

# Tropfbewässerung und Fertigation bei Hopfen



[www.alb-bayern.de/bef11](http://www.alb-bayern.de/bef11)

Bewässerungsforum Bayern, Verfasser:

**Johannes Stampfl, Johann Portner, Andreas Schlagenhauser, Stefan Fuß, Jakob Münsterer**  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



## Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung.....	4
2. Besondere Eigenschaften des Hopfens .....	4
3. Anlagenaufbau und Bewässerungsverfahren .....	7
4. Effekte durch Tropfbewässerung und Fertigation .....	10
5. Bewässerungsmanagement .....	11
6. Zusammenfassung .....	15

## 1. Einleitung

Die Sonderkultur Hopfen stellt für eine optimale Pflanzenentwicklung und ein stabiles Ertrags- und Qualitätsniveau hohe Ansprüche an die Wasserversorgung. In den semiariden Anbaubereichen der Welt ist Bewässerung deshalb eine Grundvoraussetzung, ohne welche der Hopfenanbau dort nicht möglich wäre. Der globale Klimawandel führt jedoch auch in eher humiden Regionen wie der Hallertau in Bayern, dem bedeutendsten Hopfenanbaugebiet der Welt und Spalt, zu einer Zunahme der Häufigkeit sowie Intensität von Wetterextremen wie Trockenperioden und Starkniederschlägen. Die Folge daraus ist eine ungleichmäßige Wasserversorgung, wodurch die Pflanzenentwicklung eingeschränkt wird und erhebliche Ertrags- und Qualitätseinbußen resultieren. Somit hat die Bewässerung des Hopfens zur Stabilisierung von Ertrag und Qualität und zur Minimierung des Anbaurisikos in den vergangenen Jahren auch in der Hallertau stark an Bedeutung gewonnen.

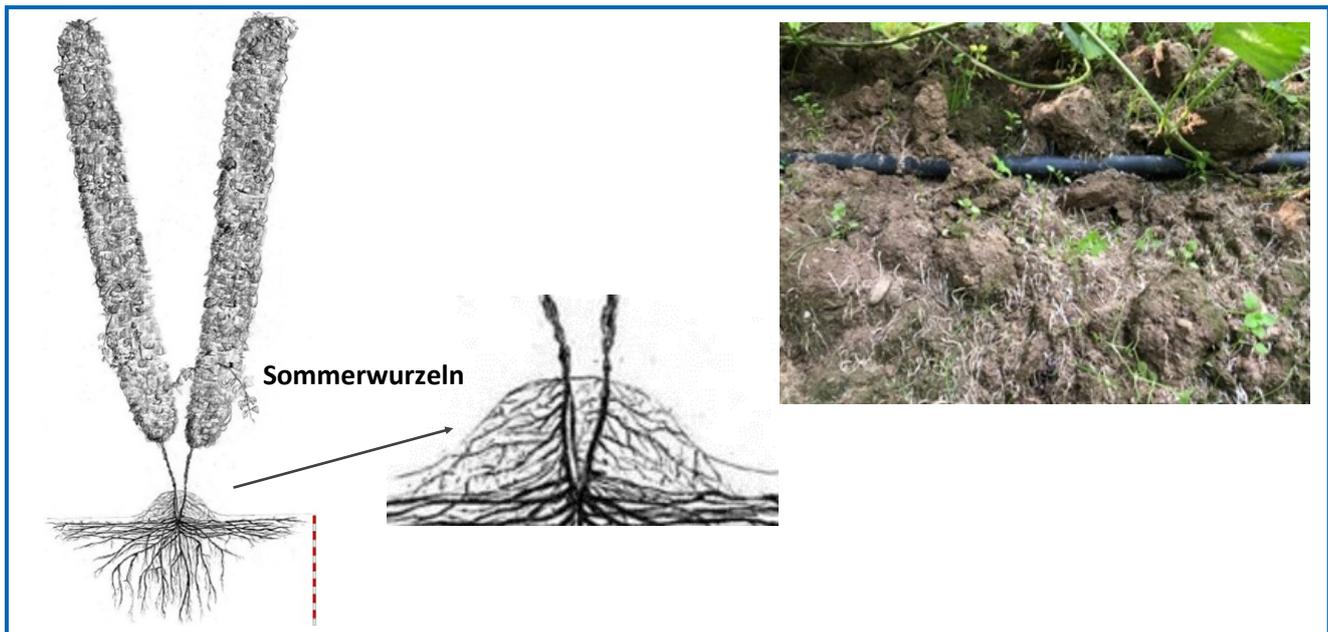
Neben der Sicherstellung der Wasserversorgung von Pflanzen bieten Bewässerungssysteme weiterhin die Möglichkeit, zusammen mit dem Wasser bedarfs- und zeitgerecht Pflanzennährstoffe auszubringen. Diese, als Fertigation bezeichnete Form der gezielten Düngung, ist hocheffizient und kann zukünftig einen wesentlichen Beitrag zur Verringerung von Nährstoffausträgen in andere Ökosysteme leisten.

Die Landwirtschaft ist sich ihrer Verantwortung bewusst, dass ein ressourcenschonender und nachhaltiger Umgang mit dem Bewässerungswasser zwingend erforderlich ist. Darum darf die landwirtschaftliche Bewässerung nicht in Konkurrenz zur Trinkwasserversorgung stehen, die gesetzlich verankerte Priorität genießt, oder negative Auswirkungen auf die Umwelt haben.

## 2. Besondere Eigenschaften des Hopfens



**Bild 1:** Hopfengerüstanlage mit V-förmiger Aufleitungsform und 3,2 m Reihenabstand



**Abb. 1:** Morphologie des Wurzelsystems einer Hopfenpflanze und Ausbildung der Sommerwurzeln im aufgeschütteten Bifang, eigene Darstellung nach Graf (2016)

Je nach Sorte und Standort kann eine Hopfenpflanze bei optimaler Bewirtschaftung 25 Jahre und länger gleichbleibend hohe Erträge liefern. Der Anbau erfolgt im Anbaugesamt Hallertau unter 6 bis 7 m hohen Gerüstanlagen. Damit die Hopfentriebe die Höhe emporwachsen können, benötigen sie eine Kletterhilfe. Dazu werden je Pflanze 2 sogenannte Aufleitdrähte im Stockbereich im Boden verankert und in einer V-förmigen Anordnung oben am Drahtnetz befestigt. Je Draht wachsen dann 3 manuell angeleitete Triebe in Form einer zylindrischen Hopfenrebe in die Höhe (vgl. Bild 1). Bei einem Reihenabstand von 3,2 Meter beträgt der Pflanzabstand innerhalb der Reihe in der Regel 1,5 Meter, wodurch sich je Einzelpflanze ein relativ großer Standortraum von 4,8 m<sup>2</sup> bzw. je Hopfenrebe von 2,4 m<sup>2</sup> ergibt. Die Bereiche zwischen den einzelnen Pflanzreihen dienen als Fahrspuren für Kulturmaßnahmen und werden in der Regel mit Zwischenfrüchten zum Erosionsschutz bepflanzt.

