammenhänge zwischen Bodengründigkeit und Wurzel- sowie Sproßwachstum im Un- tersuchungsgebiet erwarten. Die in beiden Jahren beprobten 80 Punkte wurden nach Bodengründigkeit eingeteilt (Tab. 1). Die flachgründigen Standorte wurden sowohl in den oberen 45 cm, als auch bis in die Tiefe von 90 cm in der Regel signifikant schwächer durchwurzelt als mittel- und tiefgründige Böden, während sich die Durchwurzelung der mittel- und tiefgründigen Böden nur unwesentlich und auch nicht in der Schicht 45 cm bis 90 cm unterschieden (Tab. 2).

Sommergerste durchwurzelte die Böden stets geringer als Winterweizen, was neben art- und wachstumszeit(Sommerzeit/Winterzeit)-bedingten Eigenarten auch auf Wit- terungsunterschiede beider Jahre zurückgeführt werden könnte. Die mittlere Lufttem- peratur und die Niederschläge der Vegetationsperioden März bis September differierte in beiden Jahren nicht nennenswert: Auf fallend war jedoch der wärmere ($13,2^\circ\text{C} \cong + 4,9^\circ\text{C}$) und sehr trockene ($8,6 \text{ mm} \cong - 48 \text{ mm}$) Monat Mai 1992 mit möglichen Auswir- kungen auf das Wurzelwachstum.

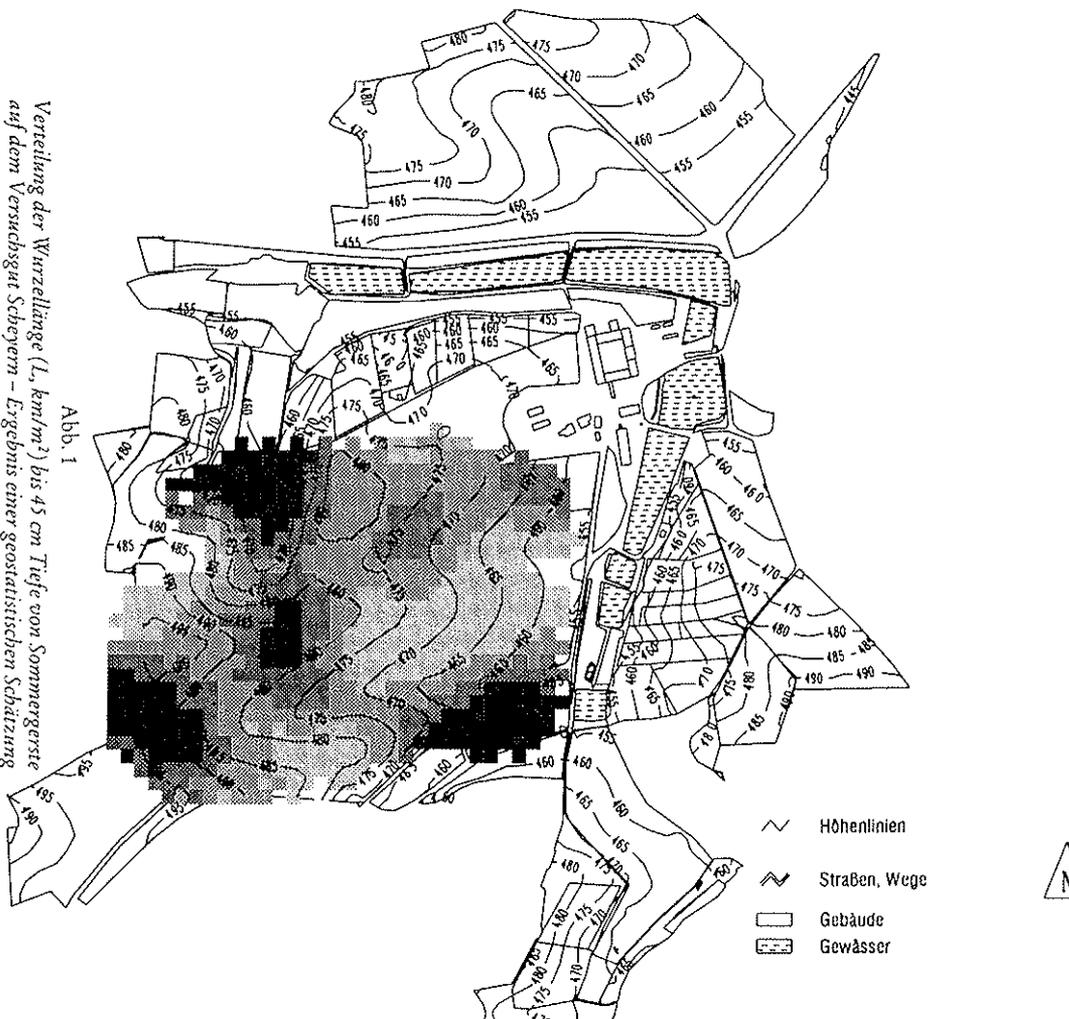
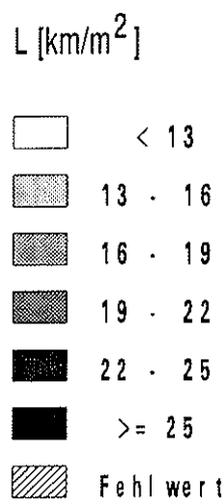


