



IM VERBORGENEN

Wurzeln verankern die Pflanzen im Boden und versorgen sie mit Wasser und Nährstoffen. Obwohl sie wichtige Aufgaben haben, werden sie, in der Erde wachsend, kaum wahrgenommen.

Halt, Heimat, Verbundenheit – das ist das, woran Menschen bei dem Wort „Wurzel“ denken. Und tatsächlich ist es genau das, was diese den Pflanzen geben. Denn im Wesentlichen sorgen Wurzeln dafür, dass der Spross festen Halt im Boden hat und genügend Wasser und Nährstoffe zum Wachsen erhält.

Die Keimwurzel

Wenn ein Samen in den Boden gelangt und die Bedingungen passen, wächst zunächst die Keimwurzel – gemäß der Schwerkraft nach unten. Bald bietet diese den nötigen Halt und nimmt Nährstoffe auf, sodass die oberirdischen Pflanzenteile, auch Spross genannt, wachsen können. Die Wurzeln durchdringen das Erdreich. Im Frühjahr wachsen sie besonders stark, um den sich entwickelnden Spross mit den sprießenden Blättern zu versorgen. Im Gegenzug erhalten die Wurzeln Kohlenstoffverbindungen, die sie für ihr Wachstum benötigen. Im Herbst stagniert das Längenwachstum, nun werden bei den zwei- und mehrjährigen Pflanzen Reservestoffe in den Wurzeln oder in der Sprossbasis gespeichert. Die oberirdischen Pflanzenteile sterben in dieser Zeit ab, eine Ruhezeit beginnt. Im darauffolgenden Frühjahr werden die Vorräte für das Wachstum wieder mobilisiert.

Intelligente Wurzelspitze

Es sind die Wurzelspitzen, die das Erdreich regelrecht erobern. Dabei reagieren sie auf äußere Reize wie etwa Nährstoffvorkommen, zu denen sie sich hinbewegen. Diese Erkenntnis ließ den Naturforscher Charles Darwin Mitte des 19. Jahrhunderts schlussfolgern, dass sich „das Hirn der Pflanze in der Wurzelspitze“ befinden müsse. Das zarte Spitzengewebe wird von einer schleimigen Hülle, der sogenannten Wurzelhaube, vor Verletzungen geschützt. Oberhalb der Wachstumszone bilden sich unzählige nur bis zu fünf Millimeter lange Wurzelhaare, die

durch ihre Vielzahl die Oberfläche der Wurzel immens vergrößern und zwischen Bodenteilchen gelangen können. Über die Wachstumszone und die Wurzelhaare nimmt die Pflanze Wasser und Nährstoffe auf. Viele der feinen Härchen sterben nach kurzer Zeit ab. Während die Wurzelspitze weitergeschoben wird, bilden sich sofort neue Haare.

In die Tiefe

Wie weitreichend das gesamte Wurzelnetz einer Pflanze werden kann, hängt zunächst von der Pflanzenart ab und ob sie einen Sommer oder Jahrzehnte leben wird. Außerdem spielt es eine große Rolle, wie leicht die Wurzeln an Wasser und Nährstoffe gelangen. In trockenen, armen Böden müssen sie auf der Suche danach viel stärker wachsen als in feuchten, nährstoffhaltigen Böden. Steine und Verdichtungen stellen zusätzliche Hindernisse dar. Wissenschaftler ermittelten bei Roggen, dass – wenn man alle Wurzeln einer Pflanze hintereinanderlegt – sie 70 Kilometer erreichen können. Dabei dringen sie bis zu 1,80 Meter tief in den Boden vor. Auch Rapswurzeln können bei ungestörtem Wachstum bis zu zwei Meter in den Boden gelangen.

Wurzel und Keimling unterstützen sich gegenseitig. Die Wurzel nimmt Wasser und Nährstoffe auf, die Blätter bilden Assimilate.



Die einkeimblättrigen Pflanzen wie Getreide bilden ein verzweigtes Wurzelsystem.



Bei diesem Weizenkorn sind die Wurzelhaare an der Keimwurzel deutlich zu erkennen. Oberhalb schiebt sich der Keimling entgegen der Schwerkraft zum Licht.



