

Wenn jeder Tropfen zählt

Ergänzung zum Schwerpunkt-Thema «Bewässerung» Mai 2025

Ruedi Hunger, Redaktor, Landtechnik Schweiz

Rund um das künstliche Bewässern von landwirtschaftlichen Kulturen gibt es zahlreiche wichtige Grundbegriffe. «Adsorptionswasser, Bewässerungsbedürfnis, Bewässerungsbedarf, Gravitationswasser, Wasserinfiltrationsrate, nutzbare Feldkapazität, Referenzverdunstung» – um nur einige zu nennen. Angesichts der knapper werdenden Wasserreserven steigen die Anforderungen an ein optimales Bewässerungsmanagement. Im Umgang mit Bewässerungswasser bekommen die einzelnen Begriffe einen wichtigeren Stellenwert.

Grundbegriffe Bewässerung

	Bewässerungsbedürftigkeit	Ein Bewässerungsbedürfnis ist gegeben, wenn Ertrags- und Qualitätsverluste aufgrund von Trockenheit durch Bewässerung vermieden werden kann.
	Bewässerungswürdigkeit	Eine Bewässerungswürdigkeit besteht nur, wenn bewässerungsbedingte Mehrkosten durch Mehrerlös gedeckt werden.
	Bewässerungsbedarf	Begriff für die benötigte Wassermenge zur Deckung eines Defizites.
	Wasserverbrauch	Umfasst die benötigte Wassermenge plus die auftretenden Verluste.
	Wasserknappheit	Von Wasserknappheit wird gesprochen, wenn die nutzbare verfügbare Menge kleiner ist als der Verbrauch.

Niederschlag (Regen) und Bodenwasser

	Nieder-schlag (Regen)	Niederschlag, der auf die Bodenoberfläche trifft, läuft entweder oberflächlich ab oder dringt in den Boden ein.
	Sicker-wasser	Als Sickerwasser wird, das sich im Boden abwärts zum Grundwasser bewegende Wasser bezeichnet.
	Gravitati-onswasser	Als Gravitationswasser wird jenes Wasser bezeichnet, das aus der Wurzelzone versickert, wenn es nicht durch irgendwelche Sperrschichten daran gehindert wird.
	Haftwasser	Haftwasser ist jener Wasseranteil, der im Boden entgegen der Schwerkraft gehalten wird.
	Kapillar-wasser	Haupt-Wasseranteil der pflanzenverfügbar zur Verfügung steht.
	Adsorpti-onswasser	Haftwasserteil der als dünner Film an der Oberfläche der Bodenteilchen anlagert und als Folge der starken Bindung von den Pflanzenwurzeln normalerweise nicht genutzt werden kann.

Wasserverdunstung

	Verdunstung	Vorgang bei dem Wasser vom flüssigen / festen Zustand in den gasförmigen (Wasserdampf) übergeht.
	Verdunstungsrate	Wassermenge die von einer bestimmten Oberfläche pro Zeiteinheit verdunstet.
	Evaporation	Verdunstung von der unbewachsenen Erdoberfläche, von auf Pflanzenoberflächen zurückgehaltenem Niederschlag und von freien Wasserflächen. Evaporation ist die unproduktivste Form des Verlustes.
	Referenzverdunstung (ET_o).	Mass für die Verdunstung eines idealisierten Grasbestandes ohne Wasserlimitierung.
	Potenzielle Verdunstung (PET oder ETP).	Mögliche Verdunstungsrate einer Kultur, die aufgrund der meteorologischen Bedingungen, unabhängig von der Wassermenge, den Pflanzen tatsächlich zur Verfügung steht.
	Tatsächliche Verdunstung (ET oder Eta).	Verdunstung die den real vorhandenen Wassergehalt des Bodens miteinbezieht (Summe von Evaporation und Transpiration).
	Transpiration	Verdunstung von Oberflächen lebender Organismen. Transpiration ist ein natürlicher Vorgang, der für das Pflanzenwachstum erforderlich ist.
	Potentielle Verdunstung	Verdunstung von Oberflächen bei gegebenen klimatischen Bedingungen und unbegrenzt verfügbarem Wasser.
	Reale Verdunstung	Verdunstung von Oberflächen bei gegebenen klimatischen Bedingungen und tatsächlichem Wasservorrat im Boden.