Abb. 1
Verteilung der Wurzellänge (L , km/m^2) bis 45 cm Tiefe von Sommergerste auf dem Versuchsgut Scheyern – Ergebnis einer geostatistischen Schätzung
Distribution of root length (L , km/m^2) of spring barley up to 45 cm depth on the experimental farm of Scheyern – result of a geostatistical estimation

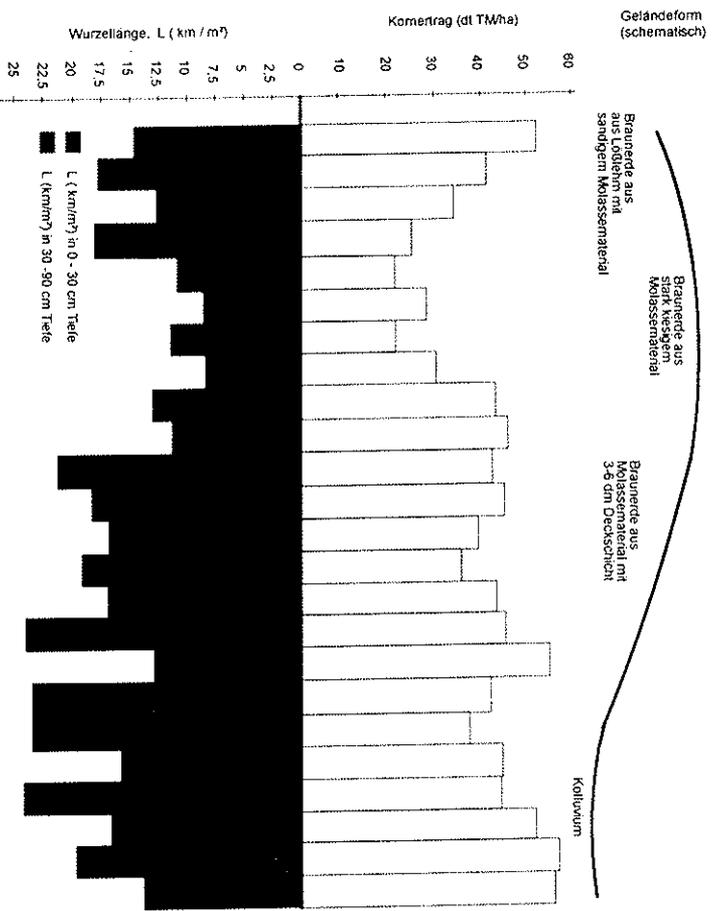


Abb. 2

Wurzellänge (L , km/m^2) und Korntrag (dt DM/ha) von Sommergerste an einer Hangsequenz des Tertiär-Hügellandes
Root length (L , km/m^2) and grain yield (dt DM/ha) of spring barley from a transect along a hillside of the "Tertiär-Hügelland"

