



HYDROBALL®

GRUNDLAGEN

WAS MISST HYDROBALL®?

HYDROBALL® vereint vier Messgrößen in einem Gerät:

1. Volumetrischer Wassergehalt (%); 2. Wasserspannung (kPa); 3. Scheinbare elektrische Leitfähigkeit (dS/m); und 4. Bodentemperatur (°C). Durch die Datenauswertung kann die **DENODL®App** einen fünften Parameter ableiten: **5. Bodenwasserkennlinie und Bodentextur.**

1. VOLUMETRISCHER WASSERGEHALT (VWC*)

Dies ist ein agronomischer Schlüsselparameter. Er quantifiziert das im Boden enthaltene Wasservolumen im Verhältnis zum Bodenvolumen** und wird als Prozentsatz (%) angegeben. Berechnet wird das Wasservolumen geteilt durch das Bodenvolumen***.

Boden kann Wasser speichern, ohne sein Volumen zu vergrößern, weil zwischen den Bodenpartikeln Poren liegen. Sie können Wasser oder Luft enthalten (siehe Abbildung). Dieser „Hohlraum“ macht im Allgemeinen etwa 50 % des Bodenvolumens aus.



Der Messbereich von HYDROBALL® für VWC beträgt 0 % bis 70 % (gewöhnlich deutlich über der Sättigung). Der Sensor sitzt am Umfang der Sonde im Gehäuse.

* Abkürzung für: Volumetric Water Content (volumetrischer Wassergehalt).

** In der Agronomie ist zwischen „Boden“ und „Erde“ zu unterscheiden; hier wird „Boden“ verwendet.

*** Beispiel: 20 % VWC bedeuten, dass 10 Liter Bodenvolumen 2 Liter Wasser enthalten.

2. WASSERSPANNUNG

Auch „Wasserpotenzial“ oder „Saugspannung“ genannt. Sie beschreibt die Kraft, die (z. B. von der Pflanze) aufgebracht werden muss, um Wasser aus dem Boden zu entziehen. Angegeben wird sie in Kilopascal (kPa)*.

Die Wasserspannung zeigt direkt, wie viel Wasser der Pflanze zur Verfügung steht. Je höher die Wasserverfügbarkeit, desto niedriger der Wert. Gesättigter Boden (mit Wasserüberschuss) liegt nahe 0 kPa; bei geringer Verfügbarkeit kann der Wert z. B. 150 kPa betragen. Optimale Werte liegen meist um 30 kPa.

Der Sensor zur Messung der Wasserspannung befindet sich bei HYDROBALL® in der Keramik**, die als Tensiometer*** wirkt. Der Messbereich beträgt 0 bis 200 kPa.

* Auch in Pascal (Pa), Bar, Atmosphären (atm) oder Zentimetern (cm) ausdrückbar; alles Druckeinheiten.

** Die eigens mit Rauschert entwickelte technische Keramik nimmt Wasser aus dem Boden auf. Der Sensor misst ihren Wassergehalt, der durch Laborversuche direkt mit der Wasserspannung korreliert wurde.

*** Spezieller Sensor zur Messung der Wasserspannung.

3. ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT (EC*)

In der Agronomie ist die scheinbare elektrische Leitfähigkeit (EC) des Bodens ein wichtiges Maß zur Bewertung von Salzgehalt und Nährstoffverfügbarkeit, die Gesundheit und Ertrag der Kulturen direkt beeinflussen. EC wird in dS/m (Dezisiemens pro Meter) gemessen und gibt Auskunft über die im Bodenwasser gelösten Salze.

EC-Werte unter 1 dS/m gelten als niedrig, Werte über 4 dS/m als sehr hoch.

Eine hohe scheinbare elektrische Leitfähigkeit kann Kulturen schädigen und erhebliche Ertragsverluste verursachen; dies hängt jedoch von Art und Sorte ab. Extrem niedrige EC-Werte können auf Nährstoffmangel hinweisen und ebenfalls die Produktivität beeinträchtigen.

Der EC-Messbereich von HYDROBALL® beträgt 0–5 dS/m.

* Scheinbare elektrische Leitfähigkeit.

4. BODENTEMPERATUR

In der Agronomie ist die Bodentemperatur für physiologische und biochemische Prozesse entscheidend, die Wachstum und Entwicklung der Pflanzen beeinflussen. Dazu gehören Keimung, Wurzelwachstum, Nährstoff- und Wasseraufnahme sowie mikrobielle Aktivität.

Außerdem können Bodentemperaturdaten für prädiktive agronomische Berechnungen und Analysen zu möglichem Pflanzenwachstum, Krankheitsprävention*, Nährstoffaufnahme und mehr verwendet werden.