Eine Besonderheit des Hopfens stellt die horizontale und vertikale Ausdehnung des Wurzelsystems dar, wodurch jede Einzelpflanze grundsätzlich ein großes Bodenvolumen erschließen kann (vgl. Abbildung 1). Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Ausbreitung (Morphologie) des Wurzelsystems maßgeblich durch Faktoren wie Bodeneigenschaften (u.a. Bodenart und Boden-

typ, Verdichtungshorizonte, Staunässe), die angebaute Sorte sowie die Bewirtschaftung des Hopfenfeldes beeinflusst wird. Vor allem unterhalb der jeweils unmittelbar neben den Pflanzreihen verlaufenden Fahrspuren können Verdichtungszone entstehen, wodurch sich die Durchwurzelung in diesem Bereich verringert. Dementsprechend variiert die Durchwurzelungsintensität sehr stark und ist in der Fahrspurenmitte deutlich geringer. Im Allgemeinen kann davon ausgegangen werden, dass die mittlere Durchwurzelungstiefe bei 80 bis 100 cm liegt, vorausgesetzt die Bodenverhältnisse am Standort lassen dies zu.

Eine weitere Besonderheit des Hopfens ist, dass im Wachstumsverlauf durch das zweimalige sogenannte Aufackern entlang der Pflanzreihen Dämme (Bifänge) aufgeschüttet und geformt werden. Anschließend bilden die Pflanzen am unteren Abschnitt der verschütteten Haupttriebe (Sprosse) sogenannte sekundäre Sommerwurzeln aus (vgl. Abbildung 1). Diese direkt am Spross gebildeten Feinwurzeln können Wasser und Nährstoffe höchst effektiv aufnehmen. Die Intensität der Durchwurzelung variiert in Abhängigkeit der Bodeneigenschaften, Witterung und Bewirtschaftung. Häufig wird das gesamte Dammvolumen erschlossen.

## Wasserverbrauch des Hopfens

Die täglich verdunstete Wassermenge eines Pflanzenbestands ist abhängig von den Witterungsbedingungen, der Pflanzenentwicklung und dem Standort. Eine grundsätzliche Beschreibung der Verdunstung ist über den Prozess der Evapotranspiration (ET) möglich (siehe ALB-Beratungsblätter bef1 bis bef3). Dabei wird zunächst die potentielle Evapotranspiration

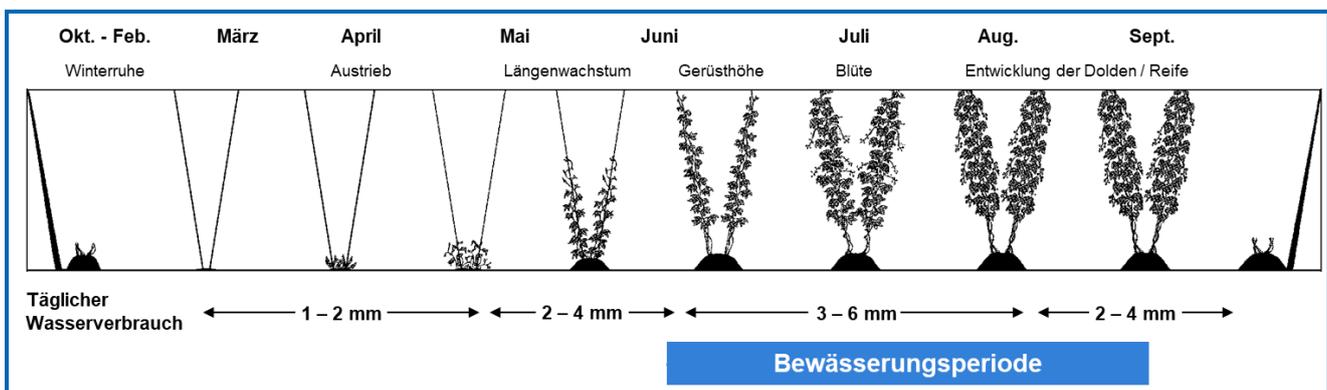
(ET<sub>o</sub>) auf Basis der Witterungsparameter Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung, deren Messung an ortsnahen Wetterstationen erfolgt, berechnet. Die anschließende Ableitung der tatsächlichen Verdunstung bzw. realen Evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) erfolgt unter Berücksichtigung kulturspezifischer Korrekturwerten, den sogenannten kc-Faktoren. Für die Sonderkultur Hopfen wurden folgende kc-Faktoren festgelegt:

**Tab. 1:** Hopfenspezifische kc-Faktoren in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums der Pflanze - Erfahrungswerte zum Erreichen der Stadien als Grundeinstellung für die ALB-Bewässerungs-App (verändert nach: Allen et al. (1998) auf Basis mehrjähriger Versuchsergebnisse).

Stadium	Erreichen des Stadiums	Kc-Faktor
Vor Austrieb	1. April	0,1
Ab Austrieb	15. April	0,4
50% Gerüsthöhe	5. Juni	0,7
100% Gerüsthöhe	25. Juni	1,0
Beginn Blüte	10. Juli	1,1
Ende Doldenentwicklung	25. August	0,8
Erntereife	5. September	0,5

Wird die tatsächliche Verdunstungsrate (ET<sub>c</sub>) für Hopfen ermittelt, zeigt sich, dass der höchste tägliche Wasserverbrauch während der Hauptwachstumsphase in den Monaten Juni, Juli und August liegt (vgl. Abbildung 2). Im Gegensatz zu anderen Kulturpflanzen erreicht Hopfen mit einem Blattflächenindex (BFI) von bis zu 9 eine sehr große Blattfläche je Pflanze.

Als Bewässerungsperiode kann unter den aktuellen klimatischen Bedingungen in der Hallertau der Zeitraum von Mitte Juni bis Mitte September (je nach Reifezeitpunkt der Sorte) angegeben werden. In Extremjahren mit langen Trockenperioden kann sich ein Gesamtbewässerungsbedarf von bis zu 1500 m<sup>3</sup>/ha und Jahr bzw. 40 m<sup>3</sup>/ha und Tag ergeben.



