

Boden und Verteiltechnik bezogene Kennzahlen



www.alb-bayern.de/bef3

Bewässerungsforum Bayern, Verfasser:

Dr. Martin Müller
ALB Bayern e.V.

Florian Ebertseder
Bayerische Landesanstalt
für Landwirtschaft

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Bewässerungs-App: Web-Entscheidungssystem für eine bedarfsgerechte Bewässerung	4
2.	Wasserspeichereigenschaften von Sand-, Lehm- und Ton-Böden	4
3.	Wassereintrag in Böden durch natürliche Niederschläge, Beregnung und Tropfbewässerung	7
4.	Bemessung der Höhe einzelner Zusatzwassergaben	9
5.	Zusammenfassung und Ausblick	11
6.	Literatur	11

1. Bewässerungs-App: Web-Entscheidungssystem für eine bedarfsgerechte Bewässerung

Die Bewässerungs-App ist ein webbasiertes Entscheidungssystem und Werkzeug zur Planung, Berechnung und Dokumentation von Bewässerungsmaßnahmen. Die Anwendung ist kostenlos unter www.alb-bayern.de/app für jeden frei zugänglich. Mit der Anwendung lässt sich:

- ▶ der Wasservorrat in Böden kalkulieren,
- ▶ der Wasserverbrauch von Freilandkulturen ermitteln und
- ▶ angepasst an den Bedarf der Kulturen und unter Berücksichtigung der verfügbaren Ressourcen gezielt bewässern.

Die Bewässerungs-App ist fachlich an das Bewässerungsforum Bayern (BeF) angegliedert. Über die Weiterentwicklung mit neuen Systemkomponenten und der Festlegung konkreter Kennzahlen bezüglich Kulturart, Bodenart, Verteiltechnik u.a. entscheidet ein Expertengremium bestehend aus Fachleuten mit verschiedenen Tätigkeitsschwerpunkten und Zuständigkeiten.

2. Wasserspeichereigenschaften von Sand-, Lehm- und Ton-Böden

Rahmenbedingungen

Pflanzenbestände verbrauchen Wasser durch Verdunstung. Das Wasser stammt aus Niederschlägen und dem pflanzenverfügbaren Bodenvorrat. Klimamodellen zu Folge werden Wetterextreme mit langen Trockenperioden und intensiven Hitzewellen in Zukunft häufiger auftreten. Die Niederschlagsverteilung wird sich hin zu Winterniederschlägen mit vermehrter Frühsommertrockenheit verschieben. Je ungleichmäßiger die Verteilung der Niederschläge sich entwickelt, desto mehr erlangen die Wasserspeichereigenschaften von Böden an Bedeutung.

Der Wasserverbrauch ist von Kultur zu Kultur unterschiedlich und sollte bei der Auswahl geeigneter Anbausysteme mit einbezogen werden. Unter gut entwickelten Zwischenfrüchten können Böden im Winter Starkregen aufnehmen und einem unproduktivem Wasserablauf entgegenwirken. Erst wenn das natürliche Wasserangebot trotz Umsetzung ackerbaulicher Maßnahmen nicht ausreicht, ist Bewässerung erforderlich.

Allerdings rechnet sich im Ackerbau und auf Wiesen und Weiden Bewässerung meistens nicht. Zudem steht in Regionen mit wenig Nie-

derschlägen häufig kein ausreichendes Wasserangebot für alle Kulturen und Flächen zur Verfügung. Dies erfordert von den Beteiligten in Forschung, Beratung, Verwaltung sowie Landwirtschaft, Garten- und Weinbau ein transparentes und nachhaltiges Wassermanagement.

Bodensaugspannung

Die Pflanzenverfügbarkeit des Bodenwassers hängt vor allem von der Höhe der Saugspannung ab, mit der es in den Bodenporen festgehalten wird. Je kleiner die Poren sind, desto größer ist die Saugspannung.

Grobporen (> 0,01 mm Durchmesser) sind in der Regel mit Luft gefüllt. In ihnen ist die Saugspannung zu gering, um das Bodenwasser gegen die Schwerkraft zu halten. Bei Wassereintrag durch Niederschläge oder Bewässerungsgaben sickert das Wasser entlang der Grobporen, vor allem entlang der weiten Grobporen (und Makroporen) in die Tiefe. Allerdings sickert das Wasser in den engen Grobporen (0,01 – 0,05 mm) nur langsam, sodass es trotzdem verfügbar ist und über die Pflanzenwurzeln aufgenommen wird.

In Mittelporen (0,0002 bis 0,01 mm) wird das Bodenwasser gegen die Schwerkraft festgehalten, wobei die Pflanzen die auf das Wasser wir-

kende Saugspannung überwinden können. Alles Wasser in Mittelporen ist pflanzenverfügbar. In Feinporen (< 0,0002 mm) gebundenes Bodenwasser ist für die Pflanzen hingegen nicht verfügbar, weil die Saugspannung, mit der es an die Bodensubstanz gebunden ist, so hoch ist, dass diese von den Pflanzen nicht überwunden werden kann. Wasser in den Feinporen wird „Totwasser“ bezeichnet.