Als überraschend war die in Abbildung 4 wiedergegebene fehlende Übereinstimmung der Durchwurzelung an gleichen Rasterpunkten von Weizen (1991) und Gerste (1992) zu werten. Zwischen der mittleren L_v in der Tiefe 0 cm bis 45 cm beider Kulturen bestand keine signifikante Beziehung. Selbst die in Tabelle 2 in beiden Jahren gefundene stärkere Durchwurzelung tiefer Bodenschichten (45 cm bis 90 cm) mittel- und tief- gegenüber flachgründigen Böden ließ sich in einer gemeinsamen Auswertung der Ergebnisse beider Jahre für die Tiefe 60 cm bis 75 cm in Abhängigkeit des Sandgehaltes der Böden (Tab. 1) kaum beständig (Abb. 5). Böden mit Sandgehalten kleiner als 30 % hatten in 75 cm Tiefe vielhöher ähnelnd hohe Wurzelichten wie Böden mit Sandgehalten über 40 %.

Als Maß für das Wurzelwachstum kann auch die Entleerung bestimmter Bodenschichten an Nitratstickstoff (wesentlicher Anteil des N_{min} -Stickstoffs) durch die Pflanzen gewertet werden. In beiden Jahren wurden die Schichten 60 cm bis 90 cm, aber auch 30 cm bis 60 cm unabhängig von Tiefgründigkeit und Sandgehalt durch beide Pflanzen bis zum Vegetationsende praktisch an N_{min} -Stickstoff entleert, so daß auch daraus keine Anhaltspunkte für eine standortspezifische Durchwurzelung der Böden abzuleiten waren (Tab. 3). Die N_{min} -Gehalte zu Vegetationsbeginn und -ende gaben keinen Aufschluß darüber, daß das flachgründige Bodenprofil mit der geringeren Durchwurzelung schlechter entleert wurde als das mittel- und tiefgründige. Es mußte festgestellt werden, daß auf allen Standorten in beiden Jahren in der Tiefe 30 cm bis 90 cm wenig Nitrat zurückgeblieben

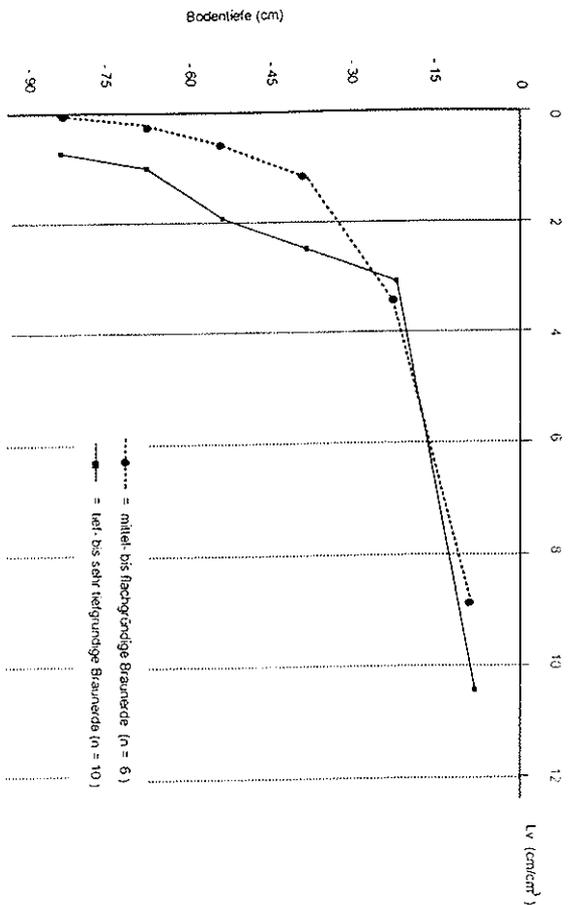


Abb. 3

Tiefenabhängige Wurzelengdichten (L_v) von Winterweizen auf Standorten unterschiedlicher Gründigkeit
Root length density (L_v) distribution in the soil profile of winter wheat in locations of different soil depth development

Tab. 2

Wurzellängendichteverteilung ($L_v - cm/cm^3$), Anzahl Wurzel/ cm^3 und Korntrag (dt TM/ha) von Winterweizen und Sommergerste auf 80, nach unterschiedlichen Gründigkeiten

