

Tropfbewässerung zu Kartoffeln



www.bef-bayern.de/bef10

Bewässerungsforum Bayern, Verfasser:

Dr. Martin Müller
ALB Bayern e.V.

Dr. Markus Demmel
Adolf Kellermann
Florian Ebertseder
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Einleitung	4
2.	Funktionsprinzip von Tropfbewässerung	4
3.	Schlauchposition: Auf dem Damm oder dazwischen	5
4.	Böden nicht austrocknen lassen	7
5.	Strategisch wässern - zeitiger Start, zunächst mit geringen Einzelgaben	8
6.	Ertragseffekte	10
7.	Tropfgenaues Düngen lohnt nicht	10
8.	Einweg oder Mehrweg?	11

1. Einleitung

Eine gleichmäßige und bedarfsgerechte Wasserversorgung ist für die Ertragsbildung sowie eine gute äußere und innere Qualität bei Kartoffeln unabdingbar. Sind die Standortbedingungen günstig, reichen pflanzenbauliche Maßnahmen häufig aus, Trockenphasen zu überbrücken. In Trockengebieten oder bei leichten Böden kann eine konstante Wasserversorgung mit Hilfe von Zusatzwassergaben, welche die Frühjahrsbodenfeuchte und natürliche Niederschläge ergänzen sollen, erreicht werden. Ist zudem das Angebot

an Zusatzwasser knapp, bietet sich hierfür als technisches Verfahren „Tropfbewässerung“ an. Das Wasser direkt an die Kartoffelwurzeln bringen und die Verluste so gering wie möglich halten: Mithilfe von Ein- oder Mehrwegschläuchen auf oder zwischen den Dämmen ist das machbar. Sechsjährige Versuchserfahrungen an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft zeigen, wie sich die Technik sinnvoll einsetzen lässt. Beachtet werden müssen aber der Arbeitsaufwand und die Kosten des Verfahrens.

2. Funktionsprinzip von Tropfbewässerung

Tropfbewässerung unterscheidet sich von der weit verbreiteten Trommelberegnung mit Starkregner in wesentlichen Punkten: Das Verfahren ist besonders wassereffizient, Energiesparend, kulturverträglich und zugleich bodenschonend. Das Wasser wird mit max. 2,5 bar Eingangsdruck in die Tropfschläuche gepumpt.

Der Energieaufwand hierfür ist vergleichsweise gering. Entlang der Schläuche fällt der Druck auf bis zu 0,1 bar ab. Die Tropfer sind in regelmäßigen Abständen von 30 bis 50 cm an die Innenwände der Schläuche geschweißt. Das gewährleistet gleichmäßig verteilte Wassergaben bis 750 Meter Schlauchlänge.



Bild 1: Bei Tropfbewässerung wird nur ein Teil der Bodenoberfläche befeuchtet, das Kraut bleibt trocken. Deshalb ist nach Tropfbewässerung die direkte Verdunstung über die Boden- und Krautoberfläche geringer als nach flächendeckender Beregnung oder nach natürlichen Niederschlägen. Auch Windverwehungen sind ausgeschlossen. Das alles spart Wasser.

Bei Tropfbewässerung werden nur die Bereiche unter den Tropfstellen durchfeuchtet. Mit zunehmender Schwere der Böden nehmen seitlich wirkende Bindekräfte zu, sodass das Wasser sich zunehmend auf horizontaler Ebene ausbreitet: Die Durchfeuchtungszonen werden breiter und es können Schläuche mit größeren Tropferabständen zum Einsatz kommen. Nur ein Teil der Bodenoberfläche wird befeuchtet, das Kraut bleibt trocken. Deshalb ist nach Tropfbewässerung die direkte Verdunstung über die Boden- und Krautoberfläche geringer als nach flächendeckender Beregnung oder nach natürlichen Niederschlägen. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass die Pflanzenbestände noch kein geschlossenes Blattdach ausgebildet haben. Die eingestrahlte Energie wird in diesem Fall nicht vorwiegend über verdunstendes Wasser abgeführt, sondern ebenso an der trockenen Bodenoberfläche reflektiert. Es verdunsten dann etwa 20 bis 30 Prozent weniger; diese Wassermenge lässt sich einsparen.

