

Ökonomik der Bewässerung im Gartenbau

Dr. Walter Dirksmeyer¹

1 Einleitung

Gartenbauliche Produkte reagieren sehr sensibel auf Wassermangel während der Produktionszeit. Vor dem Hintergrund hoher Qualitätsstandards ist dies der Grund dafür, dass eine gartenbauliche Produktion ohne Beregnung nicht möglich ist. Das Beregnungswasser für die Produktion im Freiland wird überwiegend dem Grundwasser entnommen. Für den Anbau unter Glas wird i. d. R. Regenwasser genutzt und nur der darüber hinaus gehende Bedarf wird mit Grundwasser gedeckt. Bei einer starken regionalen Konzentration beispielsweise des Gemüsebaus und entsprechenden hydrologischen Bedingungen kann dies temporär oder dauerhaft zu einer deutlichen Absenkung des Grundwasserspiegels führen. Ein Beispiel für eine solche Situation liefert das Knoblauchland, wo der Grundwasserspiegel im Sommer regelmäßig stark abgesunken ist, bevor die Beregnung im Jahr 2005 weitestgehend auf Uferfiltrat aus dem Regnitztal umgestellt wurde. Solche Effekte wie auch die Bestimmungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Wasserressourcen (EU-KOM, 2000) induzieren politische Aktivitäten, welche die Wasserverfügbarkeit auf Gartenbaubetrieben einschränken können. Daraus leitet sich die Frage ab, ob eine über die bestehenden Beschränkungen hinaus gehende Einschränkung der Wasserentnahmemöglichkeiten für den Gartenbau problematisch werden kann. Da auf der Ebene der gartenbaulichen Produktionsbetriebe über den Einsatz von Beregnungswasser entschieden wird, muss auch hier nach einer Antwort auf diese Frage gesucht werden.

Auf der politischen Ebene gibt es verschiedenen Möglichkeiten, die Nutzung von Grundwasser für die Bewässerung einzuschränken. Zu nennen sind:

- Die Verteuerung der Grundwassernutzung durch Abgaben oder Steuern,
- eine Regulierung der Entnahmemengen für Grundwasser oder
- zeitliche Nutzungsbeschränkungen.

Natürlich sind auch Kombinationen der genannten Maßnahmen denkbar. Unter dem Strich führen jedoch alle Ansätze dazu, dass das Angebot an Grundwasser knapper und damit seine Nutzung für die Betriebe teurer wird.

Vor dem Hintergrund einer möglichen Verknappung von Beregnungswasser resultieren auf Betriebsebene folgende Fragen:

- Ist die Produktion mit Bewässerung rentabel?
- Welche Beregnungstechnologien sind effizient?
- Für welche Kulturen sollte begrenzt verfügbares Beregnungswasser genutzt werden?
- Wann ist der optimale Bewässerungszeitpunkt?
- Wie viel Wasser sollte zu diesen Zeitpunkten gegeben werden?

Zur Beantwortung dieser Fragen stehen verschiedene ökonomische Ansätze zur Verfügung, die im Folgenden vorgestellt und theoretisch diskutiert werden sollen.

2 Theoretischer Hintergrund

Die Rentabilität der Bewässerung und die effiziente Bewässerungstechnologie können mittels einer Investitionsanalyse bestimmt werden (Brandes und Odening, 1992). Das Entscheidungskriterium bei einer Investitionsanalyse ist der Gegenwartswert bzw. Kapitalwert einer Investition, der für eine rentable Investition positiv sein muss. Bei alternativen Investitionen ist diejenige mit dem höchsten Gegenwartswert effizient.

¹ Institut für Betriebswirtschaft, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, walter.dirksmeyer@vti.bund.de.

Der große Vorteil der dynamischen Investitionsanalyse gegenüber der statischen Rechnung² ist, dass der zeitliche Anfall der relevanten Zahlungsströme bei der dynamischen Investitionsanalyse berücksichtigt wird. Dies kann einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis der Analyse haben. Dadurch wird dem Aspekt Rechnung getragen, dass bei Investitionen zunächst die Investitionskosten anfallen, die Erträge der Investitionen jedoch erst zeitverzögert zurückfließen.

Zur Identifizierung der Kulturen, in denen knapp verfügbares Beregnungswasser eingesetzt werden sollte, können Simulationsmodelle zur Anbauplanung eingesetzt werden, welche die Verfügbarkeit knapper Produktionsfaktoren berücksichtigen. Das ökonomische Optimum für eine Anbauplanung liefert jedoch die Lineare Programmierung (Hazell und Norton, 1986).

Der optimale Beregnungszeitpunkt und die optimale Bewässerungsmenge können über bioökonomische Simulationsmodelle bestimmt werden. Ein vereinfachtes Beispiel solcher Modelle ist die Geisenheimer Bewässerungssteuerung, die auf Basis klimatischer und pflanzenbaulicher Parameter den optimalen Zeitpunkt für die Bewässerung bestimmt (Paschold et al., 2007). Den theoretischen Hintergrund für die Ermittlung der ökonomisch optimalen Beregnungsmenge bildet die Produktionsfunktionsanalyse, die zur optimalen speziellen Nutzungsintensität von variablen Produktionsfaktoren führt (Steinhauser et al., 1992).