Distribution of root length density ($L_v - cm/cm^3$), number of roots/ cm^3 and grain yield (dt DM/ha) of winter wheat (1991) and spring barley (1992) in 80 locations classified according to their soil depth development

Boden-schicht	Winterweizen			Kultur		
	tief- (n=41)	mittel- (n=32)	flachgründig (n=7)	tief- (n=41)	mittel- (n=32)	flachgründig (n=7)
0 - 15 cm	12,28**	14,61*	8,78*	7,47*	7,28*	7,57*
15 - 30 cm	3,71*	3,49*	3,34*	3,31*	2,51*	1,44*
30 - 45 cm	2,57*	2,67*	1,28*	1,52*	1,50*	0,91*
0 - 45 cm	6,18*	6,92*	4,47*	4,10*	3,76*	3,31*
	Anzahl Wurzel/ cm^3					
45 - 60 cm	0,29*	0,27*	0,07*	0,21*	0,24*	0,06*
60 - 75 cm	0,20*	0,16*	0,04*	0,11 ^{ab}	0,15*	0,03*
75 - 90 cm	0,13*	0,09 ^{ab}	0,004*	0,05*	0,08*	0,01*
45 - 90 cm	0,21*	0,17*	0,04*	0,12*	0,16*	0,03*
Korntrag (dt/ha)	80,7*	72,8*	62,9*	55,2*	51,8 ^{ab}	41,0*

*), L_v bzw. Anzahl Wurzel/ cm^3 in gleicher Tiefe mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch signifikant unterschiedlich

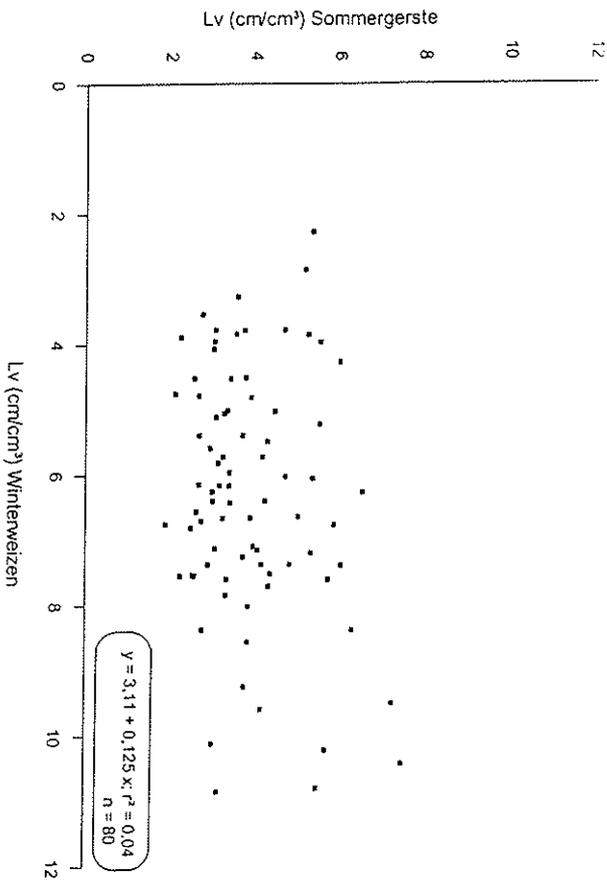


Abbildung 4
 Vergleich der mittleren Wurzellängendichte (Lv) von Winterweizen (1991) und Sommergerste (1992) in der Bodentiefe 0 cm bis 45 cm