Weitere Einsparungen sind möglich, weil nach einer Trockenperiode mit laufender Tropfbewässerung die Böden im Oberflächenbereich vergleichsweise feucht sind und daher Wasser gut aufsaugen; zugleich verfügen die Böden bei Tropfbewässerung zu jedem Zeitpunkt in bedeutendem Umfang über freie Speicherkapazitäten und können deshalb natürliche Niederschläge besonders gut im Wurzelraum zwischenspeichern. Dies vermindert Oberflächenabfluss und Sickerwasserbildung.

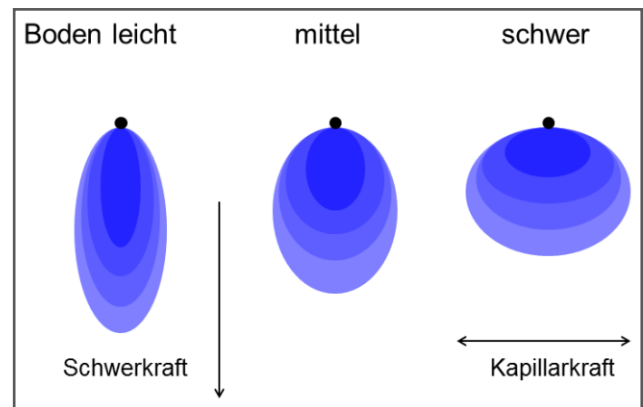


Abb. 1: Die horizontale Ausbreitung der Durchfeuchtungszonen unter den Tropfstellen steigt mit zunehmender Schwere der Böden.

3. Schlauchposition: Auf dem Damm oder dazwischen

Die Durchfeuchtung der Böden hängt vom Bewässerungsverfahren ab. Bei der Positionierung des Tropfschlauches in der Dammkrone, dem sogenannten Dammkronenverfahren (DKV), ist der durchwurzelte Teil des Bodens, der durch



Bild 2: Im Zwischendammverfahren wachsen die Wurzeln der Kartoffeln deutlich erkennbar in Richtung der Durchfeuchtungszonen unter den Zwischendämmen.

Tropfbewässerung durchfeuchtet wird, vergleichsweise groß. Deshalb bietet diese Schlauchposition bei der Terminierung und Dimensionierung der Einzelwassergaben den größten Spielraum. Beim DKV wird der Hauptwurzel- und Knollenbildungsbereich unmittelbar durchfeuchtet und gekühlt. Das sind die wesentlichen Vorteile dieser Schlauchposition.

Beim Zwischendammverfahren liegen die Schläuche zwischen den Dämmen. Das ist aber unüblich - wegen hoher Schlauchkosten und geringer Effizienz.

Beim reduzierten Zwischendammverfahren (ZDV) wird jeder zweite Schlauch eingespart, sodass nur zwischen jedem zweiten Damm ein Schlauch platziert wird. Außerdem liegen die Schläuche um ca. 25 cm tiefer als beim DKV. Entsprechend geringer ist dann auch die durchwurzelte Bodensubstanz unter den Tropfern,

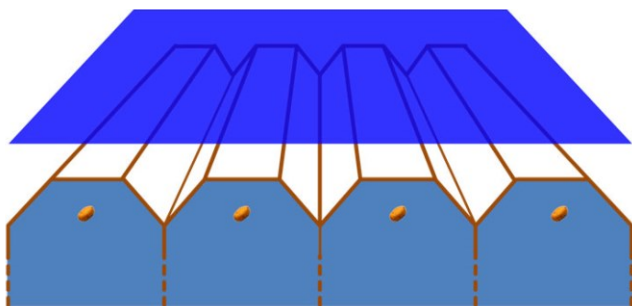


Abb. 2: Beregnungsverfahren (zum Vergleich) - Mit Beregnungsanlagen werden die Böden flächig durchfeuchtet. Zunächst wird der oberste Bereich durchnässt. Einhergehend mit der Übersättigung oberer Bodenzonen bewegt sich die Durchfeuchtungsfront Zug um Zug in die Tiefe. Es steht der gesamte durchwurzelte Bodenbereich als pflanzenverfügbare Wasserspeicher zur Verfügung.

