

Heinz Sourell, Till Belau und Norbert Fröba

Investitionen und Verfahrenskosten für die Feldbewässerung

In trockenen Jahren ist die Feldberegnung von existenzieller Bedeutung für die Landwirtschaft und den Gartenbau. Aber auch in Jahren mit durchschnittlichen Regenmengen leistet sie einen positiven Beitrag zur Ertrags- und Qualitätssicherung. Im Folgenden werden die verschiedenen Bau- und Arbeitsweisen für die Wasserbereitstellung und die Wasserverteilung beschrieben und der Kapitalbedarf sowie die Verfahrenskosten ausgewiesen. Bei ungünstigen Verhältnissen kann die Wasserbereitstellung über 50 % der gesamten Investitionskosten einer Bewässerungsanlage ausmachen. Noch entscheidender als der Kapitalbedarf sind jedoch die jährlich für die Bewässerung anfallenden Kosten. Sie liegen je nach eingesetztem Verfahren zwischen 200 und 1 350 Euro pro Hektar und Jahr.

Schlüsselwörter

Bewässerung, Beregnung, Kapitalbedarf, Verfahrenskosten

Keywords

Irrigation, sprinkling, capital requirement, annual costs

Abstract

Sourell, Heinz; Belau, Till and Fröba, Norbert

Investments and annual costs for the field irrigation

Landtechnik 65 (2010), no. 3, pp. 189-193, 3 figures, 1 table, 4 references

Field irrigation is of major importance for agriculture and horticulture in dry years. However, the evaluation of the temporal average over a period of several years emphasizes the favourable impact of field irrigation in terms of harvest and quality assurance as well. Therefore, necessary constructional and procedural methods for the implementation of water supply are introduced and described comprehensively. For adverse conditions the financial effort for the water supply could exceed 50 % of the overall costs for the complete irrigation facility. Consequently, the annual costs predominate the capital requirement. These operating costs amount to a sum in the range of 200 to 1,350 €/ (ha · a), depending on the chosen procedure.

■ Wasser für die Bewässerung wird, abhängig von der geographischen Lage sowie den hydrogeologischen und wasserrechtlichen Bedingungen, aus dem Grund- oder Oberflächenwasser (Flüsse, Seen, Kanäle oder Speicher) entnommen. Zwischen den Bundesländern gibt es große Unterschiede; in Niedersachsen z. B. wird das Wasser für Beregnungszwecke fast ausschließlich aus dem Grundwasser gefördert, in den östlichen Bundesländern dagegen größtenteils aus oberirdischen Gewässern (**Tabelle 1**).

Tab. 1

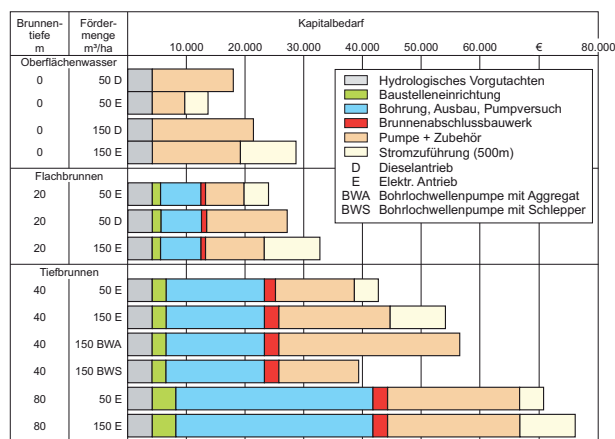
Wasserentnahme in Deutschland

Table 1: Water sampling in Germany

Bundesland/ Federal country	Grund- wasser/ Ground- water	Flüsse, Seen, Kanäle/ Rivers, lakes, channels	Speicher/ Water reservoir
	%		
Baden-Württemberg	50	40	10
Bayern	85	15	-
Brandenburg	20	70	10
Hessen	80	20	-
Mecklenburg-Vorpommern	20	80	-
Niedersachsen	90-95	5-10	-
Nordrhein-Westfalen	90	9	1
Rheinland-Pfalz (Gemüseanbau)	15	85	-
Rheinland-Pfalz (Obstanbau)	70	30	-
Sachsen	10	70	20
Sachsen-Anhalt	47	44	9
Schleswig-Holstein	50	42	8
Thüringen	5	55	40