**Abb. 2:** Wachstumsverlauf, täglicher Wasserverbrauch und Bewässerungsperiode bei Hopfen, eigene Darstellung nach Niedermeier (2020)

### 3. Anlagenaufbau und Bewässerungsverfahren

#### Bewässerungsverfahren

Im Gegensatz zu Bewässerungsverfahren mit flächiger Wasserverteilung befeuchten Tropfbewässerungssysteme nur einen geringen Anteil der gesamten Bodenoberfläche, weshalb die Wasserausnutzung sehr hoch ist. Ein weiterer Vorteil der Tropfbewässerung liegt in der Möglichkeit, Pflanzennährstoffe direkt in die aktive Wurzelzone zu applizieren, wodurch verbesserte Wachstumsbedingungen geschaffen werden und zugleich das Risiko für Auswaschungsverluste minimiert wird. Tropfbewässerungssysteme bieten sich insbesondere bei mehrjährigen Reihenkulturen wie dem Hopfen mit großen Reihenabständen an.

Bei Tropfbewässerungssystemen stellt sich häufig die Frage, welcher Tropfschlauch verwendet werden soll. Im Hinblick auf eine gleichmäßige Wasser- und Düngerverteilung über die gesamte Reihenlänge sind grundsätzlich nur druckkompensierte Tropfrohre zu empfehlen. Folgen-

de Parameter sind bei der Auswahl des Tropfschlauches zu beachten:

- ▶ Ausstoßrate eines einzelnen Tropfelements in Liter/Stunde
- ▶ Abstand der Tropfelemente in cm
- ▶ Wandstärke und Durchmesser des Schlauches in mm

In der Praxis erwiesen sich im Hopfenanbau Tropfrohre mit einem Tropferabstand von 50 cm und einer Ausstoßrate von 1,0 Liter/Stunde je Tropfer als tauglich. Im Hinblick auf die Wandstärke zeigte sich, dass Schläuche mit 1,2 mm ausreichend robust sind, sowohl bei ober- als auch bei unterirdischer Verlegung. Schläuche mit geringerer Wandstärke erwiesen sich in der Praxis hingegen als anfällig für Beschädigungen und Wildverbiss (z. B. Hasen). Der Durchmesser des Schlauches beeinflusst die maximal mögliche Schlauchlänge. Um eine gleichmäßige Wasserverteilung im Feld zu erreichen sollte der Schlauchdurchmesser im Zweifelsfall erhöht werden.

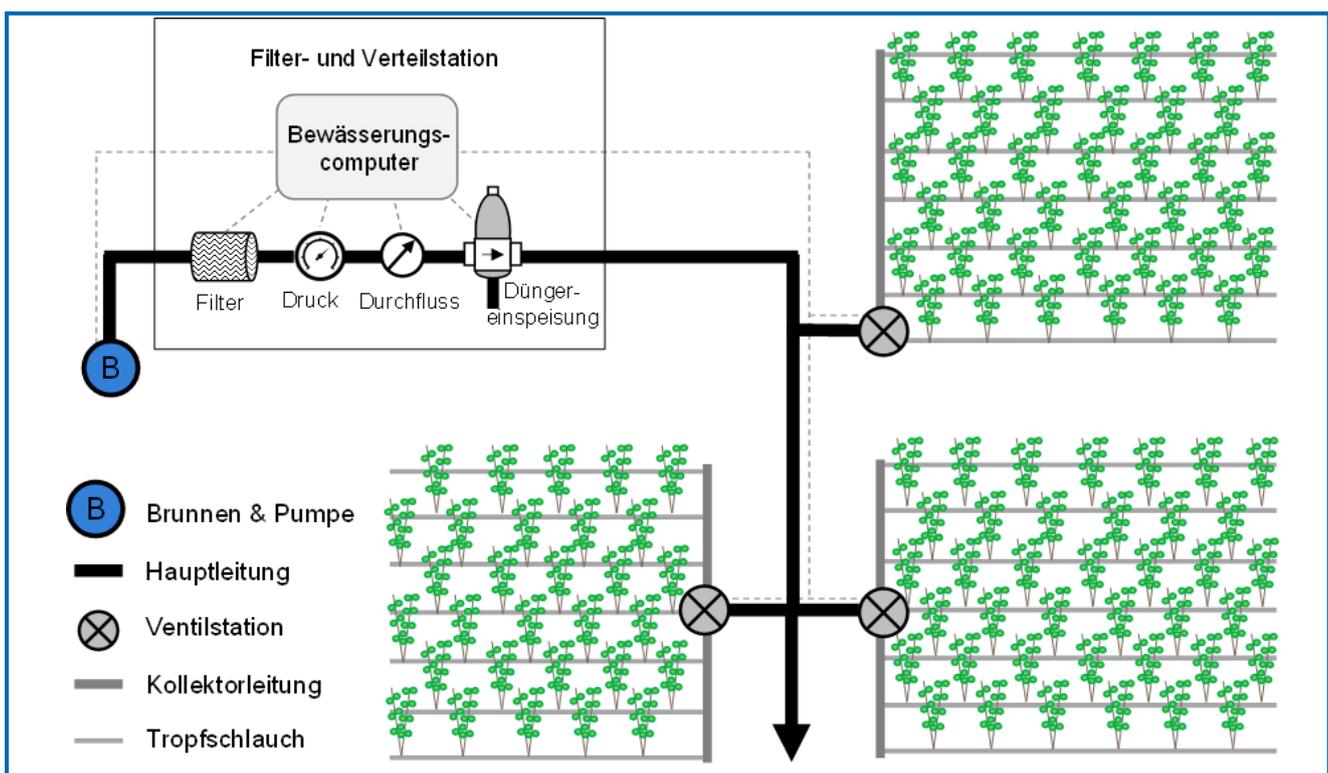


Abb. 3: Schematischer Aufbau einer Bewässerungsanlage



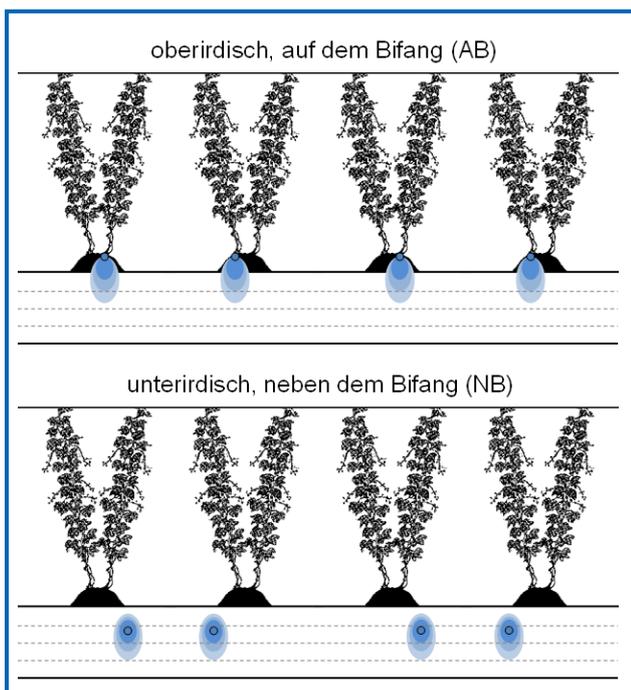
**Bild 2, 3, 4:** Beispiele für die Errichtung einer Filter- und Verteilstation in einem Gebäude (links) bzw. einem Container (Mitte)

### Tropfschlauchpositionierung

Bei Hopfen wird der Tropfschlauch in der Praxis hauptsächlich oberirdisch auf dem Bifang oder unterirdisch neben dem Bifang positioniert (vgl. Abbildung 4).

