



Während sich im Bereich des lockeren Bodens viele Feinwurzeln befinden (oben), ist die Hauptwurzel auf dem Bearbeitungshorizont abgelenkt (unten).



Wurzel und Boden als Team

Wurzeln haben vielfältige Aufgaben und sind die Basis für das oberirdische Wachstum. Doch wie interagieren Wurzel und Boden?

UNSER AUTOR

H. Schönberger, N.U. Agrar GmbH

FUNKTIONEN DER WURZEL

Wahre Alleskönner

Die Wurzeln stehen in vielfachen Wechselbeziehungen zum Boden. Zum einen sind sie selbst Bestandteil des Bodens und geben an ihn abgestorbene Wurzelbestandteile ab. Diese dienen wiederum Mikroorganismen als Nahrung. Zudem durchwurzeln sie den Boden und schaffen dadurch Strukturen, die die Wasserbewegung im Boden und den Gasaustausch ermöglichen.

Zum anderen profitieren die Wurzeln, und damit die Pflanzen, von der Stickstofffreisetzung der Mikroorganismen, von der Stickstofffixierung der Knöllchenbakterien, der Ausbildung von Mykorrhiza-Pilzen und sogar von Biostimulanzien, die einige Mikroorganismen bilden können. Entgegen kommt ihnen zudem das antiphytopathogene Potenzial, das sich dadurch im Boden aufbauen kann.

Doch nur gesunde Wurzeln können ertragreiche Pflanzen ernähren. Schaderreger können diese Funktion dagegen unterbinden.

© friederike.mund@topagrar.com

Die Autoren der Serie „Fachwissen Pflanzenbau“ rufen zeitloses Fachwissen in Erinnerung und stellen Zusammenhänge im Pflanzenbau kurz und knackig (wieder) her. Aktueller Themenblock ist „Boden“. Es folgen: „Eingriff in den Boden“, „Pflanzenphysiologie“, „Fruchtfolge, Zwischenfrüchte, Kulturen“ sowie „Pflanzenschutz und Wachstumsregler“. Alle Beiträge sammeln wir für Sie online unter: www.topagrar.com/wissen-pflanzenbau

Im Gegensatz zum Pflanzenspross, der aus dem Boden dem Licht entgegenwächst (Phototropismus), wachsen die Wurzeln schwerkraftgesteuert in den Boden hinein (Geotropismus). Dort übernehmen sie für die Pflanze viele Hauptfunktionen:

- Befestigung der Pflanze im Boden,
- Wasser- und Nährstoffaufnahme aus dem Boden,
- Aufnahme von Sauerstoff (O₂) zur Wurzelatmung und Energiegewinnung,
- Abgabe von Kohlenstoffdioxid (CO₂) aus der Wurzelatmung,
- Abgabe von Stoffwechselprodukten (Wurzelexsudate wie organische Säuren und Zucker)
- und Abgabe von Protonen (H⁺) und Hydroxidionen (OH⁻), die das Milieu in der Rhizosphäre beeinflussen.

Die Wurzel kann auch weitere Aufgaben übernehmen, z.B. als Reservestoffspeicherorgan der Zuckerrüben oder als Haftwurzel der Kletterpflanzen.

Wurzeln versorgen sich und die oberirdischen Pflanzenteile mit Wasser und Nährstoffen. Die für die Nährstoffaufnahme nötige Energie gewinnen sie aus der Wurzelatmung, bei der sie O₂ aufnehmen und CO₂ wieder in den Boden abgeben. Aus dem CO₂ entsteht zusammen mit dem Bodenwasser Kohlensäure, die versauernd auf den Boden wirkt.

HAND IN HAND IM UNTERGRUND

Wurzeln sind ein Bestandteil des Bodens und interagieren auf vielfältigste Weise. Abgestorbene Wurzelreste dienen der Reproduktion von Humus im Boden. Die Wurzeln können auch Bo-

denporen stabilisieren und gleichzeitig Nährstoffe in diesen Poren konzentrieren. So kann die Folgekultur Nährstoffe besser aufnehmen.

