

# Tropfgenaues Düngen lohnt nicht

**Kartoffeldüngung** In Kombination mit Tropfbewässerung bietet es sich an, auch flüssig zu düngen – die so genannte Fertigation. Das Verfahren bringt aber weder höhere Erträge noch kommt der Dünger zum richtigen Zeitpunkt. Hier die Details.



## Schneller Überblick

- Bei Tropfbewässerung zu Kartoffeln kann auf Fertigation verzichtet werden. Im Vergleich zu konventioneller Düngung sind keine weiteren Ertrags- und Qualitätssteigerungen zu erwarten.
- Späte Gaben nach der Blüte behindern das Einlagern von Assimilaten.
- Während Nässeperioden besteht die Gefahr, dass der über Wassergaben verabreichte Flüssigdünger unmittelbar versickert und nicht pflanzenverfügbar ist.
- Hochlösliche Fertigungsdünger sind wesentlich teurer als bewährte 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.
- Fertigation benötigt technisch aufwendige und teure druckkompensierte Tropfschläuche für eine gleichmäßige Verteilung. Für Tropfbewässerung reichen einfache und preiswerte Tropfschläuche. *mm/md/ak*

**N**och ist Tropfbewässerung zu Kartoffeln ein Randthema. Die Technik ist sehr teuer und mit hohem Arbeitsaufwand verbunden. Nur ein Teil der positiven Effekte entsteht jedoch über das verabreichte Wasser, sagen Befürworter des Verfahrens. Entscheidend ist, dass über die Schläuche auch gedüngt wird – die so genannte **Fertigation**. Kartoffelerträge und Qualitäten ließen sich weiter deutlich steigern, lautet das Argument. Grund genug für die Experten an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft die Kartoffeldüngung über Tropfschläuche auf Herz und Nieren zu testen.

## Der Versuch soll's zeigen

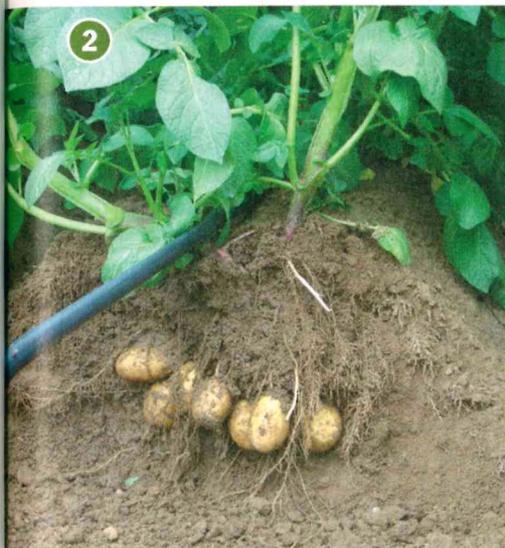
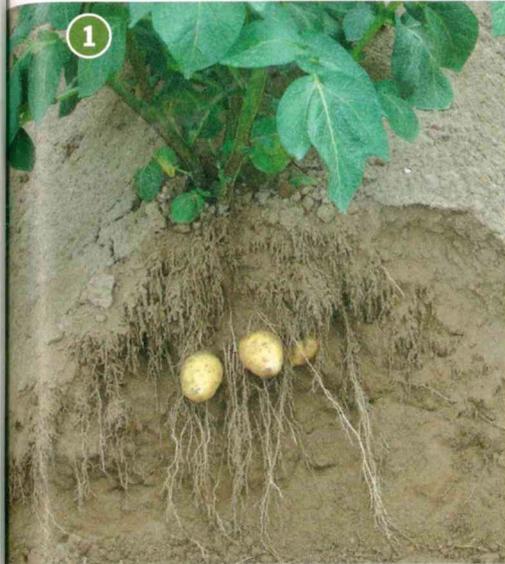
Geprüft wurde in den Jahren 2010 bis 2012 in verschiedenen Kartoffelanbauregionen

Foto: Müller

**Tropfbewässerung lässt auch auf scheinbar kochentrockenen Dämmen Kartoffeln wachsen und hilft, Erosion zu vermeiden. „Infusionsdüngung“ ist dagegen kaum wirtschaftlich.**



**PROPULSE®**



Fotos: Müller

**1 Ohne Bewässerung: Einseitiges Wurzel- und Knollenwachstum durch geringe Mai-Niederschläge bei Westwind.**

**2 Tropfbewässerung sorgt für gleichmäßige und zügige Durchwurzelung, sehr guten Knollenansatz und rasches Krautwachstum.**

verteilt. Das ist der spätere Hauptwurzelbereich; die Nährstoffe sind dort für die heranwachsenden Kartoffelpflanzen bereits zum Jugendwachstum bestmöglich verfügbar.