Rapspflanzen durchdringen mit ihrer Pfahlwurzel den Boden bis in große Tiefen und können Verdichtungen auflockern.

Raps und Getreide

Die Wurzeln von Raps und Getreide unterscheiden sich dabei stark. Unsere Getreide, die zu den Gräsern gehören, bilden ein verzweigtes Wurzelsystem aus, bei dem alle Wurzeln gleichwertig sind und dem Spross entspringen. Man bezeichnet sie auch als sprossbürtig. Bei diesen Arten verkümmert die Keimwurzel meistens.

Bei anderen Arten wie Raps und Phacelia wächst die Keimwurzel immer weiter. Sie wird zur sogenannten Haupt- oder Pfahlwurzel, die verdickt und sich möglichst senkrecht durch den Boden schiebt. Von ihr zweigen feinere Seitenwurzeln ab, die den Boden in der Horizontale erschließen. Landwirte können die verschiedenen Wurzelformen in der Fruchtfolge nutzen, um positive Effekte auf Wachstum und Ertrag zu erzielen. Pflanzen mit Pfahlwurzeln brechen verfestigten Boden auf und schaffen eine lockere Struktur, die die feinen Wurzeln der Getreidepflanzen anschließend leichter durchdringen können.

Von der Wurzel zur Rübe

Zwei- und mehrjährige Pflanzen müssen den Winter überbrücken, indem sie Stärke einlagern. Die Wurzeln sind ein bevorzugter Ort dafür. Bei Zucker- und Futterrübe, Rettich und Möhre verdickt sich die komplette Hauptwurzel zur langen bis rundlichen, konisch zulaufenden Form, die als **Rübe** bezeichnet wird. Charakteristisch für Rüben ist der innere Aufbau, der immer dem einer Wurzel entspricht. Wer eine Möhre quer durchschneidet, sieht deutlich die Gliederung in die breite Wurzelrinde und den Zentralzylinder, in dem die Gefäße verlaufen.

Bei den **Wurzelknollen** können sich auch die Nebenwurzeln in Speicherorgane verwandeln, wie z. B. bei den Dahlien. Beim Alpenveilchen und dem Knollensellerie hingegen sind nur Teile der Hauptwurzel verdickt.

Unterirdische Sprosse

Eigentlich verstehen wir unter Spross den oberirdischen Teil der Pflanze. Es gibt aber auch Pflanzen, die Sprosssteile unter die Erde schicken. **Rhizome**, auch Wurzelstöcke genannt, wie beim Buschwindröschen oder der Brennnessel sind solche Sprosssteile. Auch die knapp unter der Erde sitzenden Knollen von Radieschen und Roter Rübe entstehen aus unteren Sprossabschnitten. Die

Kartoffel bildet ebenfalls unterirdische Sprosssteile, die Ausläufer, an denen die Knollen heranwachsen. Diese **Sprossknollen** wachsen im Gegensatz zu den Wurzelknollen zu fleischigen Speicherorganen heran, die aus weitgehend gleichem Speichergewebe bestehen. Wer eine Kartoffel durchschneidet, sieht überall das einheitlich weiße oder gelbliche Fleisch.

Speicher fürs Folgejahr

Rüben, Knollen, aber auch Zwiebeln (siehe Foto Seite 143) helfen den Pflanzen durch kalte Winter oder trockene Sommer. Beginnt die nächste Wachstumsperiode, mobilisieren sie ihre Kräfte, damit die Pflanze wachsen und fruchten kann. Rüben setzen auf die Vermehrung durch Samen im Folgejahr. Knollenpflanzen bilden zwar ebenso oberirdische Samen. Gleichzeitig entwickeln sie aber auch unterirdisch junge Speicherorgane, während die alten vergehen.

Halten ...

Wurzeln verankern Pflanzen im Boden, helfen dem Spross aber auch, sich festzuklammern und Höhe zu gewinnen. Kletterpflanzen wie Kletterhortensie und Efeu setzen sich mit sprossbürtigen Haftwurzeln an Mauern oder Baumstämmen fest. Stoßen sie



Das Scharbockskraut bildet Wurzelknollen, aus denen sich der Frühblüher entwickelt.



Möhren gehören wie Zuckerrübe und Rettich zu den Rüben, die sich aus der Hauptwurzel bilden.