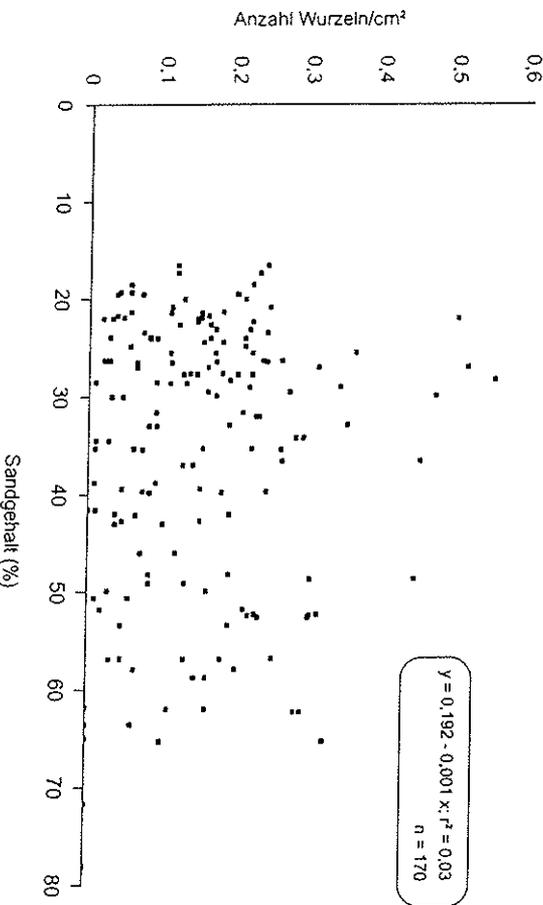


Abbildung 5
 Beziehung zwischen Sandgehalt der Böden (Krumme) und der Anzahl Wurzeln/cm² in der Tiefe 60 cm bis 75 cm (1991 und 1992)

war. Allerdings ist auch bekannt, daß im Falle mobiler Nährstoffe wie dem Nitratstoff bereits sehr geringe Durchwurzungsdichten (0,1 cm/cm³ bis 0,3 cm/cm³) für eine weitgehende Entleerung des Bodens ausreicht sind (KUHLMANN, 1987; WIESLER, 1991). Ein gut ausgebildetes Wurzelsystem, das sich durch hohe Wurzellängendichten für die Nährstoffaufnahme der Pflanzen günstig auswirkt, könnte sich folglich auch positiv auf den Sproßertrag auswirken. Die in Tabelle 2 dargestellten Kornträge stiegen (SIPPEL et al., 1993) mit zunehmender Bodengründigkeit und nFK (Tab. 1) signifikant an (Annahme: mittelgründiger Standort im Jahr 1992). Tabelle 4 verdeutlicht allerdings, daß die Durchwurzelung der oberen 45 cm weder mit dem Korntrag noch mit der nutzbaren Feldkapazität (nFK) in beiden Jahren nennenswert korrelierte. Lediglich die Wurzellängendichten der tieferen Bodenschichten erbrachten eine signifikante Beziehung zum Ertrag und zur nFK.

Abbildung 3
 Veränderung der N_{min}-Gehalte (kg N/ha) des Bodens von EC 12/10 bis EC 91 auf tief-, mittel- und flachgründigen Braunerden unter Winterweizen und Sommergerste

Bodenschicht	Kultur				
	Winterweizen		Sommergerste		
	tief- (n=41)	mittel- (n=32)	tief- (n=41)	mittel- (n=32)	flachgründig (n=7)
0 - 30 cm	17	20	9	21	18
30 - 60 cm	24	25	10	17	15
60 - 90 cm	25	22	12	15	13
	N _{min} (kg N/ha) zu EC 12/EC 10				
0 - 30 cm	35	32	34	17	16
30 - 60 cm	8	6	9	3	3
60 - 90 cm	8	12	4	5	5

Abbildung 4
 Korrelationskoeffizienten der Beziehung zwischen Wurzelwachstum in unterschiedlichen Bodenschichten und Korntrag bzw. nutzbarer Feldkapazität des Bodens

Jahr	Bodenschicht	Korntrag	nFK	n
1991	0-45 cm	0.24*	0.11	85
1992	0-45 cm	0.27	0.31	21
1992	60-90 cm	0.64*	0.62*	21

4 Diskussion

Den aufgeführten Ergebnissen zufolge bereitet es Schwierigkeiten, festgestellte Durchwurzelungsunterschiede in einer Agrarlandschaft zu erklären und flächenbezogene Gesetzmäßigkeiten zu prognostizieren.