Bei oberirdischer Bewässerung auf dem Bifang (AB) wird der Tropfschlauch jährlich nach dem letzten Aufackern mit einer seitlich am Schlepper angebauten Vorrichtung (Metallrohr mit Gleitkufe) auf den Bifang ausgelegt (vgl. Bild

5,6). Eine Führungsfurche, in die der Tropfschlauch dabei eingelegt wird, verhindert das Abrutschen der Schläuche in die Fahrspuren. Die im aufgeschütteten Bifang gebildeten Sommerwurzeln (vgl. Abbildung 1) garantieren unabhängig von der Bodenqualität eine höchst effektive Aufnahme von Wasser und Nährstoffen. Bei diesem System müssen die ausgelegten Tropfschläuche aufgrund der Frühjahrspflegearbeiten im Folgejahr im Herbst wieder aufgerollt werden. Je nach Mechanisierung und Schlaggröße liegt der Arbeitszeitbedarf für beide Arbeitsschritte zusammen (Auslegen und Aufrollen) bei 3 bis 4 Akh und 2 Schlepperstunden je Hektar.



**Abb. 4:** Möglichkeiten zur Positionierung des Tropfschlauches - schematische Darstellung

Bei unterirdischer Bewässerung neben dem Bifang (NB) werden in jeder zweiten Fahrspur zwei Tropfschläuche dauerhaft in eine Tiefe von etwa 30 cm eingezogen (vgl. Abbildung 4). Die Schläuche liegen dann etwa 30 cm weit von der Mitte der Pflanzreihen entfernt, im Bereich unterhalb der Fahrspuren. Dort herrschen grundsätzlich eine höhere Lagerungsdichte des Bodens und eine geringere Durchwurzelungsintensität als im aufgeschütteten Damm (Bifang). Der Aufwand für die Erstinstallation des unterirdischen Tropfsystems ist zunächst höher, allerdings entfällt in den Folgejahren das jährliche Auslegen und Aufrollen der Tropfschläuche.

Im Rahmen mehrjähriger Feldversuche hat sich gezeigt, dass die oberirdische Bewässerung auf dem Bifang (AB) pflanzenbaulich wie auch ökonomisch effektiver als die unterirdische Bewässerung neben dem Bifang (NB) ist. Dabei stellte



**Bild 5, 6:** Oberirdische Verlegung des Tropfschlauches nach dem Aufschütten des Bifangs in einer Führungsfurche

sich jedoch auch heraus, dass die Effektivität der unterirdischen Bewässerung stark abhängig von den Bodeneigenschaften im Bereich um den Tropfschlauch ist. Auf Böden mit einem hohen Anteil an Mittel- und engen Grobporen, welche entweder eine optimale Wasserverteilung in Richtung des Hauptwurzelbereichs des Hopfens oder eine intensive Durchwurzelung des Bereichs um den Tropfschlauch garantieren, funktioniert dieses System durchaus. Auf leichten sandigen Böden ist die horizontale Wasserverteilung hingegen nicht gewährleistet. Bei schweren tonigen Böden mit einem hohen An-

teil an Feinporen dauert dagegen die Wasserverteilung sehr lange und es besteht die Gefahr, dass Sauerstoffmangel im Durchwurzelungshorizont auftritt oder es bei Überfahrten zu schädlichen Bodenverdichtungen im Bereich der Tropfschläuche kommt

**Fazit:** Je niedriger die Bodenqualität, desto eher sollte der Tropfschlauch oberirdisch auf den Bifang ausgelegt werden.

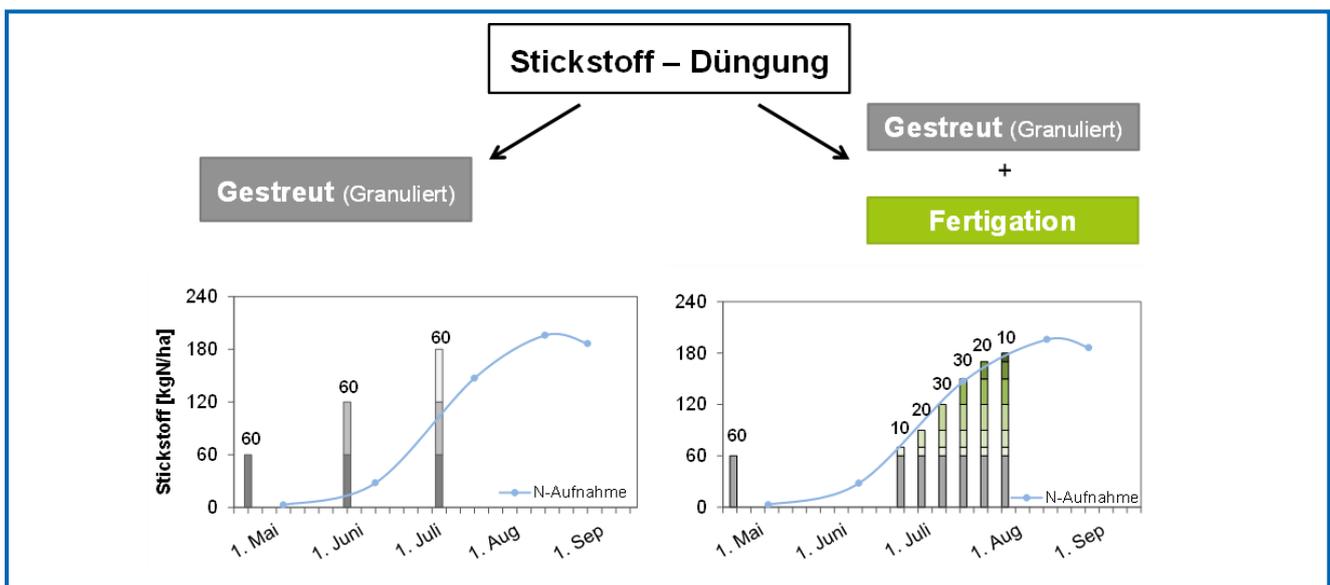


**Bild 7, 8:** Unterirdische Installation des Tropfschlauches neben den Pflanzreihen in einer Tiefe von 30 cm

## 4. Effekte durch Tropfbewässerung und Fertigation

Im Rahmen eines vierjährigen Forschungsprojekts am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) wurden im Zeitraum von 2017 bis 2020 die Effekte von Tropfbewässerung und Fertigation (Düngereinspeisung) bei Hopfen an verschiedenen Standorten in der Hallertau untersucht. Dabei wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Wasser- und Stickstoff-

applikationsformen geprüft. Die Düngung des Stickstoffs erfolgte entweder ausschließlich in granulierter Form oder durch kombinierte N-Düngesysteme mit Fertigation, bei welchen die auszubringende Gesamt-N-Menge zum Teil in granulierter Form (gestreut) und zum Teil über das Bewässerungswasser ausgebracht wurde (vgl. Abbildung 5).