HYDROBALL® arbeitet bei Temperaturen bis 50 °C und eignet sich daher auch zur Überwachung von Kompostierungsprozessen.

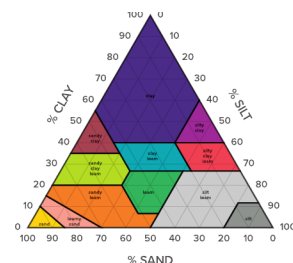
* Beispiele: Auf Golfplätzen berücksichtigen Greenkeeper den Zusammenhang zwischen VWC und Bodentemperatur, um Pilzkrankheiten vorzubeugen. DENODL®-Kunden überwachen damit auch optimale Zeitpunkte für temperaturabhängige Behandlungen gegen Krankheiten und Schädlinge.

5. BODENWASSERKENNLINIE UND BODENTEXTUR

In der Agronomie werden 12 Standard-Bodentexturen verwendet. Sie sind vom USDA (US-Landwirtschaftsministerium) anhand ihrer Zusammensetzung* definiert.

Die 12 Bodenarten sind: Sand, sandiger Lehm, lehmiger Sand, Lehm, Schluff, schluffiger Lehm, sandiger Tonlehm, Tonlehm, schluffiger Tonlehm, sandiger Ton, schluffiger Ton und Ton.

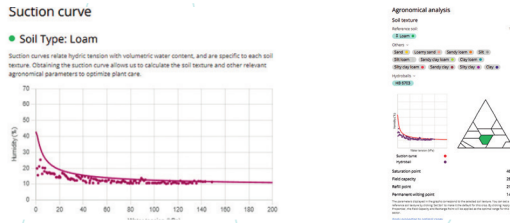
Die Bodenarten besitzen unterschiedliche Wasserspeichervermögen. Entscheidend sind Größe der Partikel und Poren**. Bei gleichem VWC ist Wasser für Pflanzen in sandigen oder schluffigen Böden besser verfügbar als in Tonböden. Anders gesagt: Bei gleichem VWC ist die Wasserspannung in Sandböden niedriger als in Tonböden.



Gerade über diese Beziehung zwischen VWC und Wasserspannung, die je nach Textur variiert, wird die Bodentextur charakterisiert. Trägt man die Wertepaare in ein Diagramm ein, entsteht die „Bodenwasserkennlinie“***. Jede der 12 Bodenarten besitzt eine charakteristische, standardisierte Kennlinie***.



Da **HYDROBALL®** VWC und Wasserspannung in Echtzeit als Wertepaare erfasst, kann das System (**DENODL®App**) die **Bodenwasserkennlinie** dynamisch aufbauen. Anschließend vergleicht es die ermittelte Kurve mit standardisierten Kurven und leitet daraus die Bodentextur ab (siehe Abbildung).



Der Wert der Bodentextur wird in der **DENODL®App** angezeigt und auch für agronomische Analysen genutzt.

* Die Bodenart wird nach den Anteilen von Sand, Schluff und Ton bestimmt. Ein ausgewogener Boden mit etwa 33 % je Komponente heißt „Lehm“; die Texturpyramide zeigt die 12 Arten.
** Sandige Böden haben größere Partikel und Poren: Wasser fließt schneller ab, ist leichter pflanzenverfügbar, geht aber auch leichter durch Perkolation verloren. In Tonböden halten Kapillar- und Oberflächenkräfte das Wasser stärker fest.
*** Üblicherweise zeigt die vertikale Achse den VWC und die horizontale Achse die Wasserspannung.
**** Konkret unter Verwendung des van-Genuchten-Modells.

GRUNDLAGEN FÜR EINSPARUNG UND EFFIZIENZ

Im Boden gibt es charakteristische Punkte, die bestimmten VWC-Werten entsprechen und von der Bodentextur abhängen. Ihre Kenntnis hilft, Kulturen auf einem optimalen Feuchteniveau zu halten.

Sättigungspunkt:

Maximale Wassermenge, die der Boden in seinen Poren halten kann; etwa 50 % VWC. Oberhalb davon wird Wasser nicht aufgenommen, sondern durch Perkolation oder Oberflächenabfluss verloren*. Eine Bodenfeuchte nahe der Sättigung kann die Produktivität verringern, unter anderem wegen schlechter Sauerstoffversorgung der Wurzeln.

Feldkapazität (FC):

Der VWC, den der Boden nach dem schwerkraftbedingten Abfluss von Überschusswasser natürlich halten kann. FC hängt von der Bodentextur ab. Bei Sandböden liegt sie z. B. bei etwa 10 % VWC, bei Tonböden bei rund 40 % VWC**.

Bewässerung oberhalb FC geht verloren und ist meist Überschusswasser. Sie nutzt der Pflanze nicht und ist unnötig.