Evaporation / Evapotranspiration

Die Evapotranspiration einer Pflanzen/Bodeneinheit beinhaltet die Evaporation der Bodenoberfläche und die Transpiration über die Pflanzenblätter. Wenn die Bodenoberfläche durch den Pflanzenbestand vollständig bedeckt ist, erfolgt die gesamte Evapotranspiration durch die Pflanzen. Können in diesem Zustand die (Pflanzen)Wurzeln genügend Wasser aufnehmen, wird der in Dampfform ablaufende Austauschprozess einzig durch die Klimafaktoren bedingt. Dieses Mass des Wasserverbrauchs wird als «potentielle» Evapotranspiration bezeichnet und ist eine Funktion der zur Verdampfung des Wassers vorhandenen Energie, dies in Verbindung mit der Abfuhr des Dampfes von der Blattoberfläche.

Nutzbare Feldkapazität (nFK%)

	>100%	Übersorgung mit Wasser führt zu Sauerstoffmangel im Boden
	80 – 100%	Beginn Übersorgung
	50 – 80%	Optimales Wasserangebot
	30 – 50%	Noch ausreichende Wasserversorgung
	<30%	Pflanzen stehen unter Wasserstress, Ertragseinbussen möglich
	Wurzeltiefe	Das Bodenvolumen, welches die Pflanzen erschliessen können, ist abhängig von Kultur, Boden und Bewirtschaftung, unterschiedlich gross und hängt von der Wurzeltiefe ab.
Einfluss der Wurzeltiefe	Die Bandbreite innerhalb der die Pflanzen, verfügbares Wasser nutzen können, wird einerseits durch die Feldkapazität (FK) und andererseits durch den permanenten Welkepunkt begrenzt. Das Wasser stammt aus dem pflanzenverfügbaren Bodenvorrat.	
Wasseraufnahme	Wasser kann von den Wurzeln aufgenommen werden, wenn das Potential in der Pflanze niedriger ist als in der die Wurzeln umgebenden Bodenlösung.	

Nutzbare Feldkapazität (nFK)

Die Feldkapazität ist die Menge Wasser, die in einem Boden, entgegen der Schwerkraft gespeichert werden kann. Ein Vol.% entspricht 1 mm Wasser in 10 cm Boden. Pflanzen können aufgrund wachsender Saugspannung nur den nutzbaren Feldkapazitätsbereich (nFK) für sich nutzen.


Die nutzbare Feldkapazität nFK ist einer der wichtigsten Begriffe für die Praxis. Sie ist das Mass für das maximal pflanzenverfügbare Bodenwasser. Die nFK eines Anbausystems ergibt sich aus der nFK des zugrundeliegenden Bodens in Vol.-% multipliziert mit der effektiven Wurzeltiefe der betrachteten Kulturart.

Saugspannung

Die Saugspannung entspricht der Kraft, welche die Pflanzenwurzel aufbringen muss, um dem Boden Wasser zu entziehen. Bei Ackerkulturen liegt eine gute Wasserversorgung im Hauptwurzelbereich dann vor, wenn die Saugspannung ungefähr zwischen 150 und 350 hPa liegt. Bei grosser Trockenheit liegt die Saugspannung bei mehr als 600 hPa. Ab dem Welkepunkt (bei ca. 15'000 hPa oder 15 bar) ist keine Wasseraufnahme mehr möglich.

Grasreferenzverdunstung und kc-Wert

Der «Wasseranspruch» wird auf der Basis der Grasreferenz-Verdunstung berechnet. Die Referenzvegetation ist ein kurzer dichter Grasbestand mit 12 cm Wuchshöhe und guter Wasserversorgung. Dabei berechnet das Verfahren aus verschiedenen Wetterdaten (Temperatur, relative Feuchte, Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung) eine für die Kulturart «Gras» spezifische Referenzverdunstung.


	Gras-Referenzverdunstung	Die Grasreferenzverdunstung beschreibt damit die potentielle Evapotranspiration. Die reale Evapotranspiration optimal versorgter Pflanzenbestände lässt sich vom sogenannten «kc-Wert» (Pflanzenkoeffizient) ableiten
	kc-Wert	Der kc-Wert ist ein Faktor, der verwendet wird, um den Wasserbedarf einer Kulturpflanze zu ermitteln. Er stellt das Verhältnis der Evapotranspiration der Kulturpflanze zur Evapotranspiration einer Referenzpflanze (z.B. Gras) dar.

Bewässerungszeitpunkt

Immer wieder stellt sich die Frage nach dem Bewässerungsbeginn. Je nach Trockenheitsempfindlichkeit der Kultur und dem Entwicklungsstadium sollte mit dem Bewässern zwischen 300 und 500 hPa begonnen werden. Bei Kartoffeln beispielsweise ab etwa 350 hPa im Damm. Eine Saugspannung von 350 hPa entspricht etwa einer Bodenfeuchte von rund 50% nFK und 500 hPa in Sandböden entsprechen 35% nFK.