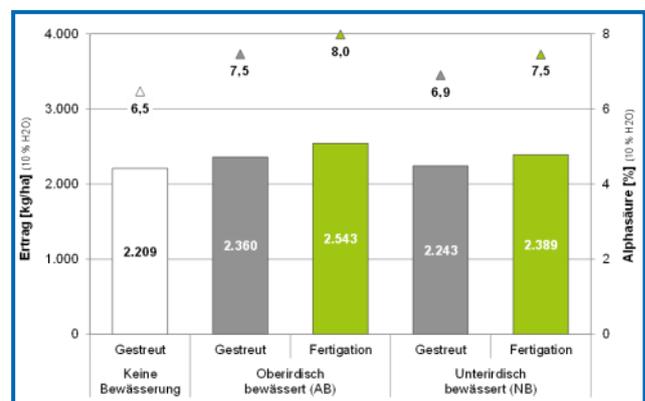


**Abb. 5:** Vergleich eines N-Düngesystems mit ausschließlich granulierter N-Düngung und eines kombinierten Systems mit Fertigation; Ausbringung von insgesamt 180 kg N/ha – entweder 3 x 60 kg N/ha gestreut oder 1 x 60 kg N/ha gestreut + 120 kg N/ha als AHL über Fertigation

### Ertrags- und Qualitätseffekte

Im Zeitraum von 2017 bis 2019 traten während der Vegetationsperiode in jedem Jahr zu unterschiedlichen Zeitpunkten Trockenperioden auf. Durch Bewässerung und Fertigation konnten in den Versuchen deutliche Ertrags- und Qualitätseffekte erzielt werden (vgl. Abbildung 6). Folgende Aussagen können auf Basis der Versuchsergebnisse getroffen werden:

- ▶ Stabilisierung von Ertrag und Alphasäuregehalt durch Bewässerung
- ▶ oberirdische Tropfschlauchverlegung (AB) effektiver als unterirdische (NB)
- ▶ zusätzliche Effizienzsteigerung der Bewässerung durch Fertigation



**Abb. 6:** Einfluss unterschiedlicher Wasser- und Stickstoffapplikationsformen auf den Doldenertrag und Alphasäuregehalt (3-jährige Mittelwerte von 2017 bis 2019) der Sorte Perle auf einem sandigen Boden; N-Düngung: 180 kg N/ha

## Umweltwirkung

Die Nutzung von Bewässerung garantiert auch in Trockenperioden eine sortentypische Pflanzenentwicklung. Durch die verbesserten Wachstumsbedingungen bildet die Hopfenpflanze mehr Biomasse. Daraus resultiert wiederum ein höherer N-Entzug, eine Steigerung der N-Ausnutzung und letztendlich auch ein messbar niedrigerer Nmin-Gehalt im Boden zum Ende der Vegetationsperiode (vgl. Abbildung 7). Das Risiko einer Nitratverlagerung oder sogar -auswaschung ins Grundwasser kann durch Bewässerung somit deutlich vermindert werden.

Werden zusätzlich N-Düngesysteme mit Fertigation genutzt, bei welchen eine bestimmte N-Menge über das Bewässerungswasser ausgebracht wird, kann die Effizienz der N-Düngung weiter gesteigert werden. In Feldversuchen konnte an unterschiedlichen Standorten gezeigt werden, dass der Nmin-Gehalt im Boden durch Fertigation nachhaltig gesenkt werden kann, wodurch sich das Risiko für Nitrat auswaschung reduziert.

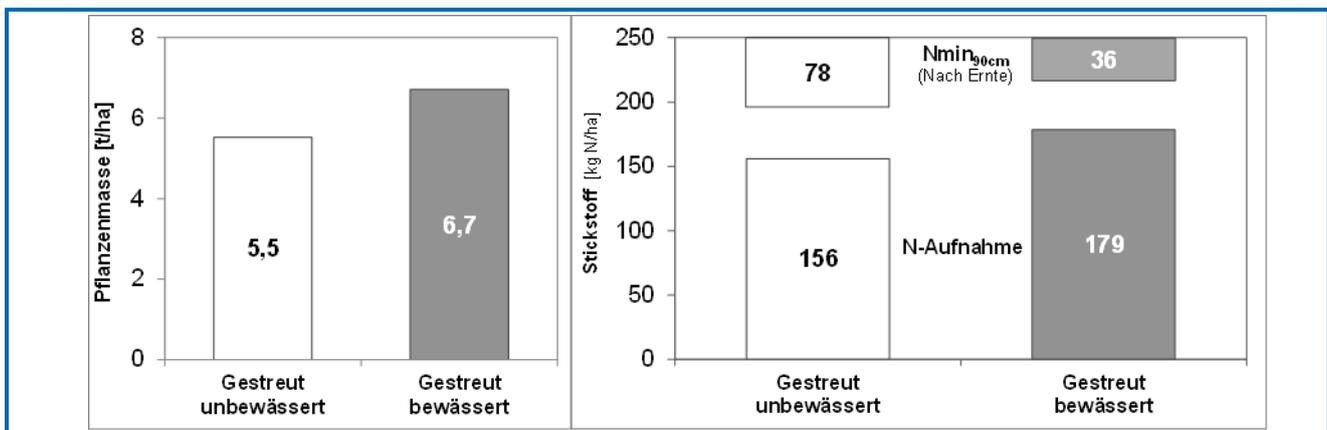


Abb. 7: Einfluss von Bewässerung auf die Pflanzenmasse und Stickstoffaufnahme der Sorte Perle auf einem sandigen Standort und Nmin-Gehalt im Boden im Herbst nach der Ernte

## 5. Bewässerungsmanagement

Ziel der Hopfenbewässerung ist die Aufrechterhaltung einer spezifischen optimalen Bodenfeuchte, so dass die Pflanzen nicht an Trockenstress leiden. Dabei beinhaltet ein effektives und ressourcenschonendes Bewässerungsmanagement die Bestimmung von Zeitpunkt und Höhe der Wassergaben sowie Zeitintervallen zwischen diesen, auf Basis objektiver Bemessungskriterien.