Quelle: Bundesfachverband Feldberegnung (BFVF), 1995

Abb. 1



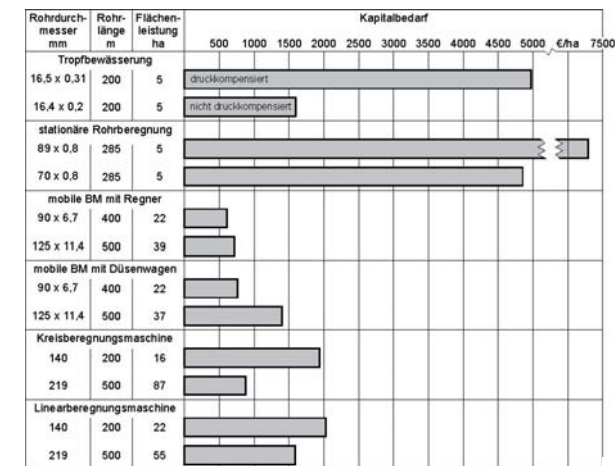
Kapitalbedarf ausgewählter Wasserentnahmeanlagen und deren Zusammensetzung
 Fig. 1: Capital requirement and structure of different pumping stations

Unter ungünstigen Umständen kann die Wasserbereitstellung über 50 % der Investitionskosten einer ganzen Beregnungsanlage ausmachen. Die großen Unterschiede im Kapitalbedarf der Wasserentnahme sind in **Abbildung 1** dargestellt. Der Kapitalbedarf für ein Zuleitungsnetz ist von vielen Variablen abhängig, wie z. B. Rohrdurchmesser und -länge, Volumendurchfluss und Anteil von Formstücken. Es kann ein ungefährer Kapitalbedarf von 600 bis 900 €/ha veranschlagt werden [1]. Neben der individuellen Wasserbereitstellung gibt es in vielen Gebieten Beregnungsverbände, die das Zusatzwasser verbrauchsbezogen verrechnen. Durchschnittlich ist mit einem Abgabepreis von 0,20 €/m³ zu rechnen [2].

Mobile Beregnungsmaschinen mit Großflächenregnern

Die Entwicklung trommelbarer Kunststoffrohre (Polyethylen, PE) ermöglichte seit ca. 1970 eine Weiterentwicklung in der Beregnungstechnik. Mobile Beregnungsmaschinen mit Regnereinzug oder Maschinenvorschub wurden möglich. Letztere haben sich in der Praxis aber nicht durchgesetzt. Zur vollen Nutzung der möglichen Wurfweite, vor allem aber für eine gute Strahlauflösung, ist ein Wasserdruck am Hydranten von mindestens 7–8 bar (am Regner 4–5 bar) erforderlich. Der Kapitalbedarf liegt bei Maschinen mit 400 m Rohrlänge, 90 mm Rohrdurchmesser und 22 ha Flächenleistung bei etwa 610 €/ha; Maschinen mit 500 m Rohrlänge, 125 mm Rohrdurchmesser und 39 ha Flächenleistung kosten etwa 720 €/ha (**Abbildung 2**).

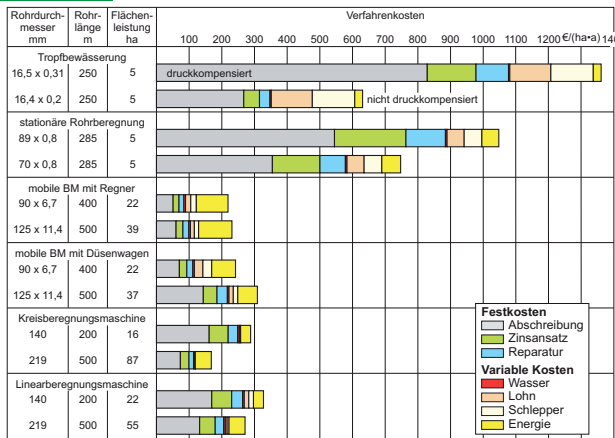
Abb. 2



Kapitalbedarf verschiedener Bewässerungsverfahren
 Fig. 2: Capital requirement of different irrigation systems