Die in 1991 erarbeiteten Versuchsergebnisse stimmen mit denen von 1992 nicht überein (Abb. 4). Grund hierfür könnte die kleinräumig stark streuende Durchwurzelung, u. a. als Folge der Inhomogenität des geologischen Ausgangsmaterials, sein. Der Raster 50 m × 50 m erwies sich als zu groß, um einheitlich durchwurzelte Teillflächen auszuweisen, und so gar innerhalb des Rasters war die Beprobungsfläche keinesfalls punktuell, sondern betrug allein für die Erhebung der Wurzelparameter ca. 20 m². Demzufolge streuten die mittleren Wurzellängendichten in 0 cm bis 45 cm Tiefe im Mittel der beiden Versuchsjahre auf flach- um 29 %, auf mittel- um 42 % und auf tiefgründigen Standorten um 37 %. Angenahmend unserer Beprobungsfläche wurde u. a. die Ertragsfeststellung und die Bodenkartierung vorgenommen. Die damit verbundenen sich kleinräumig ändernden Bodenbedingungen können ebenfalls eine Erklärung für die nicht eindeutige festzustellenden Beziehungen zwischen Pflanzen- und Bodenparametern sein, zumal die Bezuhlungen zwischen den Bodeneigenschaften, der Wurzelmorphologie und des Trockennassenzuwachses der Pflanze komplexer Natur sind (GEISLER, 1992). Lediglich an extremen Standorten mit deutlich abweichender Tiefgründigkeit (flach-, mittel-, tiefgründig) sind die Unterschiede des standorttypischen Wurzelwachstums signifikant absehbar (Tab. 2).

Neben der beobachteten geogen bedingten kleinräumigen Variabilität könnten Bewirtschaftungseinflüsse wie z. B. die Vortruchwirkung die Wurzelentwicklung von Weizen beeinflusst und somit deren schlechte Übereinstimmung mit der von Gerste im Folgejahr verursacht haben. So fanden SIPPET et al. (1993) an Winterweizenwurzeln nach Halmvorfucht einen Krankheitsbefall mit *Gaeumannomyces* (Schwarzbeinigkeit) von 67 %, nach Blattvorfucht von 39 %. Die Erträge nach Blattvorfuchten lagen durchschnittlich um 13 dt/ha höher als nach Getreidevorfuchten, so daß sich ein direkter Einfluß des *Gaeumannomyces* ebenfalls auf das Wurzelwachstum von Weizen vermuten läßt. 1992 wurde kein Befall durch *Gaeumannomyces* festgestellt.

Inwieweit das Bodenprofil von Wurzeln erschlossen wird, ist überwiegend von der Pflanzenart abhängig. Während Futtermücker den Unterboden schwach durchwurzeln, können unter Getreide 30 % bis 50 % der Wurzelmasse im Unterboden vorliegen (KMOCH et al., 1957; BARRACLOUGH and LEIGH, 1984). Die einzelnen Getreidearten unterscheiden sich laut VETTER und SCHARAFAT (1964) nicht, jedoch ist die Wurzelverbreitung bei Wintergetreide stärker als bei den entsprechenden Sommerformen. WIESLER (1991) entdeckt bei Mais sogar Sorteneinflüsse, die eine unterschiedliche Durchwurzelungsintensität des Unterbodens bewirken.

Als Folge dieser Einflußgrößen ist die insgesamt gebildete Wurzelmasse unter einer Kultur keine konstante Größe, wie eine umfassende Zusammenstellung von VAN NOORWIJK und BROUWER (1991) zeigt. Der große Schwankungsbereich der berichteten standort- und jahresbedingt auftretenden Meßwerte zeigt an, daß generalisierende Aussagen zur Entwicklung des Wurzelsystems einzelner Pflanzenarten – oder gar eine Prognose – nur sehr eingeschränkt möglich sind. Die Messung der Wurzelentwicklung ist beim jetzigen Stand des Wissens unumgänglich.

5 Danksagung

Die Forschungsaktivitäten des Forschungsbundes Agrarökosysteme München (FAM) werden durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT 0330370) unterstützt. Die Pacht- und Betriebskosten des FAM-Versuchsgutes Scheyern trägt das Bayerische Staatsministerium für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst.