Nutzbare Feldkapazität nFK

Bei ergiebigen Niederschlägen sind alle Poren des Wurzelraums ab einem bestimmten Zeitpunkt mit Wasser gesättigt und der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher ist vollständig gefüllt. In natürlich gelagerten Böden ist die nutzbare Feldkapazität nFK das Maß für das maximal pflanzenverfügbar speicherbare Bodenwasser.

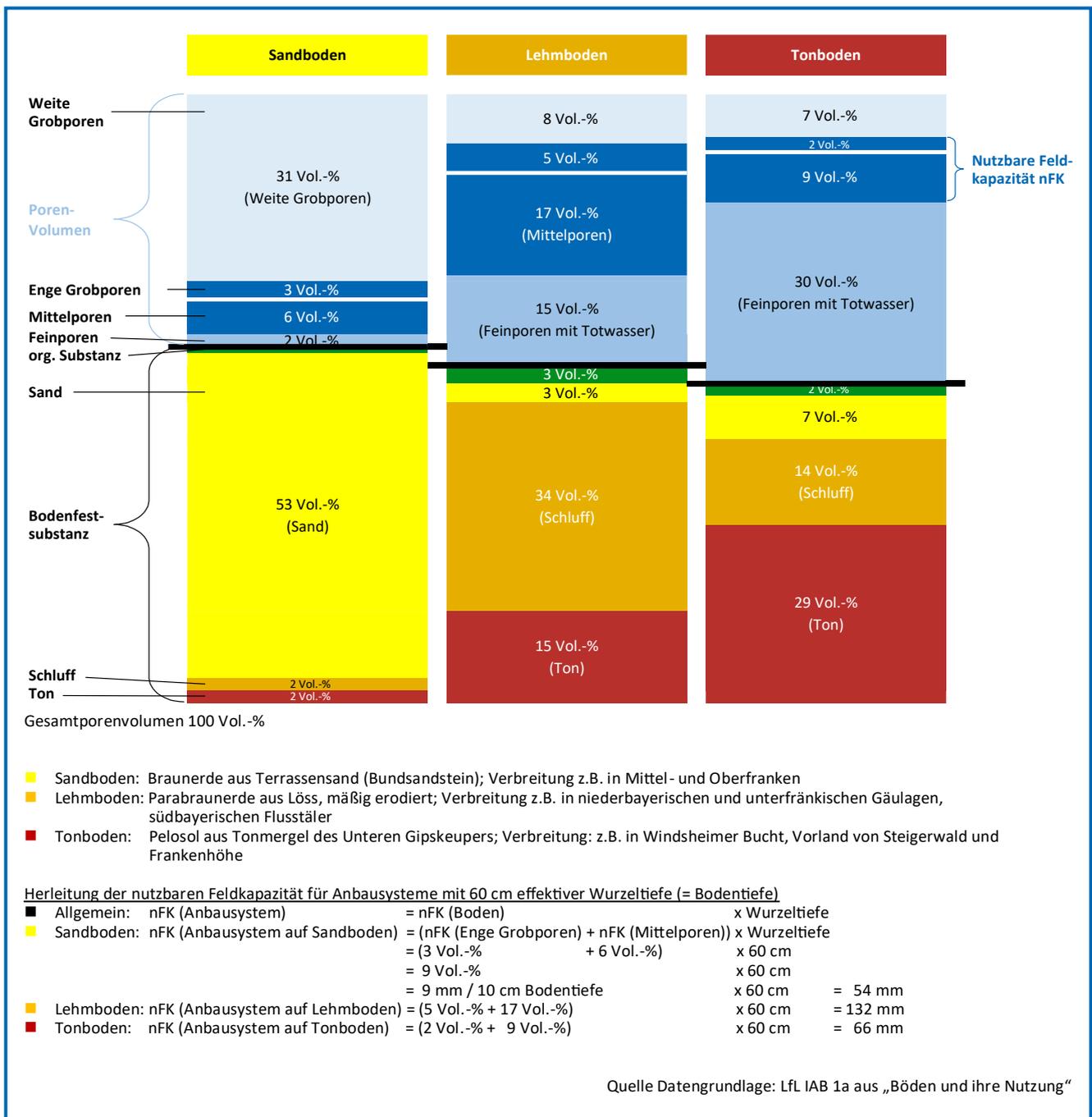


Abb. 1: Anteilige Bestandteile des Bodenraums am Beispiel eines typischen Sand-, Lehm- und Ton-Bodens und Herleitung der jeweiligen nutzbaren Feldkapazität von Anbausystemen mit 60 cm Durchwurzelungstiefe

Die Bodenart und damit die Korngrößenverteilung haben Einfluss auf die nutzbare Feldkapazität. Je leichter die Böden sind, desto geringer ist das anteilige Gesamt-Porenvolumen. In Sandböden dominieren weite Grobporen, in Lehm Böden treten Grob-, Mittel- und Feinporen zu etwa gleichen Volumenteilen auf und in Tonböden dominieren Feinporen.