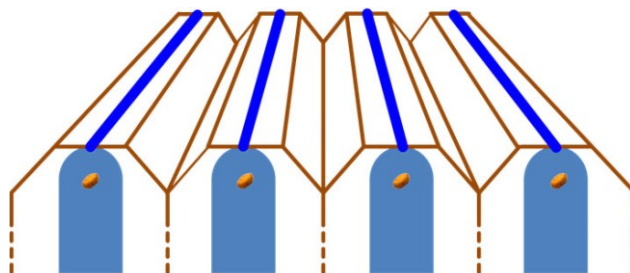


Abb. 3: Dammkronenverfahren (DKV) - Die Schläuche werden entlang der Dämme in die Dammkrone gelegt. Die Wassergaben werden punktförmig verabreicht. Nur ein Teil des Bodens wird durchfeuchtet. Entsprechend gut ist die Tiefenwirkung auch bei geringen Gabenhöhen. Beim Dammkronenverfahren wird der Hauptwurzel- und Knollenbildungsbereich unmittelbar durchfeuchtet und gekühlt.

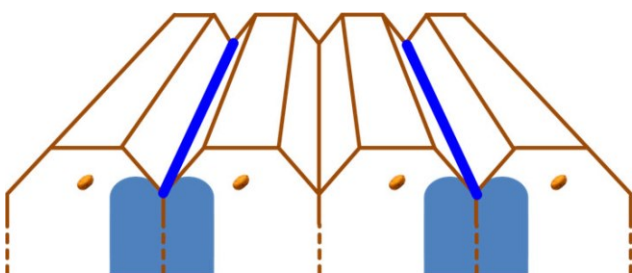


Abb. 4: Reduziertes Zwischendammverfahren (ZDV) - Hier wird jeder zweite Schlauch eingespart, sodass nur zwischen jedem zweiten Damm ein Schlauch platziert wird. Die Wassergaben werden in maximaler Entfernung zum Hauptwurzelbereich verabreicht. Bei schweren Böden werden die Wassergaben zum Teil in die Dämme gesaugt.

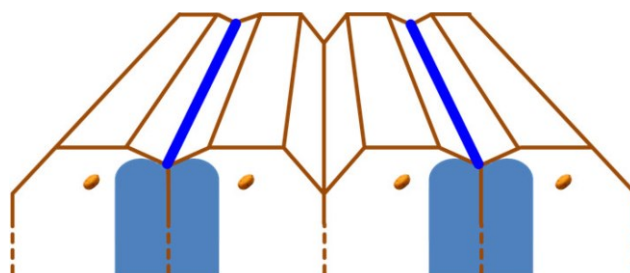


Abb. 5: M-Dammverfahren (ZMDV) - Die Dammform ist kompakt und die Position der Tropfschläuche zwischen jedem zweiten Damm ist erhöht. Dies verbessert die Querverteilung der Wassergaben und ermöglicht gegenüber dem ZDV höhere Einzelgaben (etwa +25 %), die vom Wurzelraum aufgenommen werden können.

die Wassergaben pflanzenverfügbar zwischenspeichern kann. Bei schweren Böden werden die Wassergaben zum Teil in die Dämme gesaugt. Zudem hat das ZDV im Vergleich zum DKV nur die Hälfte an Tropfstellen pro Flächeneinheit. Dadurch wird die Bodenspeicherkapazität für Wassergaben nochmals halbiert. Einzeltagesgaben von mehr als 4-5 mm sind dann auf leichteren Böden ohne Sickerwasserbildung nicht möglich.