Bei den Beregnungsmaschinen mit Regnereinzug steht die Beregnungsmaschine während der Bewässerung am Feldrand. Es besteht die Möglichkeit, das PE-Rohr auszulegen oder ausziehen. Beim Auslegen besteht der Vorteil darin, dass das PE-Rohr nach dem Verankern des Regnerwagens rohrschonend ausgelegt werden kann. Das Rohr wird beim Ziehen der Beregnungsmaschine zum Feldrand abgewickelt. Beim Ausziehen wird zuerst die Beregnungsmaschine am Feldrand verankert und dann der Regnerwagen zum gegenüberliegenden Feldrand gezogen, wobei das Rohr über den Boden geschleppt wird. Die Regnerleitung mit dem Regner wird mit einem hydraulischem Antrieb (i. d. R. eine Turbine) eingezogen und auf eine Rohrtrommel gewickelt. Mobile Beregnungsmaschinen ermöglichen eine arbeitssparende Bewässerung. Die Verfahrenskosten liegen bei Maschinen mit 400 m Rohrlänge, 90 mm Rohrdurchmesser und 22 ha Flächenleistung bei etwa 220 €/(ha · a); Maschinen mit 500 m Rohrlänge, 125 mm Rohrdurchmesser und 39 ha Flächenleistung kosten etwa 250 €/(ha · a) (**Abbildung 3**). Allerdings erzielen sie eine schlechte Wasserverteilung bei Wind und haben im Verhältnis zu anderen Verfahren einen relativ hohen Energiebedarf, der bedingt ist durch den relativ hohen Betriebsdruck.

Abb. 3



Verfahrenskosten ausgewählter Bewässerungsverfahren und deren Struktur
 Fig. 3: Costs and structure of different irrigation systems

Mobile Beregnungsmaschinen mit Düsenwagen

Weiterentwicklungen der mobilen Beregnungsmaschinen mit Großflächenregnern gehen dahin, den hohen Betriebsdruck zu reduzieren und das Wasser über mehrere Düsen an einem Düsenwagen zu verteilen, was eine verbesserte Wasserverteilung

und Energienutzung zur Folge hat. Die Düsen erfordern nur einen Wasserdruck von 1,5–2,0 bar und erzeugen eine geringe, Pflanzen und Boden schonende Tropfengröße. Ausgereifte Auslegertechnik gibt es heute bis 72 m Konstruktionsbreite. Auf jeder Seite werden die Ausleger hydraulisch oder manuell geklappt. Der gesamte Ausleger pendelt horizontal und ist mit einem Drehkranz auf dem Fahrgestell aufgebaut. Mit dem Drehkranz ist es möglich, die Bewässerung keilförmigen Feldern anzupassen oder Hindernissen auszuweichen. Der Kapitalbedarf beträgt bei Maschinen mit 400 m Rohrlänge, 90 mm Rohrdurchmesser und 22 ha Flächenleistung etwa 760 €/ha; Maschinen mit 500 m Rohrlänge, 125 mm Rohrdurchmesser und 37 ha Flächenleistung kosten etwa 1 400 €/ha (**Abbildung 2**).

Für die erweiterte Wasserverteilung wird in der Regel am Auslegerende noch jeweils ein Schwachregner mit niedrigem Strahlanstiegswinkel eingesetzt. Diese Regner arbeiten auch mit 2,5–3,5 bar Betriebsdruck und haben Wurfweiten von etwa 15 m, so dass eine nutzbare Wurfweite von 11 m realisiert werden kann. Die Handhabung der Düsenwagenteknik ist mittlerweile so ausgereift, dass sie in Ein-Mann-Bedienung erfolgt. Die Verfahrenskosten liegen bei Maschinen mit 400 m Rohrlänge, 90 mm Rohrdurchmesser und 22 ha Flächenleistung bei etwa 240 €/ha; Maschinen mit 500 m Rohrlänge, 125 mm Rohrdurchmesser und 39 ha Flächenleistung kosten etwa 310 €/ha (**Abbildung 3**).

Neuere Entwicklungen gehen dahin, dass Düsenwagen mit Schleppschläuchen ausgestattet werden [3]. Der Düsenwagen bleibt in seiner Konstruktion erhalten und im Abstand von etwa 0,50 m werden ½-Zoll-Schläuche zum Boden geleitet. Der Wasseraustritt an den Schlauchenden bleibt frei. Ziel dieser Weiterentwicklung ist es, die Pflanzen aus phytosanitären Gründen trocken zu lassen und den Energiebedarf weiter zu verringern.