Damit ab Mitte Juni bei Bedarf bewässert werden kann, muss bei oberirdischer Tropfschlauchposition das Auslegen der Tropfschläuche rechtzeitig erfolgen. Vorausgehende Kulturmaßnahmen sind möglichst danach auszurichten. Bei unterirdischer Tropfschlauchverlegung

mit zwei Schläuchen in jeder zweiten Fahrspur ist zwingend darauf zu achten, dass diese Spuren ab dem Beginn von Bewässerungsmaßnahmen nicht mehr befahren werden. Ansonsten können in Abhängigkeit der Bodenart und -feuchte schädliche Bodenverdichtungen entstehen, wodurch das Wurzel- und Pflanzenwachstum eingeschränkt wird.

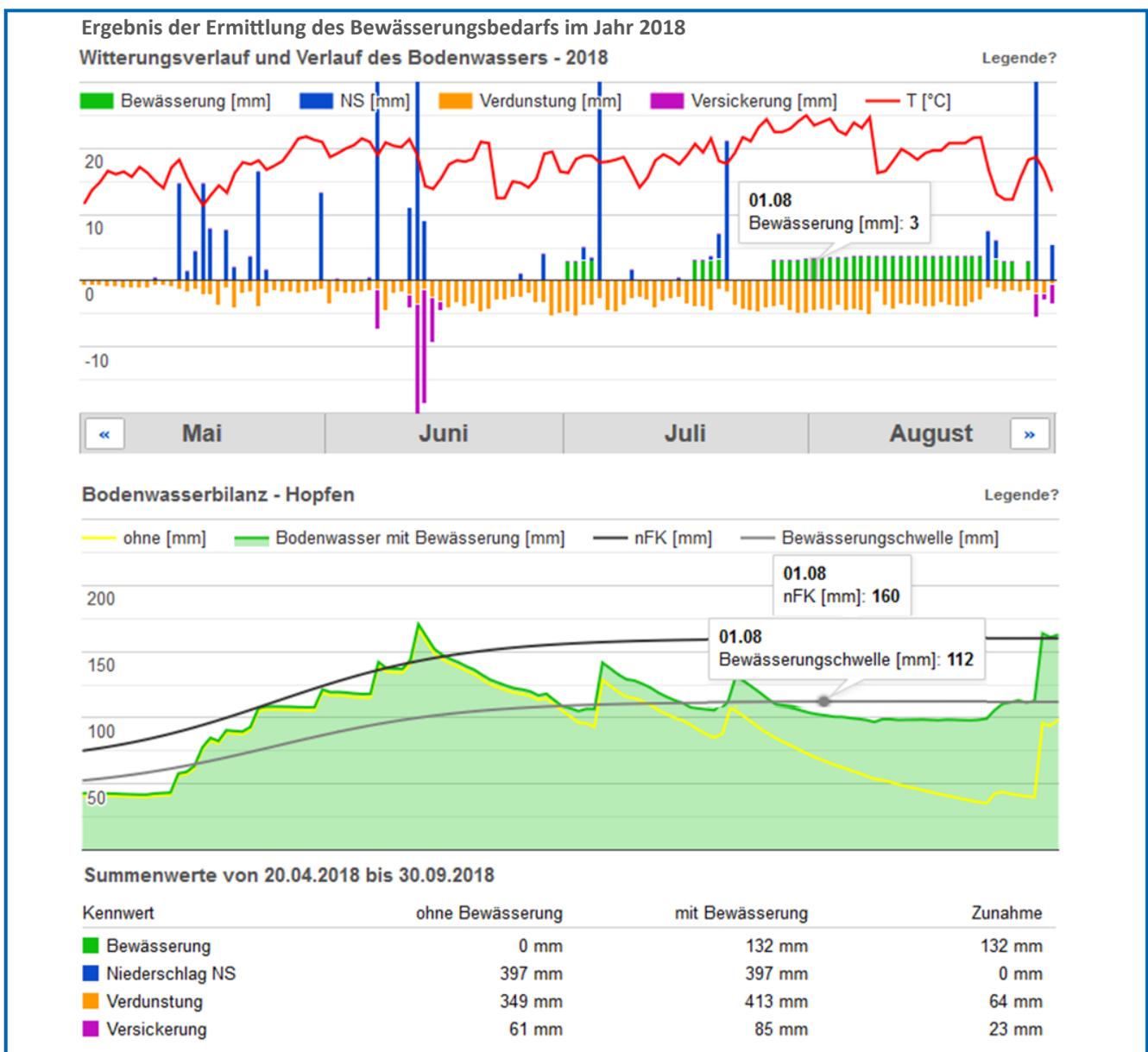
### Bewässerungssteuerung per App

Die Bewässerungs-App der Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen (ALB) ist ein webbasiertes Entscheidungssystem zur Planung, Berechnung und Dokumentation von Bewässerungsmaßnahmen. Der Be-

wässerungsbedarf wird auf Basis der täglichen Verdunstungsrate, Niederschlagsmenge und -verteilung sowie des Verlaufs des Bodenwassers berechnet. Die Ergebnisse der Bewässerungs-App werden in unterschiedlichen Diagrammen und Tabellen ausgegeben (vgl. Abbildung 8).

Die Bewässerungsschwelle (in % der nutzbaren Feldkapazität (nFK)) gibt an, ab welcher Bodenfeuchte Wassergaben erforderlich werden. Ist während der Hauptwachstumsphase des Hop-

fens eine längere Trockenperiode mit hohen Verdunstungsraten absehbar, sollte die Bewässerungsschwelle anfangs mit 70 bis 80 % der nFK nicht zu niedrig angesetzt werden, um einen rechtzeitigen Beginn von Bewässerungsmaßnahmen zu ermöglichen. Obwohl der Hopfen ein weit verzweigtes Wurzelsystem aufweist, kann bereits eine Austrocknung des Bifangs und Hauptwurzelbereichs je nach Sorte zu Trockenstress und Ertragseinbußen führen. Wird mit der Bewässerung zu spät begonnen, können Ertrag und Qualität häufig nicht mehr



**Abb. 8:** Bewässerungssteuerung mit der Bewässerungs-App: Berechnung von Zeitpunkt und Höhe einzelner Wassergaben für oberirdische Tropfbewässerung bei Hopfen auf sandigem Lehm im Jahr 2018 auf Basis der Witterungsdaten der Wetterstation „Hüll“