Allerdings war das Zwischendammverfahren in den Versuchen auf Sandböden und bei trockener Ausgangssituation zu Beginn der Bewässerungsperiode (Frühsommertrockenheit!) wenig effizient. Unter diesen Bedingungen konnte das verabreichte Zusatzwasser wegen der tiefen

Schlauchposition nur unzureichend in die Kartoffeldämme geleitet werden und war daher für die Pflanzen nicht verfügbar.

Die in der Projektphase erprobte Bewässerung im M-Damm-Verfahren macht es möglich, die positiven Eigenschaften des Dammkronenverfahrens mit den Vorteilen des Zwischendammverfahrens teilweise zu verbinden. Die kompakte Dammform und die erhöhte Position der Tropfschläuche zwischen jedem zweiten Damm führen in diesem Fall zu einer Teildurchfeuchtung des Dammkernes und verbessern damit für die Kartoffelpflanzen im Jugendwachstum die Möglichkeit, die verabreichten Bewässerungsgaben zu erschließen. Durch eine größere Wurzeltiefe in der Feuchtezone erhöht sich des

weiteren der Anteil des durchfeuchteten Wurzelraums und es ist möglich, um etwa 25% höhere Einzelgaben als im reduzierten Zwischendammverfahren zu verabreichen.

Bild 3: Bei ausgeprägter Frühsommertrockenheit (keine Bewässerung) beschränkt sich das Wurzelwachstum auf oberflächennahe Bereiche, in die zuvor (nur geringe) Niederschläge eingedrungen sind.



Bild 4: Nur das Dammkronenverfahren gewährleistet günstige Dammfeuchte. Gleichmäßige Durchwurzelung des Damms, rasches Jugendwachstum, ein zentral und tief gelegenes Knollennest haben guten Voraussetzungen.



Bild 5: Bei ausgeprägter Frühsommertrockenheit sind die verabreichten Wassergaben im Zwischendammverfahren nur unzureichend pflanzenverfügbar (hier: auf sandigem Lehm, nFK = 16 Vol.%).

4. Böden nicht austrocknen lassen

Trocken Böden aus, sinkt die Menge an pflanzenverfügbarem Bodenwasser. Dann steigt die Saugspannung überproportional an - entsprechend nehmen die Kräfte zu, mit denen die Böden das verbleibende Wasser festhalten. In diesem Maße steigt auch der Energieaufwand, den die Kartoffelbestände haben, um sich das Wasser anzueignen. Die Verfügbarkeit für die Pflanzen, Wasseraufnahme und Stoffumsatz sinken.

Deshalb ist es nicht sinnvoll, mit der Bewässerung zu warten, bis sich der Bodenwasserspeicher zu stark entleert hat. An heißen Sommertagen wäre die Wasserversorgung der Pflanzen sonst nur noch eingeschränkt möglich. Die Folge wären trockenstressbedingte Wachstumsstörungen mit Ertrags- und Qualitätsverlusten.



Bild 6: Bei ausgeprägter Trockenheit gelingt es im Zwischendammverfahren nicht, den Dammkern feucht zu halten. Dies kann negative Auswirkungen auf Ertrag und Qualität der Kartoffeln haben (z.B. Schorfbildung, Kindelbildung, Hohlherzigkeit).

Bei den Zwischendammverfahren sprechen weitere Gründe für einen zeitigen Bewässerungsstart: Zum einen nimmt die Wasserleitfähigkeit von Böden mit zunehmendem Feuchtegrad überproportional zu. Das verbessert die horizontale Querverteilung der Wassergaben. Zum

anderen bedeutet ein zeitiger Bewässerungsbeginn ein frühes Signal für die Kartoffelbestände, an welchen Stellen das Wasserangebot besteht. Die Pflanzen reagieren darauf zeitig mit gezieltem Wurzelwachstum in diese Durchfeuchtungszonen unter die Zwischendämme.