Kreisberegnungsmaschinen

Die Kreisberegnungsmaschine ist eine automatische Beregnungsmaschine, die aus einer um einen Drehpunkt rotierenden Rohrleitung besteht und die von einer Anzahl von selbstfahrenden Türmen getragen wird. Die wesentlichen Bauteile einer Kreisberegnungsmaschine sind: der Zentralturm, die Spannbogeträger (Traversen) mit dem Überhang, die Fahrtürme mit den elektrischen Antrieben und die Düsen zur Wasserverteilung. Der Radius einer Kreisberegnungsmaschine liegt üblicherweise zwischen 300 und 500 m. Als Standardausrüstung zur Erhöhung des Beregnungsradius wird ein zuschaltbarer Endregner (Überhang 15 m und Regnerwurfweite 10 m) mit Busterpumpe eingesetzt, die beregnete Fläche beträgt dann 33–87 ha. Der Kapitalbedarf liegt bei Maschinen mit 200 m Rohrlänge, 140 mm Rohrdurchmesser und 16 ha Flächenleistung bei etwa 1 940 €/ha; Maschinen mit 500 m Rohrlänge, 219 mm Rohrdurchmesser und 87 ha Flächenleistung kosten etwa 880 €/ha (**Abbildung 2**).

Die Wasserbereitstellung befindet sich in der Mitte der Anlage direkt am Zentralturm. Hier wird entweder der Brunnen oder der Hydrantenanschluss des Zuleitungsnetzes hy-

draulisch mit der Anlage verbunden. Voraussetzung für eine gleichmäßige und gute Wasserverteilung ist die Ausrüstung mit rotierenden Pralltellerdüsen, die im Abstand von 3–4 m, nach unten hängend, an den Traversen montiert sind. Die Antriebsachsen haben eine gute Überfahr- und Steigeigenschaft, sodass sie nicht nur Kartoffel- oder Spargeldämme, sondern auch Feldneigungen oder Steigungen bis zu 10 % problemlos befahren können. Die Verfahrenskosten liegen bei Maschinen mit 200 m Rohrlänge, 140 mm Rohrdurchmesser und 16 ha Flächenleistung bei etwa 290 €/ha; Maschinen mit 500 m Rohrlänge, 219 mm Rohrdurchmesser und 87 ha Flächenleistung kosten etwa 170 €/ha (**Abbildung 3**).

Linearberegnungsmaschinen

Die Linearberegnungsmaschinen sind im technischen Aufbau mit den Elementen einer Kreisberegnungsmaschine vergleichbar. Unterschiede ergeben sich lediglich im Verfahrensablauf sowie in der Energie- und Wasserversorgung. Grundsätzlich können durch die kontinuierliche Vorwärtsbewegung rechteckige Felder mit Lauflängen der Maschine von 400–1 200 m je Feldaufstellung beregnet werden. Die Linearberegnungsmaschine selbst kann eine Baubreite von 500 m bei einseitiger Wasserzuführung haben. Der Kapitalbedarf liegt bei Maschinen mit 200 m Rohrlänge, 140 mm Rohrdurchmesser und 22 ha Flächenleistung bei etwa 2 040 €/ha; Maschinen mit 500 m Rohrlänge, 219 mm Rohrdurchmesser und 55 ha Flächenleistung kosten etwa 1 590 €/ha (**Abbildung 2**).

Nach der Befahrung eines Beregnungstreifens besteht die Möglichkeit, dasselbe Feld mit oder ohne Beregnung wieder zu überfahren, um in die ursprüngliche Startposition zu gelangen. Die Leerfahrt ist nicht zwingend notwendig, aber wenn auf sie verzichtet wird, bekommt die Fläche zuerst Wasser, die gerade erst beregnet worden war. Die Leerfahrt kann relativ schnell (mit 100 m/h) erfolgen. Soll nicht dieselbe Fläche von der Linearmaschine sofort wieder überfahren werden, so besteht bei Maschinen mit einseitiger Wassereinspeisung die Möglichkeit, diese – wie bei einer Kreisberegnungsmaschine – um den zentralen Punkt der Wassereinspeisung und der Energieversorgung um 180° zu drehen. Die Verfahrenskosten liegen bei Maschinen mit 200 m Rohrlänge, 140 mm Rohrdurchmesser und 22 ha Flächenleistung bei etwa 330 €/ha; Maschinen mit 500 m Rohrlänge, 219 mm Rohrdurchmesser und 55 ha Flächenleistung kosten etwa 270 €/ha (**Abbildung 3**).

Rohrberegnungsanlagen

Die Rohrberegnung gehört in die Gruppe der Reihenregnerverfahren, diese werden meist in Form einer oder mehrerer Regnerleitungen an eine Hauptleitung angeschlossen. Als Leitungen dienen verzinkte Bandstahlrohr mit Schnellkupplungen mit 70 bzw. 89 mm Durchmesser. Die Verlegelänge kann 400 m betragen. Der Kapitalbedarf liegt bei Anlagen mit 285 m Rohrlänge, 89 mm Rohrdurchmesser und 5 ha Flächenleistung bei etwa 7 290 €/ha; Anlagen mit 285 m Rohrlänge, 70 mm Rohrdurchmesser und 5 ha Flächenleistung kosten etwa 4 850 €/ha (**Abbildung 2**).

Der Aufstellungsverband richtet sich im Wesentlichen nach dem Rohrdurchmesser der Regnerleitung, deren Länge und dem eingesetzten Regner sowie nach der verwendeten Düsenweite. Die Rohrberechnung arbeitet mit Schwachregnern und erreicht eine Beregnungsintensität von 3–7 mm/h bei einem Wasserdruck von etwa 5 bar am Hydranten und etwa 2,5 bar am Regner. Der hohe Arbeitszeitaufwand und die Arbeitsbelastung haben dazu geführt, dass die Rohrberechnung in vielen Fällen während der Kulturzeit fest verlegt bleibt und erst am Ende derselben abgebaut wird. Die Verfahrenskosten liegen bei einem einmaligen Aufbau pro Jahr bei Anlagen mit 285 m Rohrlänge, 89 mm Rohrdurchmesser und 5 ha Flächenleistung bei etwa 1 020 €/ha · a; Anlagen mit 285 m Rohrlänge, 70 mm Rohrdurchmesser und 5 ha Flächenleistung kosten etwa 750 €/ha · a (**Abbildung 3**).

Tropfbewässerungsanlagen

Tropfbewässerungsanlagen bestehen in der Regel aus drei Systembausteinen/-bestandteilen, die je nach Anlage und in Abhängigkeit vom Anwendungsgebiet ergänzt bzw. reduziert werden können:

1. Die Kopfeinheit beinhaltet Armaturen wie Steuerventil, Magnetventile, Druckregulatoren, Filterelemente, Wasserzähler, Düngerbeimischgeräte.
2. Die Zuleitungen beinhalten Haupt- und Verteilerleitungen sowie Verbindungsstücke.
3. Das Tropfsystem besteht aus Tropfleitungen, Tropfschläuchen oder Einzeltropfern.

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen drei Verlegesystemen:

- oberirdisch mit Bodenkontakt (bzw. im Damm), z. B. bei Kartoffeln oder Erdbeeren
- oberirdisch hängend, z. B. bei Reben
- unterirdisch, z. B. bei Spargel

Bei unebenem Gelände kann die Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung unzureichend sein. Ist der Höhenunterschied größer als 1–2 m, gewährleisten druckkompensierende Systeme eine gute Wasserverteilung in der Anlage. Der Kapitalbedarf liegt bei druckkompensierten Anlagen mit 200 m Rohrlänge, 16,5 mm Rohrdurchmesser und 5 ha Flächenleistung bei etwa 4 970 €/ha; nicht druckkompensierten Anlagen mit 200 m Rohrlänge, 16,5 mm Rohrdurchmesser und 5 ha Flächenleistung kosten etwa 1 600 €/ha (**Abbildung 2**).

Die Tropfbewässerung gehört zu den sogenannten Mikrobewässerungsverfahren. Dabei können sehr gezielt Zusatzwassergaben mit relativ geringem Energieeinsatz in gärtnerischen und landwirtschaftlichen Kulturen ausgebracht werden. Die Anlagen arbeiten mit Betriebsdrücken von 1 bis maximal 4 bar. Die Verfahrenskosten liegen bei druckkompensierten Anlagen mit 200 m Rohrlänge, 16,5 mm Rohrdurchmesser und 5 ha Flächenleistung bei etwa 1 360 €/ha · a; nicht druckkompensierten Anlagen mit 200 m Rohrlänge, 16,5 mm Rohrdurchmesser und 5 ha Flächenleistung kosten etwa 630 €/ha · a (**Abbildung 3**).