	Ab wann bewässern?	Der Entscheid, wann bewässert werden soll, hängt von der Feldkapazität (FK in Vol.%) ab.
	Aneignungsvermögen	Mit zunehmender Austrocknung steigen die Saugkräfte sehr stark an, welche das restliche pflanzenverfügbare Wasser im Boden binden. Um dieses Wasser anzueignen, müssen die Pflanzen diese Kräfte mit viel Energie überwinden.
	Bewässerungszeitpunkt	Je trockener die Böden sind, desto dringender ist die Bewässerung. Theoretisch muss ein Pflanzenbestand erst wieder bewässert werden, kurz bevor der permanente Welkepunkt eintritt.
	Dringlichkeit der Bewässerung	Ein objektives Mass für die Dringlichkeit der Bewässerung ist die Bodenfeuchte in Prozent der nutzbaren Feldkapazität nFK. Die besten Entwicklungsbedingungen liegen bei 60 bis 80% der Feldkapazität (nFK%) vor.
	Bewässerungszyklus	In der Regel wird der Bewässerungszyklus basiert auf Sensorwerten wiederholt. Wo dies nicht der Fall ist, kann der Turnus auf der Basis einer 50%ig nFK berechnet werden.

Übersorgung mit Wasser

	Wasser-Infiltration	Als Wasser-Infiltration wird das Wasservolumen bezeichnet, das pro Zeit- und Flächeneinheit in den Boden eindringt (mm/h). Während des Bewässern wird die Infiltration (-rate) durch den Wassergehalt im Boden beeinflusst.
	Infiltrationsrate	Die Infiltrationsrate wird durch einen anstehenden Grundwasserspiegel oder durch Bodenverdichtungen gesenkt.
	Speicherfähigkeit	Der Schlüssel zu einer hohen Wasserspeicherfähigkeit des Bodens ist ein intaktes Bodengefüge. Verdichtungen wirken sich negativ auf die Porengröße und Porenverteilung im Boden aus. Durch die Veränderung des Porenvolumens ist die Infiltrationsleistung des Bodens gestört.

Pflanzenspezifische Begriffe

	Blattflächen-Index (Leaf Area Index LAI)	Der Blattflächen-Index zeigt das Verhältnis der Blattoberfläche zur Bodenfläche. Daraus können Rückschlüsse gezogen werden auf fotosynthetische Aktivitäten und damit auf die Produktivität der Vegetation.
	LAI - Einflussfaktoren	Der LAI wird massgeblich von ertragsreduzierenden Faktoren wie Pflanzenkrankheiten und Bewirtschaftungsfehler beeinflusst. Die LAI-Werte spiegeln die räumlichen Unterschiede innerhalb eines Ackers wider.
	LAI-Werte	Das Verhältnis zwischen Blattfläche/Bodenfläche im Feld lässt sich bestenfalls schätzen und mit einer voll bedeckten Fläche vergleichen. Die Flächenwirksamkeit wird vom durch den Pflanzenbestand wehenden Wind beeinflusst und beträgt nur etwa 60 bis 70% einer vollen Bedeckung.

Energiebilanz

	Wasserverbrauch	Der Wasserverbrauch einer Pflanze entsteht durch Verdunstung.
	Verdunstung	Die Verdunstung von einer feuchten Oberfläche beruht auf der Energie, die durch die Sonneneinstrahlung geliefert wird. Herrscht in der Pflanzenumgebung ein «gesättigtes System», stehen Verdunstung und Kondensation in einem Gleichgewicht. Eine zusätzliche Verdunstung wird unter diesen Bedingungen erst durch eine dampfabführende Luftbewegung über der Oberfläche ermöglicht.
	Windeinfluss	Die Verdunstung hängt also davon ab, inwieweit der sich an der verdunstenden Oberfläche bildende Wasserdampf abgeführt werden kann.
	Einfluss Pflanzenbestand	Sehr junge Pflanzen mit wenig verdunstender Blattoberfläche benötigt weniger Wasser als Pflanzen kurz vor der Blüte.
	Junger Pflanzenbestand	Auf der anderen Seite ist bei einem noch jungen Pflanzenbestand eine grössere Bodenoberfläche unbedeckt. Was zur Folge hat, dass bei einer nassen Bodenoberfläche die Verdunstung beträchtlich ansteigen kann.
	Abtrocknende Oberfläche	Mit dem Abtrocknen der Oberfläche sinkt die Verdunstung vom Boden gegen Null, dadurch wird die Oberfläche, welche zur Abgabe von Wasser an die Atmosphäre befähigt ist, reduziert.

Der tägliche Wasserverbrauch eines Pflanzenbestandes kann wie folgt berechnet werden:

$$\text{Wasserverbrauch [mm/Tag]} = \text{Wasseranspruch [mm/Tag]} \times \text{Aneignungsvermögen [\%]}$$