**Ertragserwartung von 850 dt/ha**

Die Versuche wurden gemeinsam mit Landwirten in deren Praxis-schlägen angelegt. Die Verfügbarkeit von Wasser war durch den Einsatz von Tropfbewässerung grundsätzlich gewährleistet und deshalb nicht ertragsbegrenzend. Damit lag den verabreichten Düngermengen (siehe Tabelle, S. 46 „Dünger-varianten konventionell und als Fertigation“) eine hohe Ertragserwartung von 650 dt/ha (2010) bis 850 dt/ha (2011 und 2012) zugrunde.

Granulierte Dünger wurden in allen Varianten ausschließlich zum Kartoffellegen ausgebracht. In Varianten mit nachfolgender Fertigation passierte das in reduzierter Form. Hier wurde die Düngung während der Vegetation über die Tropfschläuche nach einem festgelegten Plan fortgesetzt (siehe Tabelle, S. 46 „Zeitlich gestaffelte Flüssigdüngung über Tropfschläuche“).



**Kraftvoll mit Leichtigkeit**

**Die Kombination neuester und stärkster Fungizid-Wirkstoffe von Bayer CropScience für den Raps**

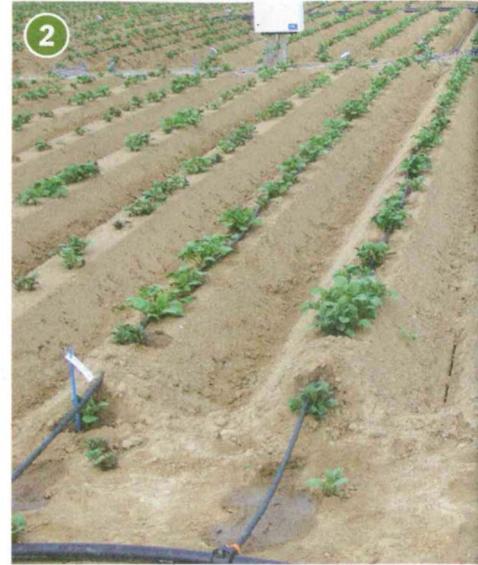


- **TOP-Wirkungsgrade gegen Sclerotinia und Alternaria**
- **Flexibler Anwendungszeitraum**
- **Mehr Schutz = höhere Erträge**

Pflanzenschutzmittel vorsichtig verwenden. Vor Verwendung stets Etikett und Produktinformationen lesen. Warnhinweise und -symbole beachten.

Bayerns, und zwar auf Sand-, Lehm- und Tonböden. Die Versuche wurden vierfach wiederholt und waren statistisch auswertbar. Die Flüssigdünger wurden zu den vorgesehenen Terminen von Hand über so genannte Dosatrone den Wasserleitungen zugeführt und je nach Variante dosiert.

Phosphat und Kali sind wenig mobil im Boden. Damit die gedüngten Nährsalze nicht nur oberflächlich, sondern im gesamten Hauptwurzelbereich pflanzenverfügbar sind, verabreicht man herkömmliche Korndünger sinnvollerweise kurz vor der Bodenbearbeitung im Frühjahr. Das bringt auch für ammoniumhaltige Stickstoff(N)-Dünger Vorteile. Ammoniumstickstoff ist ähnlich wenig mobil wie Kalium. Mit der nachfolgenden Bodenbearbeitung werden die Nährsalze gleichmäßig im Oberboden



► **Beispiel Sandböden 2010:** Im April hatte es kaum geregnet; der Mai war kalt und nass. Der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher (= nutzbare Feldkapazität) nahm entsprechend dem Tiefenwachstum der Kartoffelwurzeln zu. Der Boden konnte trotzdem die mehrmaligen und insgesamt ergiebigen Mai-Niederschläge nicht vollständig zwischenspeichern. Es kam an mehreren Tagen zur Bildung von Sickerwasser. Ab der zweiten Junihälfte setzte eine für mehrere Wochen anhaltende Trockenperiode ein. Anschließend war es wieder deutlich kühler und nasser. Bewässert wurde beim Unterschreiten einer Bodenfeuchte von 65 Prozent der nutzbaren Feldkapazität mit Tagesgaben von 4 mm beziehungsweise 5 mm.