6 Zusammenfassung

In einem 150 ha großen Ausschnitt einer Agrarlandschaft des Tertiär-Hügellandes 40 km nördlich von München, Deutschland, wurden die bis 1990 konventionell bewirtschafteten Flächen einheitlich mit Winterweizen (1991) und Sommergerste (1992) bestellt. Die gesamte Versuchsfläche wurde in 500 Rasterpunkte mit einer Größe von 50 m × 50 m aufgeteilt. An 80 (1991) bzw. 127 (1992) Rasterpunkten wurde die Durchwurzelung (Tiefe, Längendichte) zum Zeitpunkt der Blüte (EC 61) ermittelt. Ziel war eine Kartierung der Durchwurzelung der Böden. Es sollte zudem versucht werden, Unterschiede der Durchwurzelung auf Standortinflüsse wie Tiefgründigkeit, Bodenextur u. a. zurückzuführen. Trotz punktuell stark streuender Meßwerte konnte auf Basis der Daten von Sommergerste mittels geostatistischer Verfahren die Durchwurzelung der Böden kartiert werden. Kleinräumige Untersuchungen an ausgewählten flach- bis mittlegründigen Braunerden und tief- bis sehr tiefgründigen Braunerden unter Winterweizen und an einer typischen Hangsequenz des Tertiär-Hügellandes unter Sommergerste lassen Zusammenhänge zwischen Wurzelwachstum und Bodenparametern (Gründigkeit, Sandgehalt) erkennen. Bezogen auf die gesamte Versuchsfläche sind diese Zusammenhänge auf keinen einzelnen Bodenparameter zurückzuführen; vermutlich war die Variabilität der Flächen, selbst auf kleinstem Raum an einem Beprobungspunkt schon zu groß. Es darf nicht davon ausgegangen werden, daß flachgründige Standorte mit hohen Sandgehalten unter Getreide immer gering und tiefgründige mit niedrigen Sandgehalten immer stark durchwurzelt werden. Auffallend war besonders die fehlende Übereinstimmung zwischen dem Wurzelwachstum von Winterweizen und dem von Sommergerste an gleichen Rasterflächen in unterschiedlichen Jahren. Neben Bodeneigenschaften dürften u. a. die Bewirtschaftung (z. B. Nachwirkung der Vortruch) und die Witterung (Temperaturerlauf und Niederschlagsverteilung) das Wurzelwachstum entscheidend beeinflusst haben, so daß generalisierende Aussagen zur Entwicklung des Wurzelsystems in einer komplexen Agrarlandschaft oder gar deren Prognose nicht möglich ist. Ausreichend genaue Angaben über die Wurzelentwicklung lassen sich derzeit nur über Messungen erzielen.

7 Summary

STOFFEL, S., GUTSER, R. und CLAASSEN, N.: *Wurzelwachstum in einer Agrarlandschaft des Tertiär-Hügellandes (Root growth in an agricultural landscape of the "Tertiär-Hügelland")*.

Agronol. Res. 48, 1995

On a 150 ha section of an agricultural landscape of the "Tertiär-Hügelland" 40 km north of Munich, Germany, which was conventionally cultivated until 1990, winter wheat in 1991 and summer barley in 1992 were uniformly grown. The area was divided into 500 50 m × 50 m grids. Root growth (root length density) was measured at the beginning of anthesis (EC 61) at 80 grid points in 1991 and at 127 grid points in 1992. The aim of the study was to map the root growth. In addition differences in root growth should be explained by site characteristics like soil depth development, soil texture etc. In spite of extreme variabilities in single cases it was possible to obtain a map by geostatistical methods showing differences in root growth of barley in 1992. Even so no correlations between root growth and soil parameters like soil depth development and sand content were found. This may be explained by the extreme variability of the area, even when looked at a small scale. One can therefore not state that cereal grown on shallow soils with high contents of sand are always weak and on deeper developed soils with low contents of sand are always well rooted. It was surprising that there was no correlation between the root growth of winter wheat and summer barley at the same grid points in different years. In addition to the soil characteristics other factors like cultivation (e.g. effect of the preceding

crop) and weather (temperature, rainfall) may have a strong influence on root growth, so that a generalized prediction to the development of root systems in a complex agricultural landscape is not possible at this moment.