Die Bewässerungs-App ermöglicht die Einstufung landwirtschaftlich genutzte Flächen in eine von neun Bodenarten. Die dem Modell hinterlegten nutzbaren Feldkapazitäten verschiedener Bodenarten sind in Tabelle 1 gelistet.

Tabelle. 1: Einstufung verschiedener Bodenarten in Hinblick auf ihre nutzbare Feldkapazität nFK in Vol.-% gemäß Bewässerungs-App

Bodenart	nFK / Vol.-%
leicht, Sand (S)	9
leicht, schwach lehmiger Sand (IS)	13
mittel, stark lehmiger Sand (IIS)	16
mittel, sandiger Lehm (sL)	19
mittel, schluffiger Lehm (uL)	22
schwer, toniger Lehm (tL)	17
schwer, lehmiger Ton (IT)	14
schwer, Ton (T)	10
organisch, Moor (M)	30

Es handelt sich um gängige Durchschnittswerte. Zusätzlich zur Bodenart wird die nFK außerdem von der jeweiligen Lagerungsdichte und dem Gehalt an organischer Bodensubstanz des Bodens beeinflusst. Organische Substanz erhöht den Mittelporenanteil und damit die nFK in erheblichem Maße. Reine organische Böden haben ausschließlich Mittelporen und können das Drei- bis Fünffache ihres Eigengewichtes pflanzenverfügbar an Wasser speichern. Gelingt es in Böden organische Substanz anzureichern, erhöht das die nFK. Schadverdichtungen und Einwaschungsverdichtungen reduzieren die Grob- und Mittelporen und führen neben einer schlechteren Bodendurchlüftung, einer schlechteren Durchwurzelbarkeit und einer schlechteren vertikalen Wasserführung (Gefahr der Staunässebildung) ebenso zu einer Verminderung der nFK.

Eine nutzbare Feldkapazität von z.B. 16 Vol.-% bei der Bodenart „stark lehmiger Sand (IIS)“ bedeuten z.B., dass dieser Boden je 10 cm Mächtigkeit 16 mm Wasser (= 16 Liter Wasser je Quadratmeter bzw. 16 Kubikmeter Wasser je Hektar) pflanzenverfügbar zwischenspeichern kann.

Berechnung der nutzbaren Feldkapazität nFK eines Anbausystems

Die nFK eines Anbausystems ergibt sich aus der nFK des zugrunde liegenden Bodens multipliziert mit der effektiven Wurzeltiefe der betrachteten Kulturart:

$$\text{nFK(Anbausystem)} = \text{nFK(Boden)} \times \text{Wurzeltiefe}$$

Beispiel - Kartoffeln zur Blüte mit 60 cm Wurzeltiefe auf stark lehmigem Sand:

$$\begin{aligned} \text{nFK(Anbausystem)} &= 16 \text{ Vol.-%} \times 60 \text{ cm} \\ \text{nFK(Anbausystem)} &= 16 \text{ mm} / 10 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \\ \text{nFK(Kartoffel zur Blüte, IIS)} &= \underline{96 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Nutzer der Bewässerungs-App haben die Möglichkeit, den „Oberboden“ (Bodenart bis 30 cm) und den „Unterboden“ (Bodenart ab 30 cm) getrennt zu charakterisieren. Außerdem lassen sich die in der Tabelle beschriebenen Standard-nFKs, sofern bekannt, dem Einzelfall entsprechend anpassen (nFK Oberboden optional, nFK Unterboden optional).

Durchwurzelbarkeit des Bodens

Die Durchwurzelbarkeit des Bodens bestimmt den potentiellen Wurzelraum und ist damit ebenfalls von Bedeutung für die Menge an pflanzenverfügbarem Bodenwasser, gleichermaßen wie die kulturartspezifische Durchwurzelungstiefe. Auf Problemstandorten begrenzen möglicherweise wurzelundurchlässige Zonen das Wurzeltiefenwachstum, etwa aufgrund von Unterbodenverdichtungen. Einschränkungen, die auf eine ungünstige Struktur des Unterbodens oder einer speziellen Entstehungsgeschichte des Bodens mit flachgründigem durchwurzelbarem Horizont zurückzuführen sind, können bei den Modellberechnungen durch die Festlegung der „Durchwurzelbarkeit des Bodens“ berücksichtigt werden.

3. Wassereintrag in Böden durch natürliche Niederschläge, Beregnung und Tropfbewässerung

Durch natürliche Niederschläge und Beregnungsmaßnahmen werden Böden flächig durchfeuchtet. Hierbei erfolgt eine Durchnässung der Böden von oben nach unten.