5. Strategisch wässern - zeitiger Start, zunächst mit geringen Einzelgaben

Für hohe Erträge und Qualitäten ist es erforderlich, während der Hauptwachstumsphase ein gleichmäßiges und stressfreies Knollenwachstum zu gewährleisten. Das gilt ab dem Beginn der Knollenbildung. Hierzu ist der Dammkern durch Tropfbewässerung dauerhaft feucht und kühl zu halten.

Daher beginnt man mit der Bewässerung zeitig ab einer Saugspannung von etwa 300 hPa. Das entspricht einer Bewässerungsschwelle (Bodenfeuchteschwelle) von etwa 70 % der nutzbaren Feldkapazität (nFK) auf Sandböden im DKV. Beim ZDV auf Tonböden liegt die Schwelle bei 80 % der nFK; die Wassergaben saugen sich dann zum Teil in den Dammkern. Das bedeutet aber nicht, dass die genannten Bodenfeuchtwerte während der anschließenden Bewässerungsperiode nicht unterschritten werden dürfen. Ganz im Gegenteil: Zum Start sollen die Wassergaben nur ungefähr 50 % des Bedarfs des Pflanzenbestandes abdecken. Im Sommer etwa sind das 5 mm jeden zweiten Tag. Erst nachdem die Böden bis 60 cm Wurzeltiefe auf 50% der nFK abgetrocknet sind, ist nach laufendem Bedarf zu bewässern - beispielsweise mit 10 mm jeden zweiten Tag im DKV (Sandböden) oder ZDV (tonige Böden).

Strategisch wässern - zeitiger Start, zunächst mit geringen Einzelgaben:

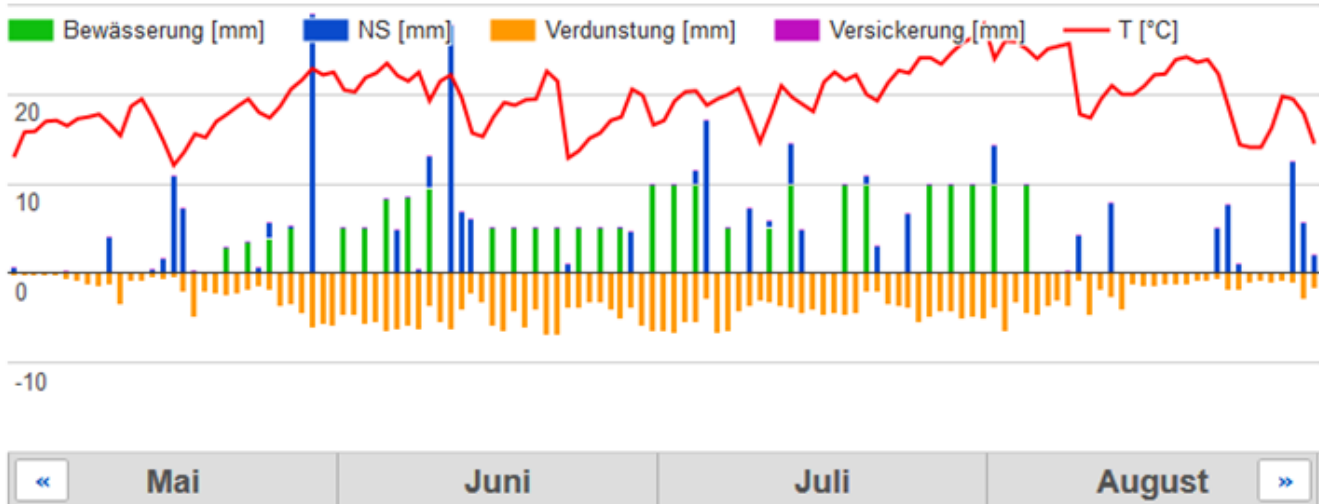
- ▶ Die Wasserversorgung der Pflanzenbestände ist optimal auf deren Bedarf abgestimmt.
- ▶ Sie ist Wasser sparend, da sich der natürliche pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher bei anhaltender Trockenheit mit der Zeit bis zu 50 Prozent entleert.
- ▶ Eine Zielbodenfeuchte von 50 % der nFK bedeutet für die Pflanzen bereits moderaten Trockenstress. Die Aufnahme über die Wurzeln ist im Vergleich zu Verhältnissen mit höheren Bodenfeuchten vermindert und die Pflanzen reagieren darauf mit einer sparsamen, effizienten Wasserverwertung. Das spart in bedeutendem Umfang Wasser.
- ▶ Die Höhe der Einzelgaben ist situationspezifisch so auszulegen, dass Zusatzwasser bis 60 cm Tiefe in die Böden eindringt. Das hält das Wurzelsystem auch bei lange anhaltenden Trockenphasen bis in die Tiefe leistungsfähig.
- ▶ Dadurch verringert sich die Gefahr von Sickerwasserbildung und Nährstoffauswaschung. Die Böden können auf eine Bewässerungsperiode folgende (Stark-)Niederschläge jederzeit pflanzenverfügbar aufnehmen: Sandböden bis 30 mm Niederschlag, Tonböden bis 45 mm, Lehm Böden bis 60 mm.