8 Literatur

- BARRACLOUGH, P. B. and LEIGH, R. A., 1984: The growth and activity of winter wheat roots in the field: The effect of sowing date and silt type on root growth of high yielding crops. *J. agric. Sci. Camb.* **103**, 59-74
- BÖHM, W., 1979: *Methods of studying roots systems*. Springer Verlag, Berlin
- DE WILLEN, P. and VAN NOORDWIJK, M., 1987: *Roots, plant production and nutrient use efficiency*. PhD Thesis Agricultural University Wageningen, The Netherlands
- FORSTER, E.-M., ALBRECHT, H., LENZ, R. and KUHN, N., 1994: Geostatistische Auswertung von Vegetationsdaten. ECO-INFORMA-'94, 3. Fachtagung und Ausstellung für Umwelthinformation und Umweltkommunikation, Sept. 1994, Band 7
- GEISLER, G., 1982: Untersuchungen zur Adaption des Wurzelsystems als Organ der Wasser- und Nährstoffaufnahme an unterschiedliche Bodenbedingungen. *Z. Acker- und Pflanzenbau* **151**, 99-117
- HANTSCHKE, R. und KAINZ, M., (Hrsg.), 1992: *FAM Jahressbericht 1991*. FAM-Bericht 1/92. ISSN 0941-892X. GSF München, Neuherberg
- HAUK, S., GUTSER, R. und CLAASSEN, N., 1991: Wurzelwachstum von Winterweizen auf unterschiedlich texturierten Böden. Vorträge zur 2. Wissenschaftlichen Arbeitstagung „Ökophysiologie des Wurzelraumes“ Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit, Borkheide, 18-21
- HELLRITZEL, H., 1883: Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues. Verlag Fr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig
- KMOCH, H. G., RAMIG, R. E., FOX, R. I. and KOEHLER, F. E., 1957: Root development of winter wheat as influenced by soil moisture and nitrogen fertilization. *Agron. J.* **49**, 20-25
- KÜCKE, M. und SCHMID, H., 1989: Wurzelwachstum von Zuckerrüben auf Sand-, Lehm- und Tonstandorten. *VDL UFA-Schriftenreihe* **28**, Kongreßband 1988, 313-326
- KUHLMANN, H., 1987: *Ursachen und Ausmaß der N-, P-, K- und Mg-Ernährung der Pflanzen aus dem Unterboden*. Habilitationsschrift, Universität Hannover
- NEWMAN, E. J., 1966: A method of estimating the total root length in a sample. *J. Appl. Ecol.* **3**, 139-145
- NOORDWIJK, M. VAN and BROUWER, G., 1991: Review of quantitative root length data in agriculture. In: *Plant roots and their environment*. Eds. B. L. MCMICHAEL and H. PERSSON. Elsevier Science Publishers B. V., 515-525
- SCHENOST, A., SINOWSKI, W., SCHWERTMANN, U. und AUERSWALD, K., 1993: Flächenhafte und punktvierdichtete Erfassung von Bodenparametern. In: *Abschlußbericht Aufbauphase 1990 bis 1992*. FAM-Bericht **3**, S. 37-59
- SCHMID, H., 1991: *Wurzelentwicklung von Zuckerrüben in verschiedenen texturierten Böden und die Methodik ihrer Erfassung*. Dipl.-Arb., Universität Göttingen
- SIPPEL, R., MAIDL, F. X. und FISCHBECK, G., 1993: Grundaufnahme des derzeitigen Ertragspotentials des Versuchsstandortes Scheyern. In: *Abschlußbericht Aufbauphase 1990 bis 1992*. FAM-Bericht **3**, S. 131-144
- TENNANT, D., 1975: A test of modified line intersect method of estimating root length. *J. of Ecology* **63**, 995-1001
- VETTER, H. und SCHARAVAT, S., 1964: Die Wurzelverbreitung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen im Unterboden. *Z. Acker- und Pflanzenbau* **120**, 275-298
- WESTING, A. und SOCHTIG, H., 1985: Bestimmung der Wurzelichte in Böden unterschiedlicher Profiltiefe unter Weizen, Gerste und Zuckerrüben. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft* **43/2**, 697-701
- WIESLER, F., 1991: *Sortentypische Unterschiede im Wurzelwachstum und in der Nutzung des Nitratsangebots des Bodens bei Mais*. Diss., Fakultät III Universität Hohenheim