Erst nachdem im oberen Bereich eine Wasserübersättigung erreicht ist, dringt das Wasser in die nächsttiefere Bodenzone vor. Die Tiefenwirkung hängt maßgeblich von der Höhe des Niederschlags bzw. der Höhe der Beregnungsgabe ab.

Es steht der gesamte durchwurzelte Bodenbereich als pflanzenverfügbare Wasserspeicher zur Verfügung.



Bild 1: Lediglich oberflächennahe Durchfeuchtungswirkung bei ausgetrocknetem, leicht tonigem Sandboden (nFK = 10 Vol.-%) in Folge von 10 mm natürlichem Niederschlag; Dunkelfärbung des Bodens kennzeichnend für Eindringtiefe des Niederschlags

Infiltration bezeichnet das Eindringen von Wasser in Böden. Tendenziell ist das Infiltrationsvermögen umso größer, je grobkörniger (sandiger) und humusreicher die Böden sind, und umso kleiner, je dichter und feuchter sie sind.

Die Anfangs-Infiltrationskapazität ist bei einem trocknen Boden durch die hohe Saugspannung an der Oberfläche hoch. Mit zunehmender

Sättigung nimmt die Infiltrationsleistung schnell ab, weil kaum noch Feuchtigkeits- und damit Saugspannungsunterschiede auftreten, welche für die Wasserbewegung in Böden eine der maßgeblichen Kräfte darstellen. Die Infiltrationskapazität nimmt dadurch schnell ab, meist schon innerhalb von 2 Stunden bis zu einem konstanten Wert, der an die gesättigte Durchlässigkeit herankommt (durch Luftblaseneinschlüsse während der Infiltration wird die maximale Sättigung nicht völlig erreicht).

Bodenverdichtungen durch Fahrzeugspuren oder Begehungen und das Einschwemmen feiner Bodenteile in Poren (Verschlämmung) verringern die Infiltrationskapazität, Risse im Boden (Makroporen) erhöhen diese. Die genannten Faktoren können auch zu Verkrustung führen. (Schmidt 1996)

Ebenso haben Vegetation und Bodenbearbeitung eine Auswirkung. Förderlich für die Infiltration ist ein gewachsener Boden mit einer hohen biologischen Aktivität, wenn mit Unterstützung von Regenwürmern strukturstabilisierende Ton-Humus-Komplexe (Regenwurm Kotkrümel) gebildet werden und vertikale wasserleitende Röhren (Regenwurmgänge) vorhanden sind. Schmidt 1996 beschreibt für diese und weitere Parameter modellierte Infiltrationskurven, die je nach Ausprägung der jeweiligen Parameter (organische Substanz, Bodenart, Lagerungsdichte, Anfangswassergehalt) unterschiedliche Werte ergeben.

Nur wenn die Intensität der Niederschläge oder Beregnungsgaben das Infiltrationsvermögen des jeweiligen Bodens nicht übersteigt, ist dieser in der Lage das zugeführte Wasser vollständig aufzunehmen. Anderenfalls kommt es zu Oberflächenverschlammung und Abfluss.

Da die Infiltrationsleistung der Böden, wie gezeigt, nicht ausschließlich auf die Bodenart zurückzuführen ist, können basierend auf unterschiedlichen wissenschaftlichen Arbeiten nur Spannweiten für die Infiltrationsraten der einzelnen Bodenarten angegeben werden

Tabelle. 2: Infiltrationsleistung (Spannweiten) feuchter nicht wassergesättigter Böden (Bouwer 1986, ILRI 1974, Ward & Robinson 1990)

Bodenart	Konstante Infiltrationsrate / mm/Std.
Sand	>30
Sandiger Lehm	20 - 30
Lehm	10 - 20
Tonartiger Lehm	5 - 10
Ton	1 - 5

Um beim Bewässern ausreichend Tiefenwirkung zu haben, ist es notwendig, angemessen große Einzelgaben zu verabreichen. Nur eine dauerhaft ausreichende Bodenfeuchte in tieferen Bereichen gewährleistet ein leistungsfähiges Wurzelsystem, dass über die Wasseraufnahme in der Lage ist, in tieferen Bodenzonen vorhandene Nährstoffe über die Wurzeln mit aufzunehmen.

Bei Tropfbewässerung wirkt auf das aus Tropfern abgegebene Wasser die Schwerkraft, die es in die Tiefe sickern lässt. Es werden nur die Bereiche unter diesen Tropfstellen durchfeuchtet. Mit zunehmender Schwere der Böden nehmen seitlich wirkende Saugkräfte zu, sodass das Wasser sich zunehmend auf horizontaler Ebene ausbreitet: Die Durchfeuchtungszone wird breiter und es können Schläuche mit größeren Tropferabständen zum Einsatz kommen - das senkt die Kosten für der Tropfschläuche.