Bei Varianten mit Fertigation waren für die Bewässerung dieselben Grenzwerte maßgeblich. Wurden diese nicht unterschritten (Mitte Mai bis Anfang Juni und ab

dem 20. Juli), erfolgte die Flüssigdüngung über Tropfschläuche dennoch: mit reduzierten Wassergaben in Höhe von 2 mm je Termin oder Woche.

### Fertigation ohne Vorteil

Auf dem Sandboden (Standort Roth, 2010) ließ sich in der unbewässerten Kontrollvariante ein Ertrag von 470 dt/ha erzielen. Mit Tropfbewässerung in Höhe von insgesamt 130 mm stieg er um 220 dt/ha.

Mit Fertigation und Wassergaben von 150 mm waren die Ertragseffekte dagegen um 80 dt/ha geringer. Auch in den anderen acht Versuchsanlagen ließen sich durch Fertigation in keinem Fall wesentliche Zusatzeffekte erzielen (siehe Grafik „Fertigation bringt keinen Mehrertrag für Kartoffeln“).

Über alle Versuche gemittelt, waren die Mehrerträge bei alleiniger Tropfbewässerung um 20 dt/ha größer als bei

- 1 Der große Versuch sollte Klarheit liefern über Kosten und Nutzen von Tropfbewässerung und Fertigation.
- 2 Die Tropfbewässerung lief im Dammkronverfahren, also in unmittelbarer Wurzelnähe.

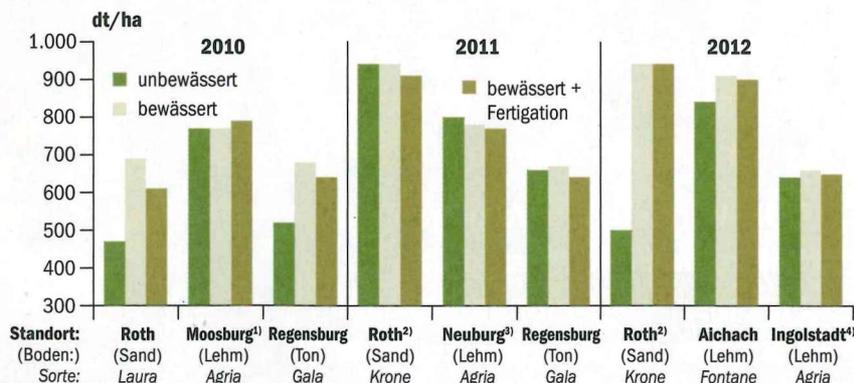
einer Kombination aus Tropfbewässerung und teilweiser Flüssigdüngung. Das Fertigationkonzept von 2011/2012 brachte leichte Vorteile im Vergleich zu 2010. Wesentlicher Unterschied: 2010 erfolgte bei Fertigation etwa 30 Prozent der Gesamt-N-Düngung nach der Kartoffelblüte in den Monaten Juli und August; in den beiden Folgejahren wurde dieser Anteil auf etwa 15 Prozent begrenzt. In den Versuchen hatte Flüssigdüngung keinen messbaren Einfluss auf die Knollenqualität (Oberflächenbeschaffenheit, Speisewert, Lagerfähigkeit).

### Späte Gaben wirken negativ

Kartoffelpflanzen haben ihren Hauptnährstoffbedarf während des Krautwachstums.



### Fertigation bringt keinen Mehrertrag für Kartoffeln



Ertragseffekte durch Tropfbewässerung im Dammkronverfahren; auf allen Standorten im Vergleich zum langjährigen Mittel überdurchschnittlich hoher Niederschlag; <sup>1)</sup> zuvor 20 Jahre lang keine Kartoffeln; <sup>2)</sup> toniger Sand; <sup>3)</sup> sandiger Lehm, Frühjahrstrockenheit, wegen Unterbodenverdichtungen nach Bewässerung Massivbefall mit Erwinia-Nassfäule; <sup>4)</sup> begrenztes Ertragspotenzial aufgrund von Spätsaat (10.5.); Quelle: Müller, ALB, Demmel/Kellermann, LfL



Fotos (4): Müller



Daher sollte die Düngung bis zum Ende der Kartoffelblüte abgeschlossen sein. In Süddeutschland ist das in der Regel spätestens Ende Juni. Spätere Gaben können das Einlagern von Assimilaten aus dem Kartoffelkraut in die Knolle behindern. Das verursacht Wachstumsstörungen und führt zu Ertrags- und Qualitätsverlusten (siehe dlz 6/2011, Seite 39).