Durch die Ausscheidungen von Wurzelexsudaten (Aminosäuren, Zucker, organische Säuren, phenolische Verbindungen) und Ionen beeinflusst die Wurzel ihr direktes Umfeld – die Rhizosphäre. In einem Bereich von 1 bis 2 mm um die aktive Wurzel, kann sie den pH-Wert um bis zu zwei Stufen erhöhen oder absenken, um sich Nährstoffe zu erschließen. Aus Absterbeprozessen von Wurzelzellen profitieren die Mikroorganismen in der Rhizosphäre, deren Aktivität dann wieder der Wurzel zugute kommt. ▶

SCHNELL GELESEN

Pflanzenwurzeln dienen der Stabilität und der Nährstoffversorgung von Pflanzen, sie interagieren auf vielfältigste Art und Weise mit dem Boden.

Die Rhizosphäre ist der durch die lebende Wurzel unmittelbar beeinflusste Raum im Boden.

Wurzelhaare werden meist nur wenige Tage alt und bilden sich stetig neu, solange die Wurzel wächst. Sie erhöhen die Oberfläche und ziehen Wasser aus den Mittelporen.

Am besten wachsen Wurzeln von lockeren in feste Bereiche ohne Verdichtungen und andere Störschichten.

KEIM- UND SPROSSWURZELN

Vielfältig in Gestalt und Funktion

Generell lassen sich Wurzeln nach dem Durchmesser unterteilen in

- Grobwurzeln mit einem Durchmesser von mehr als 1 mm – diese bilden die Grundstruktur des Wurzelgerüsts. Die Wurzeln dikotyler Pflanzen können mehrere Zentimeter dick werden.
- Feinwurzeln (bis zu 1 mm dick)
- und Wurzelhaare mit einem Durchmesser von 5 bis 20 µm.

Die **Grobwurzeln** stützen und verankern die Pflanzen im Boden. Die Leitbahnen der Grobwurzeln transportieren Wasser und Nährstoffe in den Spross, welche die Pflanzen über ihre Feinwurzeln aufnehmen. An den Wurzeln bilden sich Wurzelhaare, diese sind Ausstülpungen der Rhizodermis (Wurzelhaut) und vergrößern die Oberfläche des Wurzelsystems um ein Mehrfaches.

Mit den **Feinwurzeln** verankert sich die Pflanze zudem deutlich fester im Boden, als es allein durch die Grobwurzeln möglich wäre. Sind z.B. die Feinwurzeln von Raps durch den Befall mit *Verticillium* abgestorben, lassen sich die Stoppeln ganz leicht aus dem Boden ziehen. Auch durch Schwarzbeinigkeit sterben Feinwurzeln ab – befallene Pflanzen lassen sich ebenfalls leicht aus dem Boden ziehen.

Monokotyle Gräser und dikotyle Pflanzen (z. B. Raps, Rüben, Kartoffeln,



◁ Die aus den Blattansätzen (Knoten) des Sprosses gebildeten Kronenwurzeln bilden das Hauptwurzelsystem der Maispflanze.

Foto: Kropf

Sonnenblumen, Leguminosen) unterscheiden sich im Aufbau des Wurzelsystems wie folgt:

Einkeimblättrige Pflanzen (Monokotyle) wie Weizen und Gerste bilden aus den im Embryo angelegten Primärwurzeln ein verzweigtes Keimwurzelsystem (siehe Übersicht 1). Ab der Bestockung bildet jeder Trieb ein eigenes, sprossbürtiges Kronenwurzelsystem, sobald er drei Blätter gebildet hat. Die Keimwurzeln verlieren im Schossen immer mehr ihre Funktion. Seitentriebe, die am Haupttrieb ansetzen (das sind Seitentriebe 1. Ordnung), können eigene Kronenwurzeln bilden. Seitentriebe 2. Ordnung aus Seitentrieben 1. Ordnung

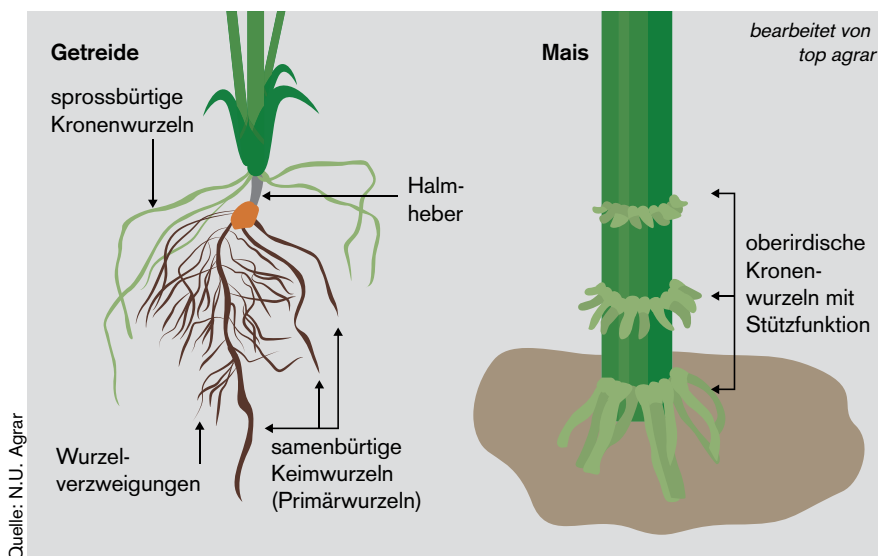
(also Nebentriebe von Nebentrieben) bilden dagegen in einem geschlossenen Bestand infolge der Konkurrenz durch die nächsten Nachbarn meist keine eigenen Kronenwurzeln. Sie sind zunächst als „Mitsesser“ auf die Versorgung durch den Seitentrieb 1. Ordnung angewiesen. Die in ihnen gespeicherten Nährstoffe kann die Pflanze im Schossen in die guten Triebe 1. Ordnung umverlagern – der Trieb wird reduziert.

Das Kronenwurzelsystem von Getreide wird auch als Büschelwurz bzw. als homorhizes Wurzelsystem bezeichnet. Die aus den Bestockungsknoten entspringenden, in größerer Zahl gebildeten, sprossbürtigen Wurzeln wachsen erst bogenförmig und dann senkrecht nach unten in den Boden hinein.

Beim Mais setzen die ersten Sprosswurzeln bereits im Sprossbereich oberhalb der Bodenoberfläche an, um aus den unteren zwei bis drei Knoten als Stützwurzeln in den Boden hineinzuwachsen (s. Übersicht 1 und Foto oben). Der untere Sprossteil ist bei starker Belastung alleine zu schwach, um die Pflanze zu halten.

Zweikeimblättrige Pflanzen bilden aus der Keimwurzel eine Hauptwurzel, die vertikal in die Tiefe wächst – sofern keine Verdichtungen vorhanden sind. Von der Hauptwurzel aus wachsen (allorhizes Wurzelsystem) die sehr viel dünneren Seitenwurzeln 1. Ordnung seitwärts weg und erschließen auf diese Weise den Wurzelraum erst in horizontaler Richtung, um dann vertikal in die Tiefe zu wachsen. Seitenwurzeln 1. Ordnung bilden noch feinere Seitenwurzeln 2. Ordnung.

ÜBERSICHT 1: SO UNTERSCHIEDET SICH DER WURZELAUFBAU



Quelle: N.U. Agrar

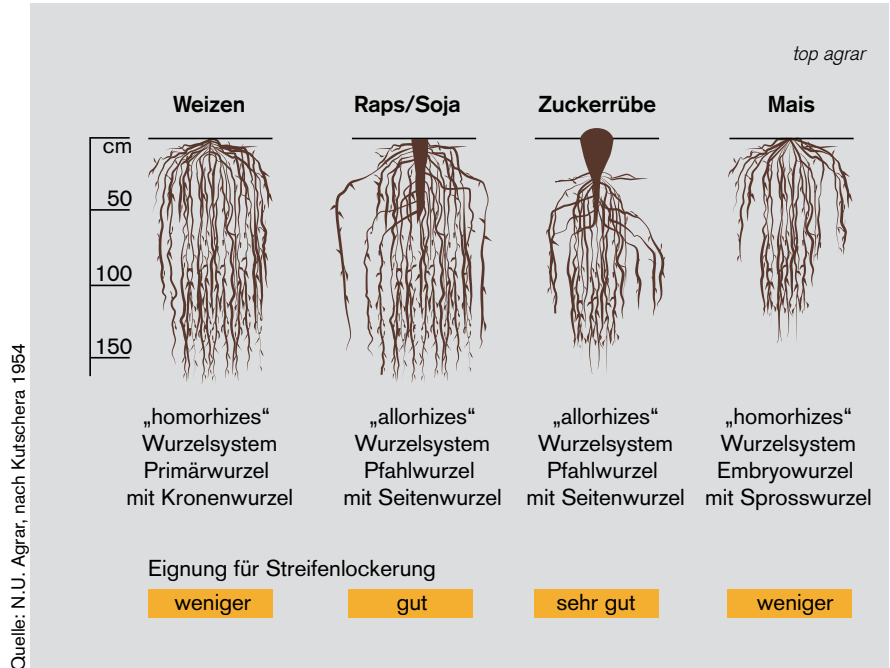
△ Kronenwurzeln sind immer sprossbürtig und dienen z. B. beim Mais auch der Stabilität.

WURZELFORMEN IM VERGLEICH

Bei einer stark ausgebildeten Hauptwurzel mit großem Tiefgang spricht man von einer Pfahlwurzel. Diese kann sich nahe der Bodenoberfläche zu einem Rettich oder auch zur Rübe als Speicherorgan verdicken. Pfahlwurzeln reagieren empfindlich auf Verdichtungen, genau genommen auf den Wechsel der Lagerungsdichte im Boden. In dem Fall krümmen sie sich, um – wenn möglich – an einer anderen Stelle wieder in die Tiefe zu wachsen. Dafür nutzen die Wurzeln u.a. auch Regenwurmrohren. Raps, Ackerbohnen, Lupinen und Zuckerrüben sowie Sonnenblumen zeichnen sich durch eine tiefgreifende Pfahlwurzel aus (siehe Übersicht 2).

Bei den Zuckerrüben ist zu unterscheiden zwischen dem glatten Rübenkopf, der dem Spross zugeordnet werden muss, und dem unteren Wurzelteil der Rübe, an dem aus der Rübenfurche die Seitenwurzeln entspringen. Die Zuckerrüben nehmen Nährstoffe nicht über den glatten Bauch auf, sondern

ÜBERSICHT 2: SO TIEF KÖNNEN DIE KULTUREN WURZELN



△ Die Ackerkulturen wurzeln unterschiedlich tief und breit – für eine Streifenlockerung eignen sich eher Pflanzen mit allorhizem Wurzelsystem wie Raps, Soja oder Rüben.

Pflanzenschutzmittel vorsichtig verwenden. Vor Verwendung stets Etikett und Produktinformationen lesen. Warnhinweise und -symbole beachten.
Bild: Dainis/istockphoto.com

Broadway™

HERBIZID

Die Komplettlösung gegen Ungräser und Unkräuter in Getreide

- Breitestes Wirkungsspektrum
- Hochwirksam gegen alle wichtigen Ungräser und Unkräuter
- Breite Zulassung (Winterweizen, -triticale, -roggen, -durum, Dinkel, Emmer und Sommerdurum)
- Keine Nachbaubeschränkungen
- Schnell regenfest
- Günstige Abstandsauflagen

Hotline: 01802-316320

(0,06 €/Anruf aus dem Festnetz, Mobilfunk max. 0,42 €/Min.)

▷ Wächst ein Keimling, wie diese Sojabohne, nur luftfeucht, bilden sich zügig Seitenwurzeln und feine Wurzelhaare auf der Suche nach Nährstoffen.



▷ Im Wasser bilden sich weder Seitenwurzeln noch Wurzelhaare, weil die Pflanze auch ohne genug Nährstoffe aufnimmt.



▷ Die Wurzelhaare wachsen in der Differenzierungszone der Wurzel, an der Wurzelspitze ist die gelbe Kalyptra zu erkennen.



Fotos: Kropt

nur über die Seitenwurzeln. Deshalb wirkt eine Kopfdüngung zu Zuckerrüben auf bindigen Böden oder unter trockenen Bedingungen nur stark eingeschränkt.

Körnererbsen oder Kartoffeln sind Mimosen: Durch geringste Verdichtungen im Boden wird das Tiefenwachstum ihrer Wurzeln eingeschränkt.

Im Gegensatz zu den Tiefwurzlern wachsen Flachwurzler mit der Hauptwurzel nur wenig in die Tiefe. Diese bilden dafür tellerförmige Seitenwurzeln aus, die zur Seite streichen. Ausgesprochene Flachwurzler haben sich im Ackerbau nicht durchgesetzt. Flache Büschelwurzeln bilden z.B. Zwiebeln als monokotyle Pflanzen.

DER DRANG NACH UNTEN

Ab dem Keimen wachsen die Primärwurzeln in die Tiefe und können bis zur Bestockung bereits eine Tiefe von 20 bis 30 cm erreicht haben. Mit dem Bestocken des Getreides setzt die Bildung von Kronenwurzeln ein. Bis Schossbeginn hat das Wurzelsystem eine Tiefe von 60 cm und mehr erreicht. Ein Tiefenwachstum ist bis zur Blüte möglich. Nach der Blüte übersteigt der Wurzelabbau immer mehr die Wurzelneubildung. Eine Stickstoffspädüngung in der späten Schossphase kann den Wurzelabbau verlangsamen.

Störschichten, wie z.B. Verdichtungen, Steine und Sandlinsen, oder Stau-nässe bzw. auch fehlendes Wasser begrenzen hingegen das Wurzelwachstum in die Tiefe. In große Hohlräume, die schnell austrocknen, können Wurzeln ebenfalls nicht hineinwachsen. Diese entstehen nach einer Lockerung ohne ausreichende Rückverfestigung. In Böden mit niedrigen pH-Werten können auch Eisen und Aluminium, die bei pH-Werten unter 5,5 verstärkt in Lösung gehen, das Wachstum der Wurzelspitzen hemmen. Die Wurzelspitzen sind dann verdickt.

ANATOMIE

Die Wurzel im Detail

Wurzeln bestehen aus dem Wurzelkörper mit der Wurzelspitze. Vorne auf der Wurzelspitze sitzt die Wurzelhaube. Diese wird auch Kalyptra genannt und dient dem Schutz der Wurzelspitze, die den teilungsfähigen Vegetationskegel enthält. Diesen Grundaufbau, wie in

der Übersicht 3 dargestellt, hat jede Wurzel: sowohl die Keim- und Kronenwurzel der Gräser als auch die Haupt- und Feinwurzeln der dikotylen Pflanzen.

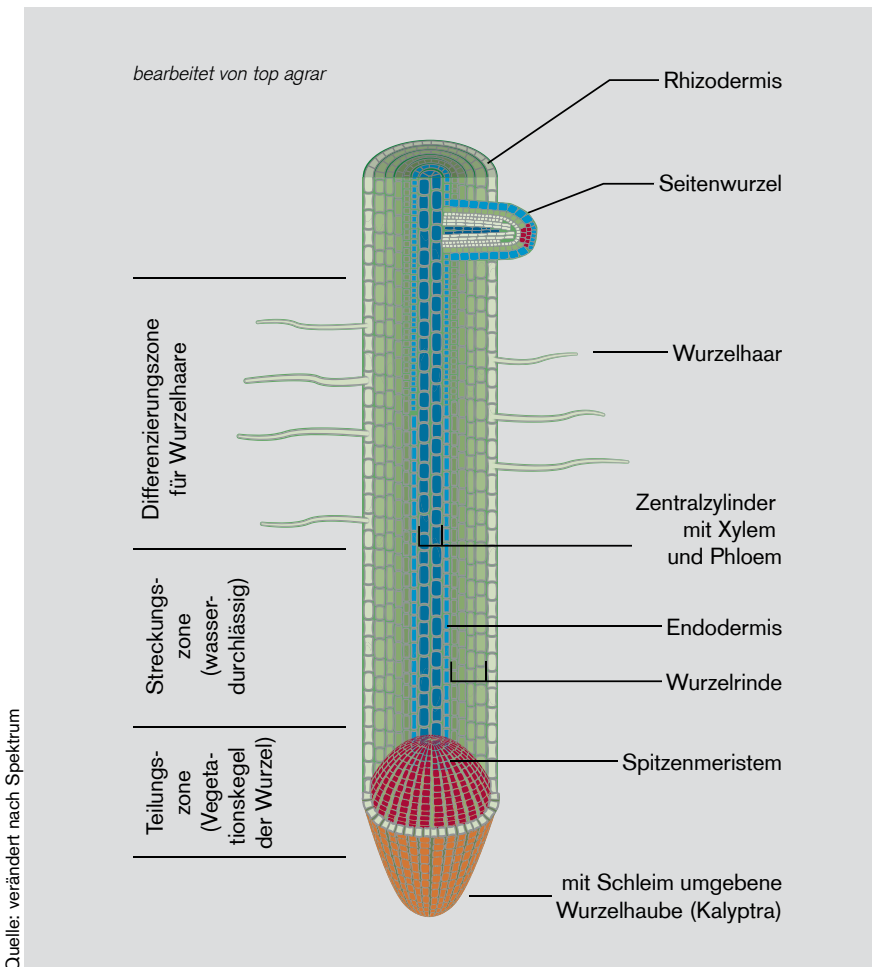
Die Wurzelhaube besteht aus einer Vielzahl von Zellen, die Schleim (Muci-

gel) absondern. Dadurch wird der Vegetationskegel der Wurzelspitze geschützt, zugleich kann die Spitze wie auf Schmierfett leichter in den Boden eindringen. Der Schleim der Wurzelhaube ist nach außen negativ geladen. Der Kalyptra-Schleim kann somit



△ Das Wurzelsystem von Getreide ist weit verzweigt und besteht aus samenbürtigen Keim- und sprossbürtigen Kronenwurzeln.