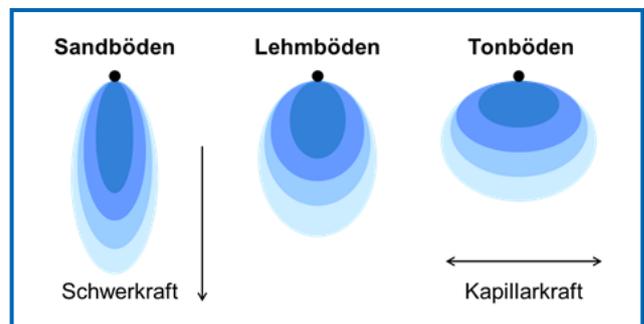


Abb. 2: Horizontale Ausbreitung der Durchfeuchtungszone unter Tropfstellen, ansteigend mit zunehmendem Tongehalt bzw. Feinporanteil des Bodens

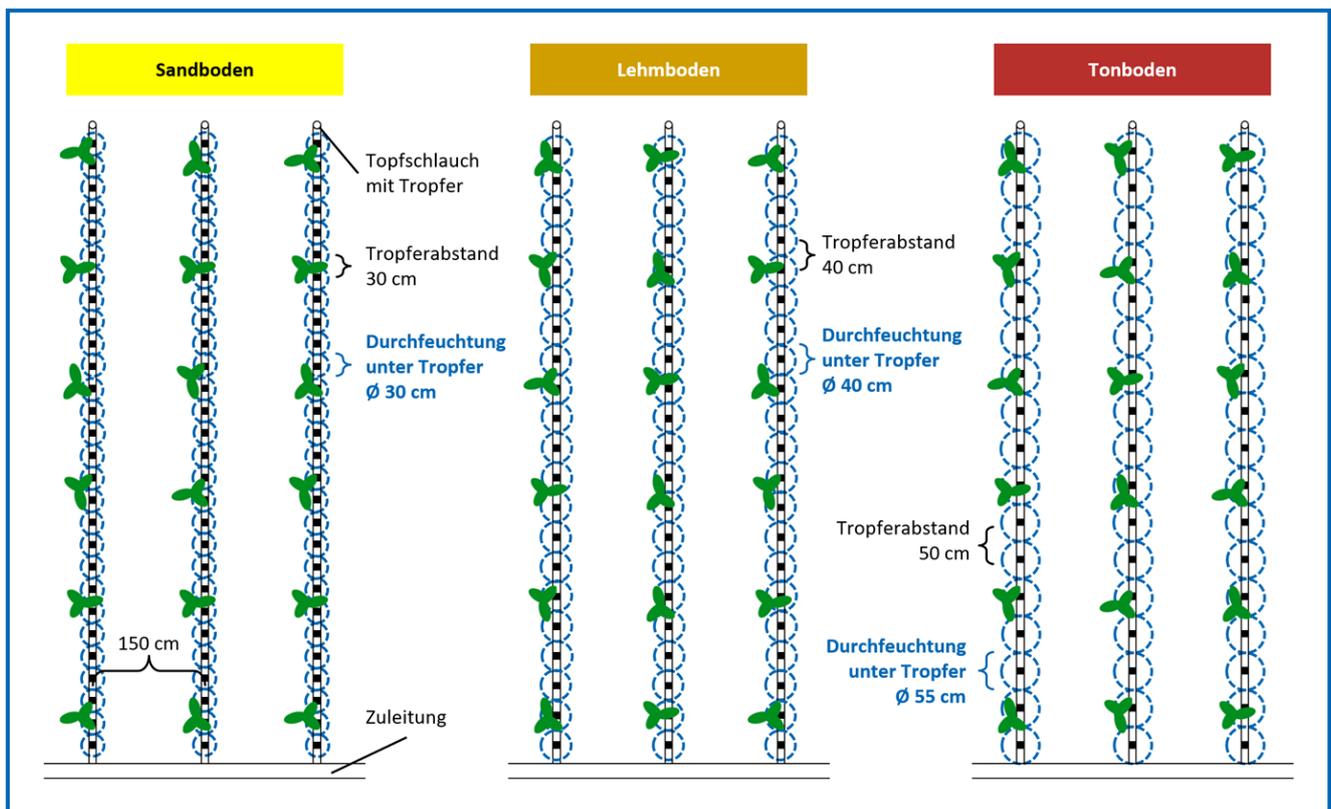


Abb. 3: Punktförmige Verabreichung der Wassergaben bei Tropfbewässerung; hierdurch nur teilweise Durchfeuchtung des Bodens und entsprechend intensive Tiefenwirkung, Einstufungen beispielhaft gemäß Bewässerungs-App