In den vorliegenden Versuchen hat sich bei Tropfbewässerung die einmalige und vollständige NPK-Düngung unmittelbar vor der Bodenbearbeitung und dem darauf folgenden Legen der Knollen bewährt. Der Einsatz eines stabilisierten N-Düngers verhindert in feuchten Jahren,



1 Die Parzellen ließen sich einzeln ansteuern und die Nährstoff- und Wassermenge exakt regeln. 2 Eine programmierbare Steuerelektronik regelte die genauen Ausbringmengen.



- Ideal zur Abschlussbehandlung im Getreide
- Schützt vor späten Blatt- und Abreifekrankheiten
- Gegen Fusarien / Mycotoxine – für bessere Qualität

**Prosaro. Das Präzisions-Fungizid.**

**Pro Aktiv. Pro Qualität. Prosaro.**

Kostenloses AgrarTelefon: 0 800 - 220 220 9  
[www.agrar.bayer.de](http://www.agrar.bayer.de)

Pflanzenschutzmittel vorsichtig verwenden.  
 Vor Verwendung stets Etikett und Produktinformationen lesen.  
 Warnhinweise und Symbole beachten.

Bayer CropScience

Düngevarianten konventionell und als Fertigation

Düngerart, Gehalte	2010 650 dt/ha Ertragserwartung		2011, 2012 850 dt/ha Ertragserwartung	
	Konventionell (kg/ha)	Mit Fertigation <sup>1)</sup> (kg/ha)	Konventionell (kg/ha)	Mit Fertigation <sup>2)</sup> (kg/ha)
<b>Granulat (zum Kartoffellegen)</b>				
Entec 26 (N 26)	101 N		133 N	67 N
Diammonphosphat (N/P 18/46)	39 N, 100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15 N, 39 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	47 N, 120 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	37 N, 95 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Kalimagnesia (K 26)	300 K <sub>2</sub> O	150 K <sub>2</sub> O	380 K <sub>2</sub> O	255 K <sub>2</sub> O
Kalkammonsalpeter (N 26)		54 N		
<b>Fertigation</b>				
Monammonphosphat (N/P 12/61) <sup>3)</sup>		12 N, 61 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		5 N, 25 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Calciumnitrat (N 15,5) <sup>4)</sup>		15 N		34 N
Kaliumnitrat (N/K 13,5/46) <sup>4)</sup>		44 N, 150 K <sub>2</sub> O		37 N, 125 K <sub>2</sub> O
<b>Summe</b>	<b>N</b>	140	140	180
	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	100	100	120
	<b>K<sub>2</sub>O</b>	300	300	380

<sup>1)</sup> Aufteilung der Düngerarten entsprechend der Empfehlung eines Düngerherstellers; <sup>2)</sup> Aufteilung nach eigenem Ermessen der Versuchsanstalter; <sup>3)</sup> zum Jugendwachstum; <sup>4)</sup> zum Auflaufen bis Abreife; Quelle: Müller, ALB, Demmel/Kellermann, LfL **dlz** 2013

Zeitlich gestaffelte Flüssigdüngung über Tropfschläuche

Termin	Düngerart	Jahr 2010 (kg/ha)			Düngerart	Jahre 2011, 2012 (kg/ha)		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Mai, 2. Woche</b>	MAP	6	31	0	MAP	5	25	0
	MAP	3	15	0	Ca-Nitrat	7	0	0
	Ca-Nitrat	4	0	0	K-Nitrat	7	0	24
<b>Juni, 1. Woche</b>	MAP, Ca-Nitrat	7	15	0	Ca-Nitrat	7	0	0
	K-Nitrat	3	0	12	K-Nitrat	7	0	24
	Ca-Nitrat	2	0	0	Ca-Nitrat	7	0	0
	K-Nitrat	7	0	23	K-Nitrat	7	0	24
<b>Juli, 1. Woche</b>	Ca-Nitrat	2	0	0	Ca-Nitrat	4	0	0
	K-Nitrat	10	0	35	K-Nitrat	4	0	13
	Ca-Nitrat	2	0	0	Ca-Nitrat	4	0	0
	K-Nitrat	10	0	35	K-Nitrat	4	0	13
<b>Aug., 1. Woche</b>	Ca-Nitrat	2	0	0	Ca-Nitrat	4	0	0
	K-Nitrat	7	0	23	K-Nitrat	4	0	13
	K-Nitrat	3	0	12	Ca-Nitrat	4	0	0
	K-Nitrat	3	0	12	K-Nitrat	4	0	13
<b>Summe</b>		<b>71</b>	<b>61</b>	<b>150</b>		<b>79</b>	<b>25</b>	<b>125</b>