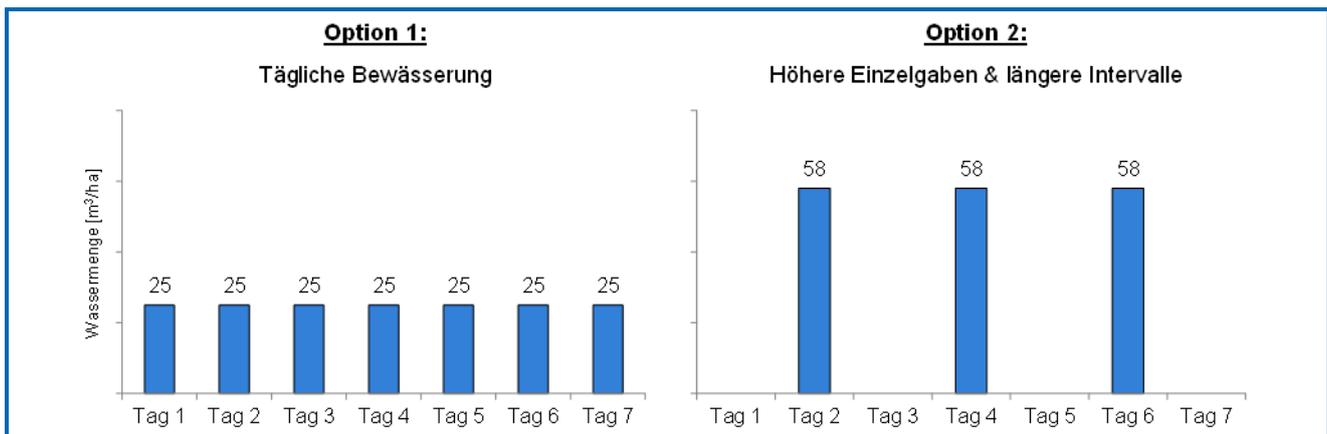


Abb. 9: Möglichkeiten zur Verteilung des berechneten Gesamt-Bewässerungsbedarfs von 175 m<sup>3</sup>/ha über einen Zeitraum von 7 Tagen (Tropfschlauch: Ausstoßrate = 1,0 Liter/Std.; Abstand der Tropfelemente = 50 cm).

ausreichend stabilisiert werden. Im weiteren Verlauf der Bewässerungsperiode kann die Bewässerungsschwelle mit zunehmender Austrocknung des Bodens auch verringert werden.

### Wasserausbringung und Bewässerungsintervalle

Nach der Ermittlung des Gesamtbedarfs für einen bestimmten Zeitraum stellt sich in der Praxis häufig die Frage nach der Verteilung der ermittelten Wassermenge. Soll täglich bewässert werden oder sollen höhere Einzelgaben ausgebracht werden, dafür aber nur jeden zweiten oder dritten Tag (vgl. Abbildung 9).

Auf sehr leichten Böden mit hohen Sand- oder Kiesanteilen ist die Höhe einzelner Bewässerungsgaben stark begrenzt, damit das Wasser nicht außerhalb des effektiven Wurzelraums versickert. Hingegen verbessert sich die horizontale Verteilung des Bewässerungswassers mit zunehmendem Schluff- und Tonanteil, weshalb auf mittleren und schwereren Böden auch höhere Einzelgaben und längere Bewässerungsintervalle möglich sind.

Bei unterirdischer Tropfschlauchverlegung führen höhere Einzelgaben zu einer Verbesserung der Effektivität der Bewässerung, da ein größeres Bodenvolumen durchfeuchtet wird. Auf stark sandigen oder kiesigen Standorten, auf denen die Verteilung des Wassers stark eingeschränkt ist, sind hohe Einzelgaben und längere Intervalle hingegen keine Option. Weiterhin ist zu beachten, dass zu kleine Einzelgaben zu einem geringen durchfeuchteten Bodenvolumen

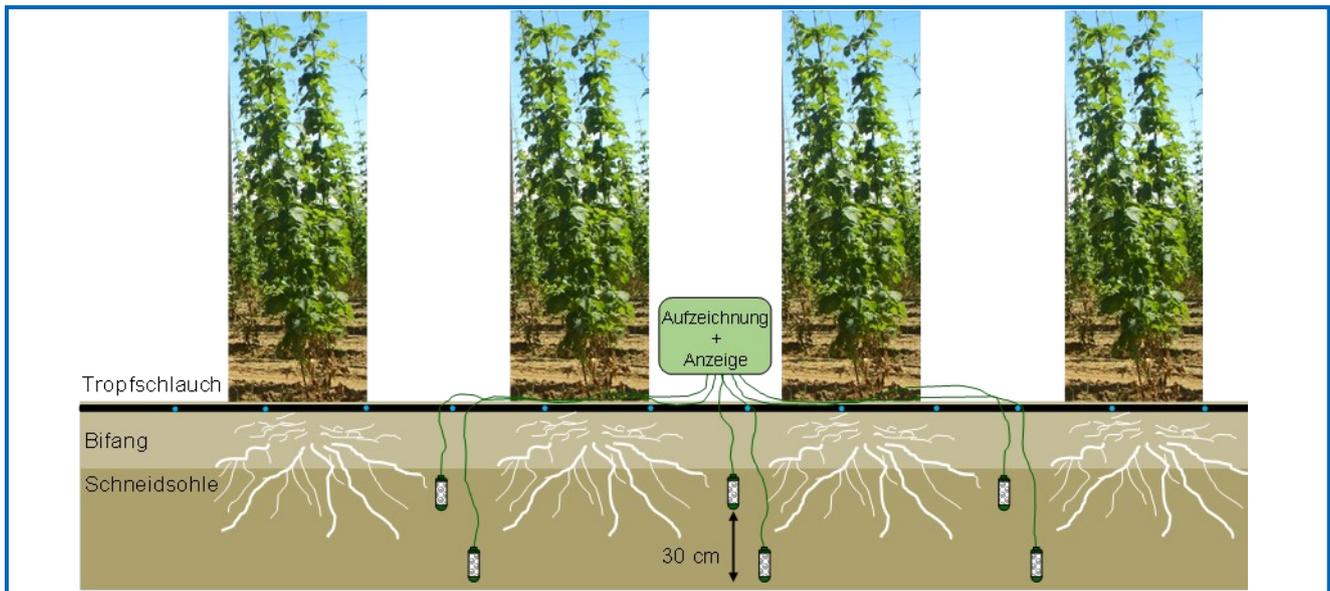
führen. Die Folge daraus ist, dass sich die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen auf ein kleineres Bodenvolumen konzentriert, wodurch es bei länger anhaltenden Trockenperioden auch zu einer Nährstoffunterversorgung kommen kann.

### Überprüfung der Bewässerungsmaßnahmen

Während der Bewässerungsperiode muss regelmäßig kontrolliert werden, ob die ausgebrachte Wassermenge und die Wasserverteilung mit dem tatsächlichen Bedarf des Hopfens übereinstimmen. Folgende Faktoren können dazu führen, dass der Bedarf über- oder unterschätzt wird:

- ▶ wechselnde Bodenqualitäten innerhalb eines Schlags
- ▶ Sortenunterschiede
- ▶ Unterschiede in der Bestandsdichte
- ▶ Oberflächenabfluss von Niederschlagswasser in Hanglagen

Vor allem, wenn neu mit der Hopfenbewässerung begonnen wird, sollte auf jeden Fall durch regelmäßige Spatenproben überprüft werden, ob tendenziell zu viel oder zu wenig bewässert wird. In der Regel ist im Feld gut sichtbar, ob die Hopfenpflanzen das ausgebrachte Wasser aufnehmen oder die Bodenfeuchte zunimmt. Durch Aufgraben unterhalb einer Tropfstelle nach einer Wassergabe kann beispielsweise auch die Versickerungstiefe beurteilt und anschließend die Höhe einzelner Wassergaben standortspezifisch angepasst werden.