ÜBERSICHT 3: WURZELAUFBAU IM LÄNGSSCHNITT



△ Die Wurzel wächst in den Boden, geschützt durch die Wurzelhaube. Seitenwurzeln bilden sich aus dem Zentralzylinder heraus. Wurzelhaare vergrößern die Oberfläche.

schädliche Kationen wie Aluminium zurückhalten, bevor sie den Vegetationskegel schädigen.

Das Wurzelwachstum beginnt im Vegetationskegel. Das dortige Spitzenmeristem bildet fortdauernd neue Zellen. Darüber erfolgt in der Streckungszone das Streckungswachstum der Wurzelzellen. Die Wurzelspitze schiebt sich dadurch nach vorne – die Wurzel wächst.

Oberhalb von der Streckungszone schließt sich die Wurzelhaarzone an. Wurzelhaare sind Ausstülpungen der Rhizodermis, durch die die Oberfläche der Wurzel um ein Vielfaches vergrößert wird, um Wasser und Nährstoffe aufzunehmen. Über der Wurzelhaarzone folgt dann die Verzweigungszone an, in der Seitenwurzeln gebildet werden. Die Verzweigungen der Wurzel setzen im Inneren des Zentralzylinders an.

WURZELAUFBAU VON AUSSEN NACH INNEN

Die Rhizodermis (Wurzelhaut) bildet die äußere Schicht der Wurzel. Die Wurzelhaare haben nur eine kurze Lebensdauer von wenigen Tagen. Sie werden durch fortgesetzte Zellteilung an der Wurzelspitze, also bei ständigem Wurzelwachstum, regelmäßig erneuert. Das unter der Rhizodermis liegende Rindengewebe besteht aus mehreren Schichten und wird nach innen durch die Endodermis abgeschlossen. Das Rindengewebe ist für die Festigkeit der Wurzeln verantwortlich, kann aber auch als Nährstoffspeicher dienen, z.B. im Wurzelhals der Rapswurzel.

Die Endodermis besteht aus einer Zellschicht, die den Zentralzylinder umschließt. Die Zellschicht lässt Wasser mit den darin gelösten Nährstoffen durch, verhindert aber, dass Wasser (und Nährstoffe) aus dem Inneren der Wurzel wieder nach außen gelangt und damit die Wurzel austrocknet. Die Endodermis bildet auch eine Barriere für nichtparasitäre Pilze und verhindert, dass Schadstoffe in den Zentralzylinder eindringen.

Der Zentralzylinder besteht aus den Leitbündeln: Im Xylem, das in den älteren Wurzelabschnitten zunehmend verholzt, werden Wasser und Nährstoffe mit dem Transpirationsstrom in den Spross transportiert. Im Phloem erfolgt die Verteilung organischer Stoffe (z.B. Zucker oder Aminosäuren) in der Pflanze. Diese kann sowohl aus dem Spross in die Wurzel als auch andersherum erfolgen. ►

UMWELTEINFLÜSSE

Was mag die Wurzel, was nicht?

Die Wurzeln bohren sich nicht in den festen Boden hinein, sondern suchen nach vorhandenen Poren und Rissen, in die sie hineinwachsen können. Diese können sie dann auch weiten, sofern der Widerstand nicht zu hoch wird – denn dann versuchen die Wurzeln diesem Widerstand auszuweichen. Grobwurzeln wachsen in den weiten Grobporen, Feinwurzeln in den engen Grobporen. Wurzelhaare können in die Mittelporen eindringen, in denen Wasser pflanzenverfügbar gespeichert wird. Sie erschließen somit mehr nutzbares Wasser.

Die Wurzel mag keinen zu lockeren Boden. Damit sie ihre Orientierung behält, braucht die Wurzel einen nach unten kontinuierlich fester werdenden Boden. Für die Wurzel ist der Übergang aus festem Boden in eine lockere Bodenschicht genauso problematisch, wie das Auftreffen auf einen Verdichtungshorizont. Aus diesem Grund muss ein tief gelockerter Boden auch genauso tief rückverfestigt werden, wenn die Zeit für die natürliche Sackung fehlt.