Tabelle 1: Größe des pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeichers in Abhängigkeit des Bewässerungsverfahrens für Sandböden (nFK = 10 Vol.-%, Durchmesser Durchfeuchtung unter Tropfer = 30 cm, Bewässerungsschwelle = 50% nFK, Tropferabstand entlang der Schläuche bei Tropfbewässerung = 30 cm)

Kenngröße	Berechnung	DKV	ZDV	ZMDV
Anzahl Tropfstellen / m ²	-	4,4	2,2	2,2
Wurzeltiefenwachstum in Durchfeuchtungszone / cm	60	60	45	52
Anteil durchfeuchteten Bodens / %	100	31	12	14
Höhe möglicher Einzelwassergaben / mm	30	9	3,5	4,3

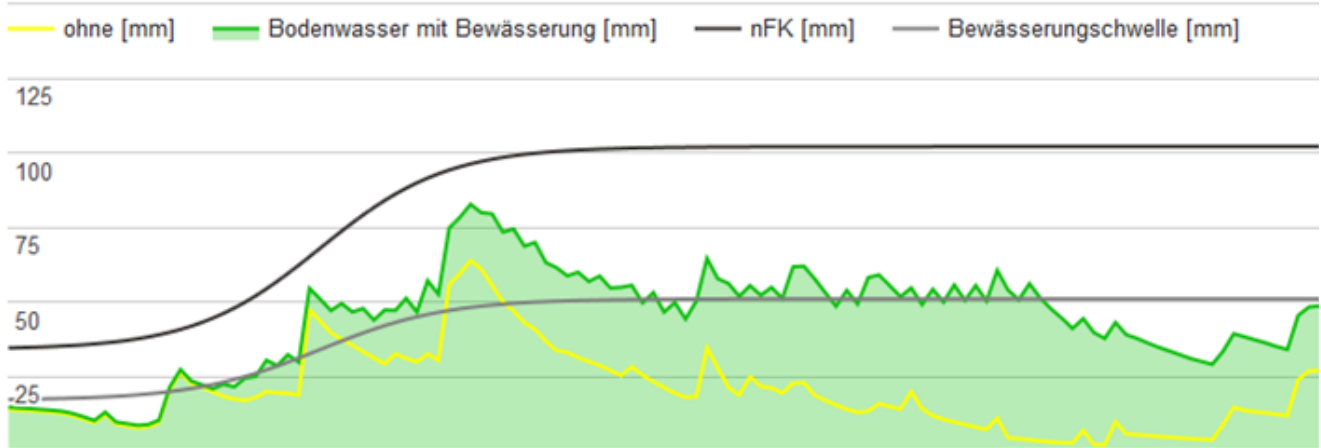
Witterungsverlauf und Verlauf des Bodenwassers - Köfering (LFL), 2018

Legende?



Bodenwasserbilanz - Kartoffeln

Legende?



Summenwerte von 20.04.2018 bis 31.08.2018

Kennwert	ohne Bewässerung	mit Bewässerung	Zunahme
Bewässerung	0 mm	206 mm	206 mm
Niederschlag NS	212 mm	212 mm	0 mm
Verdunstung	248 mm	435 mm	187 mm
Versickerung	0 mm	0 mm	0 mm

Abb. 6: Bewässerungsmanagement mit der Bewässerungs-App (www.alb-bayern.de/app); reduziertes Zwischendammverfahren (ein Tropfschlauch zwischen jeweils 2 Dämmen) auf tonigem Lehm: Erfolgsentscheidend ist ein zeitiger Bewässerungsstart wenige Tage nach gefallenem Niederschlägen. Nur bei noch feuchten Böden wird ein Teil der Gaben in die Dämme gesaugt. Bei anhaltender Trockenheit und Unterschreiten der Bewässerungsschwelle (hier: 50 % der nFK) werden die Einzelgaben erhöht.

6. Ertragseffekte

In den Versuchen 2010-2014 am Standort Dürrenmungenau (schwachlehmiger Sand) wurden Mehrerträge durch Tropfbewässerung von bis zu +130 % im Vergleich zur unbewässerten Kontrolle erzielt. Die Platzierung der Bewässerungs-

schläuche in der Dammkrone brachte im Mittel der Jahre einen Mehrertrag von 50 % gegenüber der Kontrolle. Mit den Zwischendammverfahren wurden relative Ertragseffekte von +35 % erzielt.

Tabelle 2: Ertragseffekte durch Tropfbewässerung bei Speisekartoffeln (Standort Dürrenmungenau im Landkreis Roth, schwach lehmiger Sand)

Jahr	Trockenheit	Schlauchposition	Ertrag / dt/ha	Ertrag / dt/ha	Ertrag / %
2010	Ab Mitte Juni (Blüte) 40 Tage	unbewässert	470		
		Dammkrone	680	+210	+45
		Zwischendamm	605	+135	+28
2011	Bis Mitte Juni (Blüte) 60 Tage	unbewässert	730		
		Dammkrone	820	+90	+12
		Zwischendamm	740	+10	+1
2012	Ab Mitte Mai bis Ende Juni 70 Tage	unbewässert	500		
		Dammkrone	970	+470	+95
		Zwischendamm	845	+345	+70
2013	Ab 10. Juni (Blüte) 50 Tage	unbewässert	230		
		Dammkrone	520	+290	+130
		Zwischendamm	440	+210	+90
2014	Ab Ende Mai 40 Tage	unbewässert	625		
		Dammkrone	825	+200	+30
		Zwischendamm	790	+165	+25
2010-2014		unbewässert	510		
2010-2014		Dammkrone	760	+250	+50
2010-2014		Zwischendamm	685	+175	+35

7. Tropfgenaues Düngen lohnt nicht

In Kombination mit Tropfbewässerung bietet es sich an, auch flüssig zu düngen - die so genannte Fertigation. Das Verfahren brachte in den Versuchen aber keine höheren Erträge und Qualitäten. Das hatte folgende Ursachen:

- ▶ Während Nässeperioden besteht die Gefahr, dass der über Wassergaben verabreichte Flüssigdünger unmittelbar versickert, und nicht pflanzenverfügbar ist.

- ▶ Späte (Stickstoff-)Gaben nach der Blüte behindern bei Kartoffeln das Einlagern von Assimilaten in die Knollen.

Weitere Gesichtspunkte, die gegen Fertigation sprechen:

- ▶ Hochlösliche Fertigationsdünger sind häufig teurer als bewährte und physiologisch sauer wirkende konventionelle Dünger.