Bewässerungssteuerung

Bewässert wird unter Freilandbedingungen in Deutschland noch immer überwiegend auf der Basis betrieblicher Erfahrungen. Durch steigende Energiekosten und/oder eine Begrenzung der Zusatzwassermenge gewinnt die objektive Bewässerungssteuerung aber immer mehr an Bedeutung. Unter objektiver Bewässerungssteuerung ist zu verstehen, dass sowohl hinsichtlich der Einzelgabenhöhe als auch der Applikationstermine die Bewässerung nach reproduzierbaren Kriterien erfolgt, z. B. nach der Bodenfeuchte oder nach Berechnung der Wasserbilanzen des jeweiligen Standortes. Die Steuerungsmethode muss gewährleisten, dass zwar Wasser gespart wird, es aber nicht zu Ertrags- oder Qualitätsminderungen kommt. Es gibt vier grundsätzliche Wege der Bewässerungssteuerung bzw. -regelung:

- in Abhängigkeit von der klimatischen Wasserbilanz
- auf der Basis von der Bodenfeuchtemessungen
- nach Messungen an der Pflanze
- durch Einsatz von komplexen Modellen des Systems Pflanze-Umwelt

Weitere Informationen zu den verschiedenen Methoden der Steuerung werden in [4] ausführlich beschrieben.

Schlussfolgerungen

Die Bewässerung ist eines der teuersten Betriebsmittel in der Landwirtschaft. Neben dem Kapitalbedarf für die Technik spielt auch der Arbeitszeitbedarf eine entscheidende Rolle bei der Auswahl der Bewässerungstechnik. Zum Arbeitszeitbedarf und den Verfahrenskosten liefert die neue Datensammlung des KTBL weitergehende Informationen [2].

Allgemeingültig lässt sich sagen, dass Tropfbewässerung und Rohrberechnung überwiegend im Obst- und Gemüsebau zum Einsatz kommen. Nach dem Aufbau sind sie eine Arbeitszeit sparende Bewässerungstechnik. Die Rohrberechnung ist auch die einzige Bewässerungstechnik, mit der sich eine Frostschutzberegnung realisieren lässt. Die Tropfbewässerung ermöglicht weiterhin eine gezielte Ausbringung von Flüssigdünger. Im Ackerbau sind die mobilen Beregnungsmaschinen mit ihrem vertretbaren Arbeitszeitbedarf beim einzelnen Beregnungsgang die bessere Wahl. Die Technik ist ausgereift und neue Entwicklungen bei den Düsenwagen sind energiesparend und reduzieren phytosanitäre Probleme. Die stationären Kreis- und Linearberegnungsmaschinen sind Investitionen für große Schläge (> 20 ha). Sie sind die wirtschaftlich günstigste Bewässerungstechnik auf großen arrondierten Flächen und finden immer häufiger in der Praxis Anwendung.

Eine objektive Bewässerungssteuerung bringt den größten Nutzen auf großen Flächen, die einheitliche Bodenbedingungen aufweisen und einheitlich bewirtschaftet werden. Bei kleinen Flächen ist der Aufwand für eine objektivere Steuerung relativ hoch. Gegenwärtig ist hier die Steuerung auf der Basis von Bodenfeuchtesensoren oder nach klimatischer Wasserbilanz (z. B. Geisenheimer Steuerung) zu empfehlen.

Die Neuanschaffung einer kompletten Beregnungsanlage kostet viel Geld und erfordert eine gründliche Planung und In-

stallation. Daher müssen alle Beregnungsmaßnahmen für den jeweiligen Standort betrachtet und auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht werden, um eine wettbewerbsfähige Feldbewässerung zu gewährleisten. Um eine sachgerechte Entscheidung über eine Wasserbereitstellungsmaßnahme und die Technik der Wasserausbringung treffen zu können, muss in der Regel eine fachliche Beratung in Anspruch genommen werden.

Literatur

- [1] Johann Heinrich von Thünen Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei: vTI Jahresbericht. Braunschweig, 2009
- [2] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): KTBL-Datensammlung Feldbewässerung - Betriebs- und arbeitswirtschaftliche Kalkulationen. Darmstadt, 2009
- [3] Sourell, H. und J. Eberhard: Bewässerungs- und Beregnungstechnik. In: Harms, H.-H.; F. Meier und R. Metzner: Jahrbuch Landtechnik 2010. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 2010, S. 117-122
- [4] Paschold, P.-J.: Bewässerung im Gartenbau. Ulmer-Verlag, Stuttgart, 2010

Autoren

Dr. rer. hort. Heinz Sourell ist Wissenschaftler am Johann Heinrich von Thünen Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Arbeitsgebiet: Techniken und Verfahren der Pflanzenproduktion, E-Mail: heinz.sourell@vti.bund.de

Till Belau und **Dr.-Ing. Norbert Fröba** sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Bereich Landbewirtschaftung und Nachhaltigkeit beim Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt, E-Mail: t.belau@ktbl.de und n.froeba@ktbl.de