Die **Waldkiefer** mit **Pfahlwurzel** hat an diesem Standort ein starkes **Seitenwurzelnnetz** gebildet.

beim Emporklimmen auf nahrhafte Erde, können sie ihre **Haftwurzeln** in normale Wurzeln verwandeln.

... und stützen

Halt geben auch die dem Spross entspringenden **Stützwurzeln** der aus Südamerika stammenden Maispflanzen. Sie verhindern, dass die hohen schlanken Pflanzen vom Wind umgeknickt werden. Wenn Weiden- oder Haselnusszweige auf den Boden gelangen, bilden auch sie sprossbürtige Wurzeln, die Nährstoffe aufnehmen und den Nebentrieb autark von der Mutterpflanze machen. Dies erleichtert den Pioniergehölzen die Ausbreitung.



Aus dem Spross von Maispflanzen gehen **Stützwurzeln** hervor, die Halt geben.



Dank seiner **Haftwurzeln** kann Efeu senkrecht Baumstämme bewachsen.

FORMEN DER BAUMWURZELN

Bei Bäumen werden generell drei Wurzelformen unterschieden. Die Ausprägung ist jedoch stark abhängig vom jeweiligen Standort.



Flachwurzel

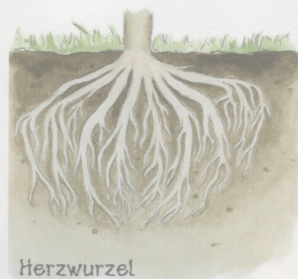
Die sogenannten **Flachwurzler** sind von Waldspaziergängen nach Stürmen bekannt: Die **Wurzelteller** der umgestürzten Fichten ragen dann in die Luft.

Bei Flachwurzlern wachsen die Wurzeln hauptsächlich horizontal und sie nehmen vor allem das in den Boden sickende Oberflächenwasser auf.



Pfahlwurzel

Bäume wie Eiche, Tanne und Kiefer besitzen eine **Pfahlwurzel** mit abgehenden Seitenwurzeln. Durch die tiefreichende Wurzel können sie tief im Boden an Wasser gelangen und bekommen auch in sandigen Böden Halt.



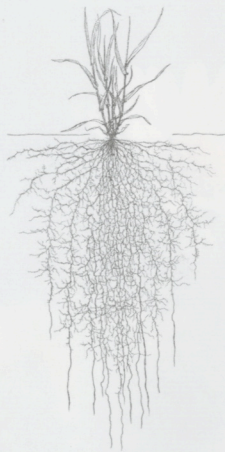
Herzwurzel

Eine Zwischenstellung nimmt die sogenannte **Herzwurzel** ein. Sie hat einen kompakten Wuchs mit mehreren gleich starken Seitenwurzeln. Buche, Linde und Lärche bilden Herzwurzeln.

Bei Bäumen sind das Wachstum des **Wurzelnetzes** und das **Kronenwachstum** oftmals aufeinander abgestimmt. Die Wurzeln überragen in der Horizontalen den Bodenbereich, den die Krone überdeckt.

DIE WURZEL ERFORSCHT

Mitte des 20. Jahrhunderts hat sich eine Frau ganz und gar der Erforschung von Wurzeln verschrieben. Lore Kutschera wurde 1917 im österreichischen Villach geboren und studierte ab 1935 Landwirtschaft in Wien. Für eine Anstellung bei der Kärntner Landesregierung wurden, um die Standortansprüche verschiedener Pflanzen zu verdeutlichen, auch die Wurzeln untersucht. Gemeinsam mit Prof. Dr. Erwin Lichtenegger, der die freigelegten Pflanzen maßstabsgetreu aufzeichnete, wurde damals der Grundstein für die mittlerweile sieben Wurzelatlanten gelegt, die bis heute als Standardwerke der Wurzelforschung gelten. Prof. Dr. Lore Kutschera's Forschungen und Erkenntnisse aus Gesprächen mit Landwirten verdeutlichten viele Zusammenhänge zwischen dem Gedeihen der Pflanzen und ihren Standortbedingungen.



Objekt der Wurzelforschung: Diese Wintergerste wurzelte bis in eine Tiefe von knapp einem Meter.