Bei der Einstufung landwirtschaftlich genutzter Flächen in eine von neun Bodenarten sind dem Modell in Tabelle 3 gelistete Durchmesser von Durchfeuchtungszone unter Tropfstellen zugeordnet (Es handelt sich hierbei um eine Vereinfachung des tatsächlichen Sachverhalts, wonach die Durchfeuchtungszone in der Realität mit zunehmender Bodentiefe zunächst an Breite zunehmen, und dann wieder abnehmen)

Tabelle. 3: Einstufung verschiedener Bodenarten zu Durchmessern von Durchfeuchtungszone unter Tropfstellen (Tropfbewässerung) gemäß Bewässerungs-App

Bodenart	Ø Durchfeuchtungszone / cm
leicht, Sand (S)	25
leicht, schwach lehmiger Sand (IS)	30
mittel, stark lehmiger Sand (IIS)	35
mittel, sandiger Lehm (sL)	40
mittel, schluffiger Lehm (uL)	45
schwer, toniger Lehm (tL)	50
schwer, lehmiger Ton (IT)	55
schwer, Ton (T)	60
organisch, Moor (M)	45

4. Bemessung der Höhe einzelner Zusatzwassergaben

Eine gleichmäßige Wasserversorgung ist bei vielen Kulturen für die Ertragsbildung und gute Qualitäten unabdingbar. Während Trockenphasen kann die Wasserversorgung mit Hilfe von Zusatzwassergaben, welche die Frühjahrsbodenfeuchte und natürliche Niederschläge nach Bedarf der Kulturen ergänzen, erreicht werden. Damit dies effizient und sparsam geschieht, ist die Nutzung von Entscheidungssystemen wie die Bewässerungs-App eine sinnvolle Hilfe und Ergänzung zu vorhandenen Erfahrungen am Betrieb. Aus pflanzenbaulicher Sicht ist hierbei erforderlich, die Höhe der Einzelwassergaben an die situationspezifischen Rahmenbedingungen anzupassen. Aus folgenden Gründen:

Zu große Einzelgaben führen zu Versickerung, wenn das zugeführte Wasser teilweise tiefer in den Boden eindringt, als die Wurzeln reichen. Es entstehen dann Sickerverluste. Zudem werden die im Sickerwasser gelösten Nährstoffe ausgewaschen. Diese Nährstoffverluste fehlen den Pflanzenbeständen zum weiteren Wachstum und belasten auf lange Sicht das Grundwasser.

Zu kleine Einzelgaben haben eine unzureichende Tiefenwirkung. Das Wurzelwachstum, die (natürliche) Nährstoffmobilisation des Bodens, die Verfügbarkeit von Mineraldüngern und die Nährstoffaufnahme der Pflanzen beschränken sich dann vorrangig auf die durchfeuchteten Bodenbereiche in Oberflächennähe. Folgen auf

eine längere niederschlagsarme Bewässerungsperiode ergiebige Niederschläge, welche die Böden auch in tieferen Bereichen durchfeuchten, ist dieses Wasser und die darin gelösten Nährstoffe dann kaum pflanzenverfügbar, weil die Wurzel in der Tiefe wenig ausgebildet sind.

Je geringer die Höhe einzelner Beregnungsgaben ist, desto häufiger muss beregnet werden. Beim Beregnen wird der Blattapparat durchnässt und die Luftfeuchtigkeit vorübergehend stark erhöht - das Mikroklima wird feuchter. Jede zusätzliche Beregnungsmaßnahme erhöht daher den Krankheitsdruck und macht Gegenmaßnahmen, z.B. Pflanzenschutzmitteleinsatz, zunehmend erforderlich.

Bei anhaltend zu geringen Einzelwassergaben durch Tropfbewässerung konzentriert sich das Wurzelwachstum zusehends auf die räumlich stark begrenzten Durchfeuchtungszone unmittelbar im Bereich der Tropfer. Das Risiko für ein Einwachsen von Wurzeln in die Tropfer und dadurch bedingte Verstopfungen steigt stark.

Die Bewässerungs-App beinhaltet ein Einzelgabenmodul, welches auf der nachfolgenden Seite genannte Aspekte situationspezifisch berücksichtigt. Das Modell berechnet zu verabreichenden Einzelgaben zu jedem Zeitpunkt so, dass die Böden das Wasser vollständig pflanzenverfügbar im Wurzelraum aufnehmen können.

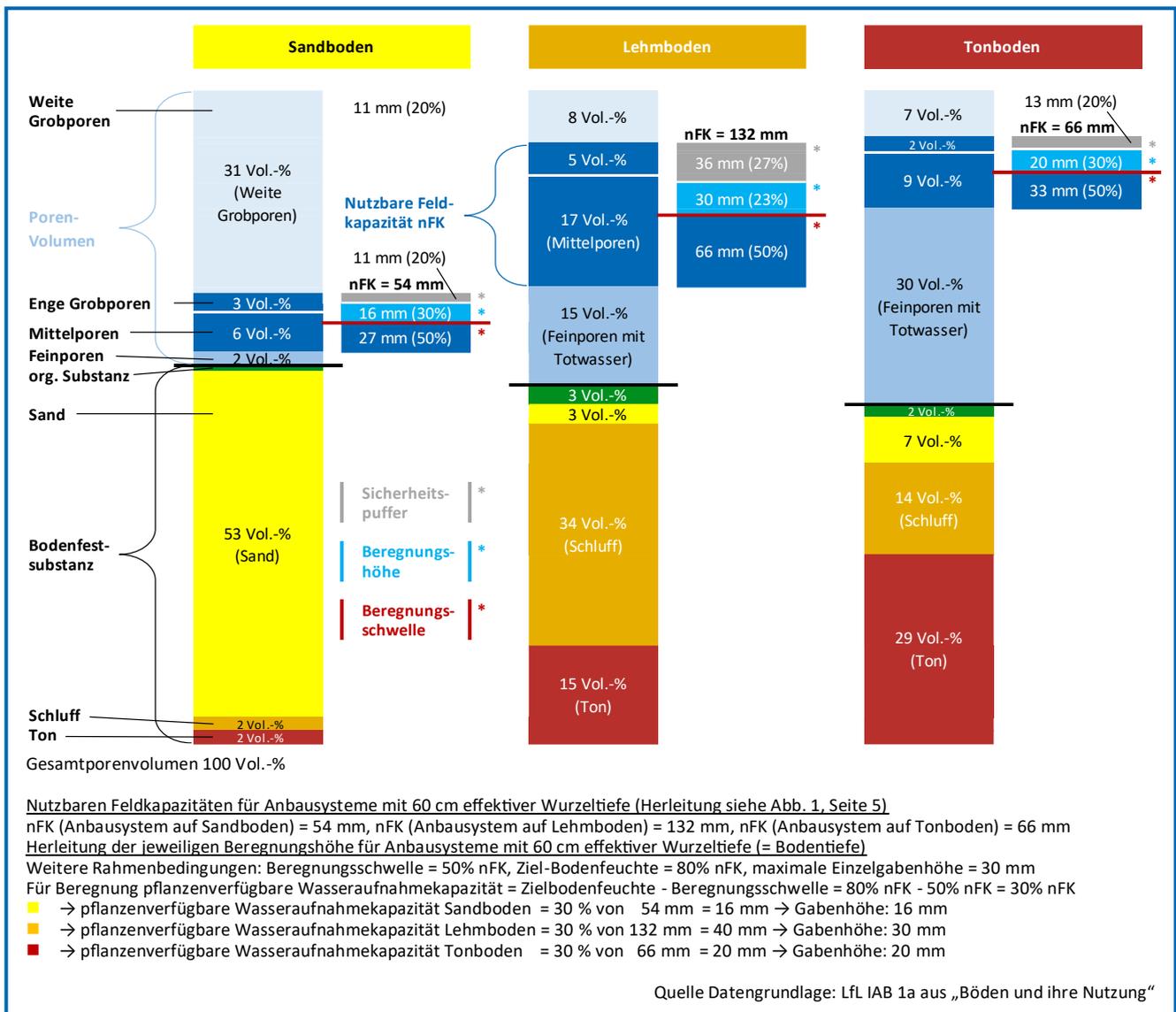


Abb. 4: Herleitung der jeweiligen Beregnungshöhe (Einzelgabenhöhe) bei Anbausystemen mit 60 cm effektiver Wurzeltiefe anhand des jeweiligen Porenprofils eines typischen Sand-, Lehm- und Ton-Bodens; Beregnungsschwelle = 50% nFK, Ziel-Bodenfeuchte = 80% nFK, maximale Einzelgabenhöhe = 30 mm

Folgende Faktoren sind bei der Bemessung der Höhe einzelner Zusatzwassergaben neben der genehmigten Gesamtmenge zu berücksichtigen:

- ▶ Nutzbare Feldkapazität des Bodens in Vol.-%
- ▶ Effektive Wurzeltiefe in Abhängigkeit der Durchwurzelbarkeit des Bodens, Kulturart und Entwicklungsstadien spezifisch
- ▶ Bewässerungsschwelle
- ▶ Art der eingesetzten Technik (Beregnung oder Tropfbewässerung mit gegebenem Schlauchabstand und Tropferabstand)
- ▶ Horizontale Ausbreitung der Durchfeuchtungszonen unter Tropfstellen bei Tropfbewässerung in Abhängigkeit von der Bodenart

- ▶ Zielbodenfeuchte (in der Regel 80%, vor allem bei wechselhafter Witterung oder mäßiger Verteilgenauigkeit)
- ▶ Infiltrationsvermögen des Bodens und Bewässerungsintensität der eingesetzten Technik
- ▶ Begrenzung der Bodenfeuchteschwankungen mit Einzelgaben bei Beregnung in Höhe von maximal 30 mm und bei Tropfbewässerung bis maximal 10 mm zur Sicherung einer gleichmäßigen Wasserversorgung und eines gleichmäßigen Wachstums und hoher Qualitäten