**Abb. 10:** Positionierung von Bodenfeuchtesensoren im Feld bei Hopfen zur frühzeitigen Erkennung, ob tendenziell zu viel oder zu wenig bewässert wird (verändert nach Münsterer (2012)).

Eine weitere Möglichkeit zur Überprüfung und frühzeitigen Erkennung, ob tendenziell zu viel oder zu wenig bewässert wird, ist der Einsatz von Bodenfeuchtesensoren. Unterschiedliche Sensoren und Messprinzipien werden im ALB-Beratungsblatt bef11 beschrieben. Hinsichtlich des Einbaus von Sensoren zur Messung der Bo-

denfeuchte hat sich im Hopfen folgende Vorgehensweise bewährt (vgl. Abbildung 10):

- ▶ Einbau in der Reihe zwischen zwei Pflanzen, jeweils unterhalb der Tropfstelle
- ▶ zwei Sensoren in unterschiedlichen Tiefen:
  - Sensor 1 knapp unter der Schneidsohle
  - Sensor 2 etwa 30 cm darunter

Monat	April					Mai					Juni				Juli				August					Gesamt [kg N/ha]	Fertigation Anteil						
	Kalenderwoche					Kalenderwoche					Kalenderwoche				Kalenderwoche				Kalenderwoche												
N-Menge [kg N/ha]				50						40			15	15	15	15	15	15												180	50%

Monat	April					Mai					Juni				Juli				August					Gesamt [kg N/ha]	Fertigation Anteil					
	Kalenderwoche					Kalenderwoche					Kalenderwoche				Kalenderwoche				Kalenderwoche											
N-Menge [kg N/ha]				50						40			18	18	18	18	18												180	50%

**Abb. 11:** Beispiele für mineralische N-Düngesysteme mit einem Fertigungs-Anteil von 50 % und Beginn der Düngereinspeisung ab KW25 bzw. KW26

### Fertigation in der Praxis

Ist am Betrieb eine Bewässerungsanlage mit oberirdischer Tropfschlauchverlegung auf dem Bifang (AB) vorhanden, ist es grundsätzlich sinnvoll, einen Teil der gesamten Stickstoffmenge über Fertigation auszubringen (vgl. Abbildung 11). Wichtig dabei ist, dass vorausgehende Kulturmaßnahmen und die betrieblichen Abläufe ein rechtzeitiges Auslegen der Tropfschläuche

ermöglichen, um spätestens Ende Juni (ab Kalenderwoche 26) mit der Düngereinspeisung beginnen zu können. Die Ausbringung des N-Anteils über das Bewässerungswasser sollte möglichst während der Hauptwachstumsphase im Zeitraum zwischen Mitte Juni und Anfang August erfolgen. Für die Düngereinspeisung bei unterirdisch verlegten Tropfschläuchen eignen sich nur Böden mit ausreichender horizontaler Wasserverteilung.

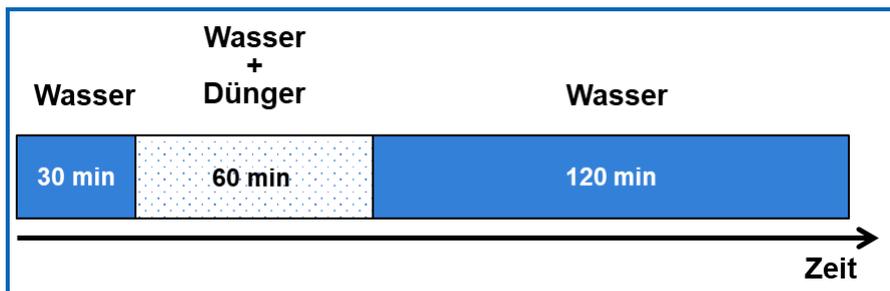


Abb. 12: Beispiel eines Einspeisevorgangs mit 3,5 Std. Gesamtlaufzeit

Um eine gleichmäßige Düngerverteilung im Feld zu erreichen sind folgende Punkte zu beachten:

- ▶ Keine Leckagen an den Tropfschläuchen, zu erkennen an größeren Wasseransammlungen im Feld.
- ▶ Vor Beginn eines Einspeisevorgangs müssen alle Tropfschläuche der entsprechenden Schläge vollständig gefüllt sein UND der Betriebsdruck muss erreicht sein.

- ▶ Nach Abschluss des Einspeisevorgangs muss eine ausreichende Nachlaufzeit mit reinem Wasser eingehalten werden, damit sich der im Bewässerungssystem befindliche Dünger gleichmäßig im Feld verteilt (vgl. Abbildung 12).

## 6. Zusammenfassung

Die Nutzung von Tropfbewässerung und Fertigation bei Hopfen stellen einen effektiven Lösungsansatz dar, um zukünftig den Auswirkungen des Klimawandels im deutschen Hopfenbau zu begegnen. Dabei können nicht nur agronomische Parameter wie der Doldenertrag und der Alphasäuregehalt stabilisiert, sondern auch ökologisch relevante Kennzahlen wie der N-Saldo verbessert und dadurch das Risiko einer Nitrat- auswaschung ins Grundwasser reduziert wer-

den. Ein effektives und ressourcenschonendes Bewässerungsmanagement beinhaltet die Bestimmung von Zeitpunkt und Höhe der Wassergaben sowie Zeitintervallen zwischen diesen, auf Basis objektiver Bemessungskriterien.

Weiterführende Informationen zum Thema Tropfbewässerung und Fertigation bei Hopfen sind auch in der gleichnamigen LfL-Informationsschrift zu finden.

---

**Zitiervorlage:** Stampfl, J., Portner J., Schlagenhauser, A., Fuß, S., Münsterer, J. (2021): Tropfbewässerung und Fertigation bei Hopfen. In: Bewässerungsforum Bayern, 1. Auflage - 03/2021, Hrsg. ALB Bayern e.V., [www.alb-bayern.de/bef11](http://www.alb-bayern.de/bef11), Stand: [Abrufdatum].

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

Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Telefon: 08161 / 887- 0078

Telefax: 08161 / 887- 3957

E-Mail: [info@alb-bayern.de](mailto:info@alb-bayern.de)

Internet: [www.alb-bayern.de](http://www.alb-bayern.de)