- ▶ Erforderliche Techniken zum Lösen und Einspeisen der Dünger verursachen Zusatzkosten und sind zeitaufwendig.
- ▶ Beim Einsatz von Flüssigdüngern steigt die Gefahr, dass die Tropfer der Schläuche verstopfen.

8. Einweg oder Mehrweg?

Neben produktionstechnischen Aspekten sind die Kosten entscheidend. Die Verfahrensrisiken sind vertretbar gering zu halten. Ziel ist das Vermarkten der tropfbewässerten Ware zu attraktiven Preisen, etwa über 15 €/dt Speiseware.

Daher erscheinen bei kleinen und uneinheitlichen Schlagformen vor allem dünnwandige einjährige Tropfschläuche interessant. Das hält die Investitionskosten in Grenzen. Die Schlauchkosten betragen hier beim Dammkronenverfahren rund 750 €/ha und Jahr statt 5.500 €/ha bei mittlerer Schlauchqualität für - laut Hersteller - sechsjährigen Einsatz.

Theoretisch ist dann zwar im Vergleich zu druckkompensierten mehrjährigen Schläuchen eine weniger optimale Verteilgenauigkeit entlang der Schläuche in Kauf zu nehmen. Praktisch, und das ist entscheidender, ist die Technik zu Saisonstart Jahr für Jahr neu und funktioniert deshalb störungsfrei: Schläuche sind nicht zerstückelt, Schlauchwände unbeschädigt, Tropfer nicht verstopft. Zudem sind der Zeitaufwand und der Arbeitsanspruch für das Verlegen und die abschließende Bergung der Schläuche deutlich geringer.

Wenngleich Einwegschläuche nur einen Bruchteil der mehrmals verwendbaren Schläuche an Kunststoff auf die Waage bringen, ist deren Einsatz aus ökologischer Sicht umstritten. Hier besteht Untersuchungsbedarf und es laufen zum Zeitpunkt der Veröffentlichung Vorbereitungen, den Sachverhalt anhand von Ökobilanzen zu bewerten.

Je nach Schlaglänge empfehlen sich:

- ▶ bis 300 m: dünnwandige einjährige Schläuche mit einfachen, nicht druckkompensierten Tropfern.
- ▶ 300 bis 500 m: dickwandigere dreijährige Schläuche, ebenfalls einfache Tropfer.
- ▶ 500 bis 750 m: dickwandige, teure Mehrwegschläuche, druckkompensierte Tropfer.
- ▶ Oder man verlegt die Zuleitung nicht am Rand des Feldes, sondern in der Feldmitte. Die Bewässerungsschläuche zweigen dann nach links und rechts ab. Dadurch verdoppeln sich die maximal bewässerbaren Schlaglängen.

Trotz Mehrerträgen rechnet sich der Einsatz einer Tropfbewässerung aber nicht grundsätzlich: Nur bei zugesichertermaßen guten Erzeugerpreisen und wenn keine anderen Techniken in Frage kommen. Ein geringes Wasserangebot, eine geringe Brunnenleistung, ein Beregnungsverbot am Tag wegen hoher Verdunstungsverluste oder in der Nacht wegen Ruhestörung und bessere Chancen auf positive Bescheide bei Antragsstellungen zur Wasserentnahme sind solche Fälle.

Zitiervorlage: Müller, M.; Demmel, M.; Kellermann, A., Ebertseder, F. (2020): Tropfbewässerung zu Kartoffeln. In: Bewässerungsforum Bayern, Ausgabe 1 - 12/2020, Hrsg. ALB Bayern e.V., www.alb-bayern.de/bef10, Stand [Abrufdatum].

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und
Landwirtschaftliches Bauwesen
in Bayern e.V. (ALB)
Vöttinger Straße 36, 85354 Freising
Telefon: 08161 / 887-0078
Telefax: 08161 / 887-3957
E-Mail: info@alb-bayern.de
Internet: www.alb-bayern.de
www.bef-bayern.de