MAP = Monammonphosphat, Ca = Calcium, K = Kalium; Quelle: Müller, ALB, Demmel/Kellermann, LfL **dlz** 2013

etwa 2010, Nitratauswaschung. In Jahren mit ausgeprägter Frühjahrstrockenheit (2011) wird nach gleichmäßigem Einarbeiten des Düngers in den Oberboden eine optimale N-Verfügbarkeit gewährleistet: Durch eine anhaltende Befeuchtung des Kartoffeldamms über Tropfschläuche geht Stickstoff nach Pflanzenbedarf in die Bodenlösung über.

Bei einem Teilen der N-Düngung würde die zweite Gabe für eine bessere N-Bodenmobilität als Nitrat erfolgen. Trotzdem wäre diese zweite Gabe nicht automatisch

verfügbar: Die Körner landen bei nachträglichen Streugaben überwiegend in den Zwischendämmen. Dieser Bereich wird durch Tropfbewässerung im Dammkronenverfahren nicht befeuchtet. Erst nach Niederschlägen oder flächiger Überkopfberegnung würde Nitratdünger in die mobile lösliche und pflanzenverfügbare Phase übergehen.

Kartoffelbestände haben einen hohen Bedarf an Phosphat (P). Allerdings ist das Phosphat-Aneignungsvermögen von Kartoffelpflanzen aufgrund des wenig ausge-



Tropfbewässerung vermeidet Erosion

Im Frühjahr ist Tropfbewässerung allen anderen Beregnungsverfahren deutlich überlegen. Das langsame und gleichmäßige Herausströmen des Wasser (etwa 4 l m<sup>2</sup> in der Stunde) ist besonders bodenschonend. Im Gegensatz zu jeder Art von Überkopfberegnung vermeidet das Verfahren sowohl auf vollständig ausgetrockneten Dämmen als auch bei noch komplett fehlendem Blattdach Erosionsschäden, Dammattrag oder Verschlammung.

In Jahren mit Frühsommertrockenheit ist der Einsatz von Tropfbewässerung bereits ab dem Auflaufen der Kartoffelpflanzen sinnvoll: Die Dammstruktur stabilisiert sich mit Blick auf jederzeit mögliche Gewitterniederschläge. Außerdem ist ein zügiges und ausgeprägtes Jugendwachstum entscheidend für Spitzenerträge und hohe Qualitäten.

Wie hoch dürfen Einzelwassergaben bei Tropfbewässerung maximal sein, damit nichts unter den durchwurzelten Bodenhorizont sickert? Als Orientierung bieten die Bayerische LfL und die ALB Bayern ein kostenloses Berechnungsmodell an. Es berücksichtigt unter anderem Bodenart, nutzbare Feldkapazität, Schlauch- und Tropferabstand, Bewässerungsgrenzwert und das Wurzelwachstum. Zu finden ist es unter [www.alb-bayern.de](http://www.alb-bayern.de). mm/md/ak

prägten Wurzelwerks gering. Um dennoch eine gute P-Versorgung zu gewährleisten, ist es daher ratsam, physiologisch sauer wirkende Dünger einzusetzen: etwa Ammoniumphosphat, schwefelsaures Ammoniak, Harnstoff oder Ammoniumsulfat, das in Entec 26 enthalten ist.

Die Düngung von Nitrat-N, speziell in Form von Calciumnitrat, bewirkt gegenteilige Effekte. Deshalb ist die Düngung von Kalksalpeter und hochlöslichen Nitratdüngern (Fertigation) zu Kartoffeln aus Sicht der Pflanzenernährung wenig vorteilhaft. ks



Dr. Martin Müller<sup>1)</sup>  
Dr. Markus Demmel<sup>2)</sup>  
Adolf Kellermann<sup>2)</sup> (ohne Bild)

<sup>1)</sup>Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e. V.(ALB);  
<sup>2)</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising