

Im Laufe der letzten vier Ausgaben dieser Reihe haben wir den Transportmechanismus in einer Wurzel verfolgt. Hier im folgenden Text sind die Theorie und die Praxis aneinander gekoppelt.

1. Struktur des Pflanzmediums

Das Pflanzmedium sollte über ausreichend Festigkeit verfügen, um die Stützwurzeln zu verankern, aber auch luftig genug sein, um die Wurzeleitungen eindringen zu lassen. Bei Erde ermöglicht eine feine Struktur einen innigen Kontakt mit den Haarwurzeln und so optimale Aufnahme. Kleine Partikel formen ein Kapillarsystem, so daß Wasser von allein hochgezogen wird. Um Pflanzerde eine kapillare Saugkraft zu geben, drücken wir beim Einpflanzen die Erde mit Gefühl fest. Diese so wichtige Handlung hat der Pflanze ihren Namen verliehen: Planta bedeutet in Latein ursprünglich Fußsohle und will sagen, daß man die Pflanze mit der Fußsohle festtritt.

2. Pflanzmedium als Wasserpuffer

Eine Pflanze kann nicht aktiv Wasser aufnehmen und nie mehr, als über die Blätter verdampft. Wir können nicht „auf Vorrat“ gießen. Ein Medium im Pflanztopf (z.B. Erde oder Cocos) muß in der Lage sein das Wasser festzuhalten, also ein Wasserpuffer sein. Dies wird einmal durch Kapillarkraft (hier Punkt 1.) erreicht und verstärkt durch Zugabe von zum Beispiel Perlit in der Erde, welches ein Vielfaches seines Gewichtes an Wasser aufnimmt und erst wieder freigibt, wenn die Erde trockener wird.

Die Saugkraft des Pflanzmedium kann durch richtiges Gießen hoch gehalten werden: **Nach jeder Gießrunde sollte das Medium gut austrocknen** (das Medium, nicht die Pflanze) bevor erneut gegossen wird. Wenn das Pflanzmedium konstant naß ist, so sind Wurzeln, Stengel und Blätter gesättigt mit Wasser und die Pflanze hat keinerlei Saugvermögen. Die Verteilung der Düngesalze beruht dann allein auf Diffusion (siehe T&L in den Pflanzen Teil 3) und die geht langsam vonstatten (siehe Kochsalzexperiment –nachts- T&L4!). Das Saugvermögen der Pflanze können wir vergleichen mit einem aufladbaren Akku, der auch ab und zu mal ganz leer laufen sollte um wieder auf Maximum aufgeladen zu werden. **Die Pflanze sollte natürlich nicht austrocknen, aber ebensowenig konstant nasse Füße haben.** In hydroponischen Systemem realisiert man den Wasserpuffer durch kleine Wasser- und Düngegaben mehrmals über den Tag verteilt. So hat die Pflanze zwischen den Wassergaben immer wieder ausreichend Zeit, um durch Transpiration oben die Saugkraft unten zu maximalisieren.

3. Wurzelstimulatoren (Booster)

Nur in der Haarwurzelregion kann eine Pflanze Wasser aufnehmen (siehe T&L 1). Die Haarwurzelregion befindet sich immer an der Spitze eines Wurzelstranges direkt hinter der Wachstumszone. Mit dem Längenwachstum der Wurzel schiebt die Haarwurzelzone mit nach vorne. Solange Leben in der Pflanze ist, wachsen die Wurzeln und auch die Haarwurzeln. Darum sollte die Anwendung von Wurzelstimulatoren nicht auf die Stecklingsphase beschränkt sein, sondern vorallem im Wachstum und bei jeder Umtopfaktion (oder auch Standortänderung) sicherlich einmalig gegeben werden, um das Wurzelwachstum zu stützen. Wurzelbooster geben den Pflanzen zudem eine extra Portion Vitalstoffe, und Wurzeln und unsere Pflanzen können immer eine Energiespritze gebrauchen. Schließlich zwingen wir die Pflanzen zu außergewöhnlichen Leistungen (Indoor) für die sie in der Natur viel mehr Zeit benötigen.

4. Dünger

Das Wasser strömt mit den gelösten Salzen passiv in die Wurzel und weiter nach innen in das Netzwerk um die Wurzelzellen hin (siehe T&L4). Es ist also möglich, durch Düngung die Verteilung in der Wurzel direkt zu beeinflussen. Daher kann man den Pflanzen in jeder ihrer Entwicklungsphasen (Wurzelbildung, Wuchs oder Beginblüte und Hochblüte) gerichtet die Stoffe zu geben, die benötigt.

Wir hatten gehört, daß die Salze in der Wurzel an die Aussenseite der Zellen angeheftet werden und die Zelle aktiv selektiert, welche Salze eindringen dürfen und welche nicht. Enthält unser Dünger nur Salze, die eine Pflanze auch benötigt und nur wenig Ballaststoffe, dann kann sie auf dem Vollen schöpfen. Enthält das Düngesubstrat aber viel Ballaststoffe (oder aber das Leitungswasser ist extrem hart) dann benötigt die Pflanze viel Sortierenergie, die dann dem Wachstum verloren geht. Ballaststoffe besetzen zudem die Kontaktpunkte an den Wurzelzellen und blockieren so die Anheftung der notwendigen Düngestoffe.

Wichtig bei Dünger ist auch, daß er gelöst bleibt, bis er in der Wurzel ist. So neigen Spurenelemente dazu, mit zum Beispiel Phosphor oder Karbonat (Wasserhärte) schwer lösliche Verbindungen einzugehen, die dann für die Pflanze unbrauchbar sind. Daher ist es wichtig, daß die Spurenelemente im Dünger komplexgebunden sind durch Chelate. Chelat kommt von dem lateinischen Wort Chelae, das soviel wie Schere (von Krebstieren) bedeutet. Ein Chelat umgreift ein Spurenelement wie ein Krebs seine Beute (siehe Abbildung 1).

Ein so gebundenes Spurenelementeteilchen ist geschützt vor den Einflüssen der Aussenwelt. Sogar die elektrische Ladung der Teilchen (die wir mit dem Leitwert messen können) verschwindet. Komplexgebundene (also chelatisierte) Teilchen zeigen keinen Leitwert. Die Bindung durch Chelate kann durch die Pflanze mühelos geknackt werden, da sie über ähnliche Verfahren verfügt (natürliche Chelate).



5. Der pH-Wert des Mediums

Die Düngeteilchen werden, um in die Wurzelzelle zu gelangen, an die Außenseite geheftet. Die Kontaktpunkte sind bei Nichtgebrauch versiegelt mit einem Säureteilchen (H^+ = Proton). Bei Anheftung eines Düngeteilchens wird das Säureteilchen freigegeben. Ausendlich wandert das Säureteilchen in Richtung Haarwurzel nach draussen da (hoffentlich) im Medium weniger Säureteilchen vorhanden sind (Diffusion) als innen. So befreit sich die Pflanze passiv von dem Säureüberschuss. Je mehr Dünger eine Pflanze aufnimmt, umso mehr Säure gibt sie frei.

Hieraus können wir einige Erkenntnisse ableiten. Ist das Medium von Anfang an schon sauer oder gebrauchen wir reichlich pH-Wert senkende Produkte im Düngefaß, so kann während des Pflanzenzyklus ein verheerend niedriger pH-Wert entstehen gerade auf dem Höhepunkt der Entwicklung (viel Dünger = viel Säure aus der Pflanze). Wenn dann im Medium ebensoviel Säureteilchen vorhanden sind wie im Inneren der Wurzel, kann sich die Pflanze nicht vom Überschuss befreien und stoppt die Düngeaufnahme.

Ein typisches Beispiel hierfür sind Mutterpflanzen, die monatelang auf Töpfen stehen, auf einmal schwach und krank werden und die Stecklinge schlecht wurzeln. Dann ist die Erde in den meisten Fällen übersäuert und die Pflanze kann nicht mehr gesund wachsen, da die Nährstoffe, die reichlich vorhanden sind, nicht aufgenommen werden. Statt Dünger zu geben sollte man lieber die Erde freispülen oder austauschen und nur salzarme Wurzelsupplemente geben.

Im Medium genügt ein leicht sauer pH-Wert (**5,8-6,2 sind ideal**) um die ungehemmte Düngeaufnahme zu gewährleisten.

6. Der Leitwert

Durch Messen des Leitwertes bestimmen wir die Konzentration des Düngers im Gießwasser. Der Einfluss des Leitwertes ist deutlich: zuviel Salz erzeugt Stress durch energiezehrende Salz-Selektion und zuwenig Leitwert erzeugt Stress dadurch, daß die Pflanze nichts findet. Junge Pflanzen mit wenig Wurzeln haben lieber weniger Salz, ältere Pflanzen vorallem zum Ende der Blüte hin können ohne Probleme mehr vertragen. Allgemeine Angaben sind schwierig, da sich die Pflanzen an ein hohes oder an ein niedriges Level gewöhnen, aber Leitwerte zwischen 0,9 und 1,8 mS/cm sind im grünen Bereich (auf dem Höhepunkt der Blüte mehr).

7. Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit.

Die Lufttemperatur beeinflusst direkt die Wasseraufnahme in den Wurzeln. Bei hoher Temperatur verdunstet viel Wasser auf den Blättern und die Saugkraft der Wurzeln ist hoch. Überschreitet die Temperatur allerdings kritische Werte (ab 30 Grad Raumtemperatur) dann stoppt die Fotosynthese und die Blattoffen schliessen sich. Die Transpiration und somit die Wasseraufnahme ist dann minimal. Die Luftfeuchtigkeit spielt hierbei auch eine Rolle. Bei geringer Luftfeuchte kann Wasser gut verdampfen und entwickelt die Wurzel ein hohes Saugvermögen. Bei hoher Luftfeuchtigkeit ist die Transpiration nicht optimal. Eine besonders ungünstige Kombination ist eine niedrige Raumtemperatur mit einer hohen Luftfeuchtigkeit. Dies fördert die Bildung von Schimmel und Wurzelfäulnis. Die Pflanzen bewässert man am besten bei beginnender Lichtperiode, da die Lampenhitze für gute Transpiration sorgt und die Pflanzen viel Wasser aufnehmen können. Außerdem sorgt dann das überbleibende Wasser im Boden für kühlende Verdampfung in der „Mittagshitze“ (gegen Ende des Pflanzentages).

Übersicht: Transport und Logistik in der Wurzel

Funktionen der Wurzel	Was müssen die Wurzeln hiervoor leisten	Treibende und hemmende Kräfte	Dies können wir beeinflussen
Stabilität der Pflanze	Primärwurzel dringt in das Medium ein, Verankerung durch Seitenwurzeln	Struktur des Pflanzmediums Dicke und Stärke der Wurzeln	Verbesserung der Wurzeln durch Wurzelstimulatoren Wahl des Pflanzmediums
Selbständiges Wurzelwachstum	Verlängerung der Wurzelstränge, Verschiebung der Haarwurzelsone und Vergrößerung des Wurzelvolumens	Pflanzendünger Energielevel der Pflanze	Luft- und Bodentemperatur Licht (Erhöhung Stoffwechsel) Dünger + Booster
Transportfunktion der Wurzel	Passiv Aufnahme von Wasser und Dünger in der Haarwurzel	Saugkraft der Wurzel Wurzelwiderstand für Wasser Wasserpuffervermögen des Pflanzmediums	Bodentemperatur Pflanzmedium Sorte und Struktur Transpiration der Pflanze (Wärme)
	Aktiv Aufnahme der Düngesalze in die Wurzel	Düngemittelkonzentration pH-Wert des Pflanzmediums Energielevel der Pflanze	Dünger: wenig Ballaststoffe, leicht verwertbare Dünger, Chelat pH-Wert im Wasser und pH-Pufferkapazität des Mediums (Beispiel: Steinwolle keine pH-Pufferung, Erde: guter pH-Puffer)
	Passiv Transport zum Stängel durch die Ionenwege der Wurzelzellen.	Saugkraft der Pflanze Transpiration auf den Blättern	Lufttemperatur Luftfeuchtigkeit (Verdampfung = hohe Wurzelaußkraft)

8. Bodentemperatur

Die Bodentemperatur ist ebenfalls ein Faktor, der direkt Einfluß nimmt auf die Wasseraufnahme in den Wurzeln. (s T&L 1 und 2) Ist der Boden kalt oder wird mit eiskaltem Wasser gegossen, dann hat das Wasser eine höhere Zähigkeit. Für uns nicht sichtbar, aber im Mikrobereich der Wurzelzellen ist kaltes Wasser zähflüssig. Je wärmer also der Boden ist, umso geringer ist der Wurzelwiderstand für Wasser. Ist der Boden kalt, die Lufttemperatur dagegen hoch (Lampen), dann verdampfen die Blätter zwar viel Wasser, es kann aber in den Wurzeln nicht ausreichend nachgereicht werden, da das Wasser wie zäher Honig durch die Wurzeln fließt. Die Folge ist, da die Blätter schlapp werden, der Boden aber naß ist. In diesem Falle ist die Erwärmung des Pflanzmediums kein überflüssiger Luxus, sondern eine Maßnahme, die das Überleben der Pflanzen bestimmt.

In der nächsten Folge verlassen wir die Wurzel und folgen dem Wasser auf dem Weg nach oben.