BITTE NICHT ZU HEISS!

Bereits ab +1 °C bilden Weizen und Raps neue Wurzeln, während der Spross erst ab 4 bis 5 °C zu wachsen beginnt. Das Optimum für das Wurzelwachstum liegt bei Getreide zwischen 10 und 18 °C, bei anderen Kulturen bis



Foto: Kropf

◁ Schädigen Krankheiten die Wurzel, wie z. B. Rhizoctonia bei diesem Mais, leiden Versorgung und Standfestigkeit.

zu 25 °C. Der günstigste Bereich für das Sprosswachstum liegt zwischen 16 und 27 °C. Die Wurzeln stellen das Wachstum ab 25 °C (Lufttemperatur) ein, der Spross erst ab 32 °C.

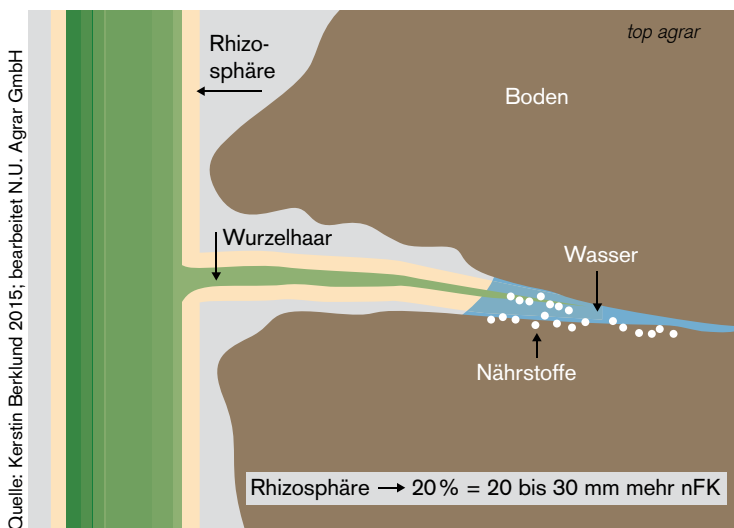
Die Konsequenz: Das Wurzelwachstum dauert im Herbst länger an als das Sprosswachstum und kommt im Frühjahr schneller in Gang – vorausgesetzt, im Boden liegt ausreichend Stickstoff (N) und Phosphor (P) vor. Eine gute N- und P-Versorgung im Spätherbst verbessert das Wurzel/Spross-Verhältnis zugunsten der Wurzelbildung. Das wirkt sich positiv auf die Hitze- und Trockentoleranz der Kultur aus.

WASSER: DREH- UND ANGELPUNKT

Die hauptsächliche Wasser- (und Nährstoff-)Aufnahme erfolgt durch Wurzelhaare. Mit einem Durchmesser von

etwa 10 µm wachsen diese in den Rand der Mittelporen hinein und sind imstande, selbst aus dem scheinbar schon trockenen Boden noch Wasser zu saugen (siehe Übersicht 4). Solange die Pflanze noch verdunsten kann, kann sie sich auch mit Verdunstungskälte vor Hitze schützen. Erst wenn die Mittelporen soweit entleert sind, dass die Wasserspannung höher ist als die Saugkraft der Wurzelhaare, vertrocknen diese. Kommt kein Wasser nach, vertrocknen letztlich die Wurzeln. Dies unterbindet auch die Wasserversorgung und Verdunstungskühlung des Sprosses.

Ist der Boden dagegen mit Wasser gesättigt, sterben Wurzelhaare durch CO₂-Überschuss bzw. durch Sauerstoffmangel ab. Folgt der Nässephase eine Trockenperiode und reagiert die Wurzel darauf nicht schnell genug mit Längenwachstum und der Bildung von Wurzelhaaren, wirkt sich die Trockenheit umso stärker aus.

ÜBERSICHT 4: DAS LEISTEN WURZELHAARE

Quelle: Kerstin Berklund 2015; bearbeitet N.U. Agrar GmbH

◁ Die Wurzelhaare erhöhen die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen und erschließen bis zu 30 mm mehr nutzbare Feldkapazität.