Nachfüllpunkt (RP):

VWC-Grenze, unterhalb derer die Wasseraufnahme für die Pflanze „schwierig“ wird. Es entsteht noch kein Schaden, aber die Effizienz sinkt. Wie FC hängt RP von der Bodentextur ab. Die Bodenfeuchte sollte oberhalb RP bleiben. Der optimale VWC-Bereich liegt damit genau zwischen FC und RP.

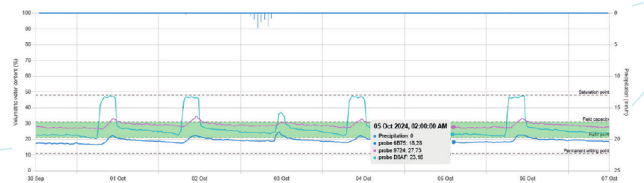
Permanenter Welkepunkt (PWP):

VWC-Grenze, unterhalb derer die Pflanze irreversibel geschädigt wird oder abstirbt. Der VWC ist dann so niedrig, dass die Pflanze kein Wasser mehr entziehen kann. PWP muss immer vermieden werden, da sonst schwere Ertragsverluste oder der Totalausfall drohen. Auch PWP hängt von der Bodentextur ab: bei Sandböden etwa 5 % VWC, bei Tonböden ungefähr 30 % VWC.

Die Kenntnis der Bodentextur ist daher für das Bewässerungsmanagement unerlässlich: Sie macht charakteristische Bodenpunkte erkennbar und ermöglicht, Kulturen im Allgemeinen innerhalb optimaler VWC-Bereiche zu halten – unterhalb FC und oberhalb RP, ohne Sättigung oder PWP.

Erfahrungen zeigen, dass in der Landwirtschaft häufig über FC und damit zu viel bewässert wird. Kulturen im optimalen Bereich zu halten spart Wasser und steigert Ertrag und Produktivität*.

Die Oberfläche der **DENODL®App** zeigt den optimalen Wertebereich und nutzt ihn unter anderem zur Automatisierung von Warnmeldungen. Außerdem fließt er in die automatisierte agronomische Analyse (IA) ein.

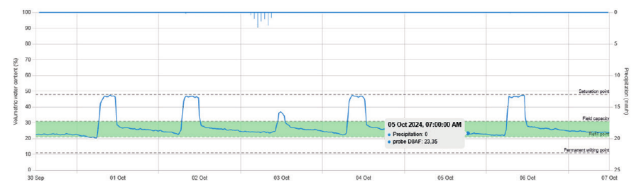


* Gegenüber einer Kultur außerhalb dieses optimalen VWC-Bereichs – bei sonst gleichen Bedingungen; zahlreiche weitere Variablen beeinflussen die Produktivität.

AGRONOMISCHE ANALYSE

Mit diesen Grundlagen lässt sich anhand der von **HYDROBALL®** aufgezeichneten Diagramme und Daten eine **agronomische Analyse** durchführen.

Betrachten wir das folgende Diagramm (realer Fall):



Zunächst sind Phasen mit gesättigtem Boden zu erkennen: Der VWC bleibt stabil bei etwa 50 %*.

Nach Ende der Bewässerung fließt Überschusswasser durch die Schwerkraft ab. Im Diagramm zeigt sich das als steiler Abfall. Der Wendepunkt markiert das Erreichen von FC**.

Ab dann entspricht die Abnahme des VWC im Wesentlichen der Evapotranspiration*** und damit dem Wasserbedarf der Pflanze.

Kennt man den VWC-Verlust pro Zeiteinheit und berücksichtigt Wetter, Prognosen sowie Art und Zustand der Kultur, lassen sich über präskriptive Berichte einfache und präzise Bewässerungsempfehlungen geben.

* Perkolation: Wasserverlust in den Unterboden. Oberflächenabfluss: Wasser, das nicht eindringt und oberirdisch abfließt.
** Die Bodentextur bestimmt das Wasserspeichervermögen. Tonböden halten mehr Wasser als Sandböden; deshalb ist ihr VWC bei FC höher. Bei Sand läuft Wasser in der Hand leicht ab, bei einem Stück Ton nicht.

* Oberhalb der Sättigung steigt VWC nicht weiter; zusätzliches Bewässerungswasser geht verloren und sollte vermieden werden.

** Auch Wasser oberhalb FC ist Überschuss. Der Wendepunkt zeigt FC, weil der Boden nicht mehr durch Schwerkraft entwässert. FC ist das nach dem Abfluss natürlich gehaltene Wasser.

*** Summe aus direkter Verdunstung aus dem Boden und Transpiration der Pflanzen. Diese Wassermenge muss ersetzt werden, um optimale Bedingungen zu halten.