SPEICHERORGAN ZWIEBEL
Zwiebeln sind ein unterirdisch gestauchter Spross. Daraus wachsen unten die Wurzeln, während sich oben Blätter und Blüten aus der Zwiebel schieben. Die braune Haut schützt die Zwiebel vor äußeren Einflüssen.

Versorger ...

Die Hauptaufgabe der Wurzeln ist, Wasser und Nährstoffe aus der Bodenlösung aufzunehmen. Wasser kann dabei mühelos aufgenommen werden, da stets ein Konzentrationsgradient vorliegt: Im Boden ist die Wasserkonzentration höher als in den Wurzelzellen. Von den Wurzelhaaren aus wird es zu den Leitbündeln im Inneren der Wurzel weitergeleitet. In der Pflanze empor gelangt das Wasser schließlich durch den Unterdruck, der entsteht, wenn die Blätter Wasser verdunsten.

Die Nährstoffe liegen im Boden meist in geringerer Menge vor als in den Wurzelzellen, weshalb sie aktiv transportiert werden müssen. Dabei tauscht die Pflanze Ionen, die sie im Überschuss hat, gegen die im Boden gelösten Ionen. Verschiedene Proteine in den Wurzelzellen steuern diesen Transport.

... und Einflussnehmer

Wie im Spross werden auch in den Wurzeln gleiche Hormone gebildet, die das Längenwachstum steuern. Auxine, die oberirdisch für die

Ausrichtung des Sprosses zum Licht sorgen, steuern in der Wurzel die Bildung von Seitenwurzeln.

Durch das Absondern bestimmter Stoffe greifen Wurzeln aber auch gezielt in den Bodenhaushalt ein: Sie sondern z. B. säurehaltige Schleime ab, die im Boden fixierte Nährstoffe wie Phosphor lösen und dadurch für die Pflanze verfügbar machen.

Außerdem bilden sie Stoffe, die das Wachstum in der Nähe wachsender Pflanzen fördern oder hemmen können. Die Wurzeln von Apfelbäumen etwa sondern Stoffe ab, die verhindern, dass ihre Samen in unmittelbarer Nähe keimen. So wird sichergestellt, dass ein neuer Keimling nicht in Konkurrenz zur Mutterpflanze wächst. Die Wechselwirkungen bei in Mischkultur angebauten Möhren und Zwiebeln finden hingegen oberirdisch statt. ■

Text: Viola Manereck, Helga Panten
Fotos: Igreen (6), Agrarfoto.com (2),
Blickwinkel (1), Okapia (3), Zeichnungen:
Mona Neumann (3), Lore Kutschera,
Wurzelatlas Bd. 7, DLG Verlag, 2009

IN GEMEINSCHAFT

Bäume und viele andere Pflanzen leben in Symbiose mit **Mykorrhizapilzen**. Bei den meisten von ihnen umhüllt der Pilzkörper mit einem Geflecht aus dünnen Strängen, den sogenannten Hyphen, vor allem Seitenwurzeln und vergrößert so die Fläche, über die Nährstoffe aus dem Boden zur Pflanze gelangen. Der Pilz bekommt von der Pflanze für die Versorgung mit Nährstoffen Zuckerverbindungen aus der Photosynthese.

Neben den Pilzen spielen die **Knöllchenbakterien**, die in Symbiose mit Leguminosen wie Erbsen, Klee oder Lupinen leben, eine besondere Rolle. Anders als die Pflanzen sind sie in der Lage, Stickstoff aus der Bodenluft zu fixieren und ihn in eine Form umzuwandeln, die auch für Pflanzen nutzbar ist. Im Gegenzug erhalten auch sie Zuckerverbindungen. Die Knöllchenbakterien sind spezialisiert und gehen jeweils nur mit einer bestimmten Pflanzenart Symbiosen ein. Erbsen werden also von anderen Bakterien infiziert als Bohnen. Die Bakterien dieser häufigen Arten kommen überall im Boden vor, während bei Lupinen oder Sojabohnen das Saatgut vor der Aussaat mit den passenden Bakterien beimpft wird. Um die Infektion durch die Knöllchenbakterien möglich zu machen, krümmen die Pflanzen ihre Wurzelhaare auf spezifische Weise.