Tabelle. 4: Bemessung der Höhe einzelner Zusatzwassergaben bei Beregnung bzw. Tropfbewässerung auf Sand-, Lehm-, Tonboden und Wasseraufnahmekapazität der Böden im Wurzelraum unmittelbar nach diesen Maßnahmen gemäß Bewässerungs-App am Beispiel von Böden gemäß Abb. 1 (S. 5) und Abb. 4 (S. 10) ; effektive Wurzeltiefe = 60 cm, Bewässerungsschwelle = 50% nFK, Abstand Tropfschläuche = 1,5 m, Tropferabstand Sand = 0,3 m / Lehm = 0,4 m / Ton = 0,55 m

Bodenart	Nutzbare Feldkapazität	Einzelgabenhöhe		Wasseraufnahmekapazität der Böden nach	
		Beregnung	Tropfbewässerung	Beregnung	Tropfbewässerung
Sandboden	54 mm	16 mm	4 mm	11 mm	23 mm
Lehmboden	132 mm	30 mm	10 mm	36 mm	56 mm
Tonboden	66 mm	20 mm	10 mm	13 mm	23 mm

5. Zusammenfassung und Ausblick

Böden können Winterniederschläge und Niederschläge während der Vegetationsperiode pflanzenverfügbar zwischenspeichern. In welchem Umfang das gelingt, hängt von den Wasserspeichereigenschaften der Böden ab. Diese variieren stark in Abhängigkeit von der Art des jeweiligen Bodens und der Bewirtschaftungsweise. Bewässerung soll das natürliche Wasserangebot aus Niederschlägen und dem pflanzenverfügbaren Bodenvorrat gegebenenfalls ergänzen. Damit dies bedarfsgerecht, angepasst an die eingesetzte Verteiltechnik, sparsam und damit effizient geschieht, ist die Nutzung von Entscheidungssystemen eine sinnvolle Ergänzung zu Erfahrungen am Betrieb.

Die vergangenen Trockenjahre haben einen deutlichen Rückgang der Grundwasserneubildung bewirkt. Weil sich die Bemessung erlaubnispflichtiger Grundwasserentnahmen für Bewässerungszwecke maßgeblich an der Grundwasserneubildung vorangegangener Jahre ori-

entiert, müssen zunehmend Alternativen gefunden werden. Entnahmen aus Oberflächengewässern, in der Regel als Uferfiltrat, sowie Speicherkonzepte, werden an Bedeutung gewinnen.

Trotzdem steht Wasser zu Bewässerungszwecken nicht immer in ausreichender Menge zur Verfügung. In der Arbeitsgruppe „Anpassung an die Trockenheit ohne Bewässerung“ des Bewässerungsforum Bayern soll deshalb erarbeitet werden, wie sich durch die Auswahl geeigneter Kulturen und Sorten mit der Trockenheit besser zurecht kommen lässt. Auch Maßnahmen zum Bodenschutz (z.B. Erosionsschutz, CTF) und Maßnahmen zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit (organische Düngung, konservierende Bestellverfahren) sind wichtige Anpassungsstrategien, da sie Anbausysteme gegen Trockenheit und Hitze robuster machen. Auch in Verbindung mit Bewässerung sind wassereffiziente ackerbaulichen Maßnahmen anzustreben. Der Zusatzwasserbedarf lässt sich dadurch vermindern.

6. Literatur

- ▶ Brouwer, H. (1986): Intake Rate: Cylinder Infiltrometer, in Methods of Soil Analysis, Chapter 32, SSSA Book Series 1986
- ▶ Schmidt, J. (1996): Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen, in Berliner geographischer Abhandlungen, Heft 61: 1 – 148, Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften, Berlin 1996. ISBN 3-88009-062-9
- ▶ Ward, R.C., Robinson, M., (1990): Principles of Hydrology. 3rd ed McGraw-Hill, New York.
- ▶ LfL IAB 1a aus „Böden und ihre Nutzung“ <https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/036308/index.php> (17.03.2020), verändert

Zitiervorlage: Müller, M., Ebertseder F. (2020): Fachliche Grundlagen zur Bewässerungs-App, Teil 2: Bodenart und Verteiltechnik bezogene Kennzahlen. In: Bewässerungsforum Bayern, Ausgabe 1-4/2020, Hrsg. ALB Bayern e.V., www.alb-bayern.de/bef3, Stand [Abrufdatum].

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und
Landwirtschaftliches Bauwesen (ALB)
in Bayern e.V.

Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Telefon: 08161 / 71-3460

Telefax: 08161 / 71-5307

E-Mail: info@alb-bayern.de

Internet: www.alb-bayern.de