AUCH WURZELN WOLLEN DÜNGER

Sind Wurzeln mit Nährstoffen unterversorgt, reagieren sie direkt mit verringertem Wurzelwachstum, z.B. bei N- oder P-Mangel. Indirekt wirkt sich ein Mangel auch auf den Spross aus. Durch die verringerte Assimilation werden die Wurzeln zu wenig mit Assimilaten versorgt. Daraus entsteht vor allem im zeitigen Frühjahr nach der Winterruhe das Dilemma: kein Wachstum – keine Wurzel und keine Wurzel – kein Wachstum. Dieses Problem wird durch schlechte Bodenstruktur und nass-kalte Witterung verschärft. Abhilfe kann eine platzierte, wurzelnahe Düngung oder eine Blattdüngung mit N-P-Dünger schaffen.

Ein Übermaß an Phosphor, z.B. infolge der Anreicherung durch eine Depotdüngung, bewirkt eine Konzentration der Wurzeln um das Düngerdepot und verhindert das zügigen Wachstum der Wurzeln in die Tiefe.

Besonders wichtig für das Wurzelwachstum ist Kalium: Zum einen vermindert eine ausreichende Versorgung der Pflanzen das Frostrisiko. So kommt das Wachstum der Wurzel und die Regeneration des Sprosses schneller in Gang. Zum anderen vermindern eine Düngung mit Kalium und eine Kalkung die schädliche Wirkung von Aluminium in Böden mit pH-Werten unter 5,5.

SYMBIOSE MIT MIKROORGANISMEN?

Leguminosen gehen mit Knöllchenbakterien eine Symbiose ein, indem sie diesen über die Wurzel Assimilate bereitstellen und dafür Stickstoff aus der Luft zur Verfügung gestellt bekommen. Die Aktivität der Knöllchenbakterien hängt ab von der ausreichenden Durchlüftung

und der Temperatur des Bodens sowie vom pH-Wert. Ist dieser zu niedrig, werden die Knöllchenbakterien durch Aluminium geschädigt. Zudem fehlt Molybdän als Bestandteil der Nitrogenase, die für die Umwandlung des elementaren Stickstoffs notwendig ist.

Der Boden wird durchzogen von einem Geflecht von wenige Mikrometer feinen Pilzhyphen, die mit einer Vielzahl an Kulturen, z.B. Getreide, Mais, Kartoffeln und Leguminosen, eine Symbiose eingehen. Im Boden kann diese Mykorrhiza die Mittelporen noch tiefer erschließen als die Wurzelhaare und somit den Welkepunkt im Boden verschieben. Die Mykorrhiza wächst über Wurzelhaare und Rhizodermis in die Wurzelrinde ein und wirkt als Wasserleiter in die Wurzel.

Negative Interaktionen können auch Hemmstoffe auslösen, die andere Pflanzen oder Mikroorganismen im Boden ausscheiden. Raps, generell Kreuzblütler, und Zuckerrüben (Gänsefußgewächse) gehen diese Symbiose nicht

ein. Hohe Nitrat- und P-Konzentrationen wirken sich nachteilig auf die Mykorrhiza aus.

WURZELSCHÄDLINGE SETZEN DEN WURZELN ZU

Eine Reihe von Schädlingen können an den Wurzeln saugen oder fressen bzw. sich in diesen festsetzen, z.B. wandernde und zystenbildende Nematoden und eine Vielzahl von parasitär wirkenden Insekten. Die Massenvermehrung der Schädlinge wird meist durch enge Fruchtfolgen, Winterbegrünung mit Wirtspflanzen oder durch Nachbarschaftsverhältnisse provoziert.

Auch Schadpilze können die Wurzel befallen, z.B. Kohlhernie, *Verticillium*-, *Rhizoctonia*-, *Aphanomyces*-, *Phytophthora*-, *Fusarium*-Arten oder *Gaeumannomyces graminis*, der Erreger der Schwarzbeinigkeit im Getreide. In der Folge verkümmern die Wurzeln, die Pflanze wird mit Nährstoffen unterversorgt und verliert an Stabilität – der Ertrag kann sich teils drastisch verringern.



An Agricultural Sciences Company

Wenn du eine echte Wirkstoffalternative suchst:

Debut® DuoActive Pack RÜBENHERBIZID

Der neue Wirkstoffmix für die Zukunft mit dem wichtigen Wirkstoff Lenacil. Kombiniert effektiv Blattaktivität und Bodenaktivität. Ideal als Basis Desmedipham-freier Lösungen für ein breites Wirkungsspektrum.

FMC-Beratungs-Hotline: 0800 362 3623, www.fmcagro.de

Rübenherbizide von FMC - für Profis erforscht und entwickelt.