Bei allen Analysen ist die Berücksichtigung von Risiko besonders wichtig (Hardaker et al., 1997), da mit den genannten Methoden jeweils in die Zukunft blickend Berechnungen angestellt werden, so dass Annahmen für die künftige Entwicklung bedeutender Parameter, wie beispielsweise für Produkt- und Faktorpreise oder für Erntemengen und -termine, getroffen werden müssen.

3 Rentabilität der Bewässerung im Freilandgemüsebau

Exemplarisch soll die Rentabilität von drei verschiedenen Bewässerungstechnologien für vier Freilandgemüsekulturen analysiert werden. Dafür werden die drei Technologien Beregnungsmaschine mit Großflächenregner, Rohrberegnung und Tropfberegnung miteinander verglichen. Für die beregnungsspezifischen Parameter wird auf die Daten des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) zurückgegriffen, die in dem Beitrag von Belau und Fröba in diesem Tagungsband präsentiert werden. Die Kulturdaten stammen aus einer Datensammlung des Instituts für Gemüse- und Obstbau der Universität Hannover und des Arbeitskreises Betriebswirtschaft im Gartenbau e. V.³ (Fricke und Mandau, 2002). Für die exemplarische Analyse wurden mit Brokkoli und Eissalat zwei Kulturen ausgesucht, von denen zwei Sätze nacheinander angebaut werden können. Außerdem wurden Kohlrabi und Kopfsalat gewählt, von denen drei Sätze nacheinander produziert werden können.

Folgende Annahmen liegen der Analyse zu Grunde:

- Als Beregnungsmaschine wird eine kleinere Anlage mit 200 m Rohrlänge unterstellt, die bei 12 ha voll ausgelastet ist.
- Die Höhe der Beregnungsgaben beträgt jeweils 10 mm für die Tropf- und die Rohrberegnung und 20 mm für die Beregnungsmaschine.
- Die Flächengröße beträgt 1 ha. Die Kosten für die Beregnungsmaschine mit Großflächenregner werden anteilig berücksichtigt.
- Der Analysezeitraum leitet sich aus der Nutzungsdauer der untersuchten Technologien ab und beträgt 15 Jahre.
- Die Kosten für das Beregnungswasser ab Feld werden bei einem für alle drei Technologien ausreichenden Druck von etwa 5 bar mit 0,21 Euro/m³ angenommen.
- Die Kosten für Saisonarbeitskräfte betragen 7,50 Euro/h.
- Entsorgungs- und Abrisskosten werden nicht berücksichtigt.

² Die statischen Investitionsrechnungen sind in der betrieblichen Praxis und bei der Betriebsberatung weit verbreitet. Sie berücksichtigen durchschnittliche Kosten und Erträge, um zu einer Beurteilung der Rentabilität einer Investition zu gelangen.

³ Heute Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e. V.

- Gegenüber der Beregnungsmaschine mit Großflächenregner wird ein Mehrertrag von 5 % bei der Rohrbewässerung und von 10 % bei der Tropfbewässerung unterstellt.⁴
- Der Diskontierungszins beträgt 4 %.

Ausgehend von den KTBL-Daten betragen die Investitionssummen 625 Euro/ha für die Beregnungsmaschine, 5.700 Euro/ha für die Rohrberegnung und 5.600 Euro/ha für die Tropfberegnung. Die Tropfberegnung hat eine Nutzungsdauer von nur drei Jahren, so dass in einem Zeitraum von 15 Jahren vier Mal reinvestiert werden muss. Für die Rohrberegnung und die Beregnungsmaschine wird eine Nutzungsdauer von 15 Jahren angenommen.

Für den Vergleich der Bewässerungstechnologien wird der Deckungsbeitrag der Gemüsekulturen herangezogen, der um die Beregnungskosten bereinigt wird. Es ist zu berücksichtigen, dass der derart ermittelte Nutzen der Bewässerung die anteiligen Gemeinkosten der Kulturen noch zu decken hat.

Tabelle 1 zeigt durch die positiven Kapitalwerte, dass der Einsatz aller drei Bewässerungstechnologien in den untersuchten Kulturen rentabel ist. Bei den Kulturen, von denen nur zwei Sätze im Jahr hintereinander angebaut werden können (Brokkoli und Eissalat), ist die Rohrberegnung effizient. Im Gegensatz dazu ist die Tropfberegnung effizient, wenn drei Sätze nacheinander produziert werden können (Kohlrabi und Kopfsalat).

Tabelle 1
Kapitalwerte bei Investitionen in Beregnungstechnologien (Euro)

Kultur	Brokkoli	Eissalat	Kohlrabi	Kopfsalat
Rohrberegnung	46.207	78.965	69.934	74.083
Bewässerungswagen	41.123	72.526	55.684	54.986
Tropfberegnung	39.589	74.044	72.867	82.034

Für die Tropfbewässerung wurde ein Mehrertrag von 10 % angenommen. Die genaue Höhe des Mehrertrages kann jedoch nicht aus Untersuchungen abgeleitet werden. Aus diesem Grund

wird der Mehrertrag im Rahmen einer Risikoanalyse sukzessive verringert, um die Auswirkungen einer möglichen Überschätzung des Mehrertrages auf die Rentabilität der Tropfbewässerung ermitteln zu können (Abbildung 1). Die Ergebnisse zeigen, dass die Tropfbewässerung auch ohne Mehrertrag rentabel ist. Allerdings verändert sich bei sinkenden Annahmen für den Mehrertrag die relative Vorteilhaftigkeit der Kulturen zueinander.

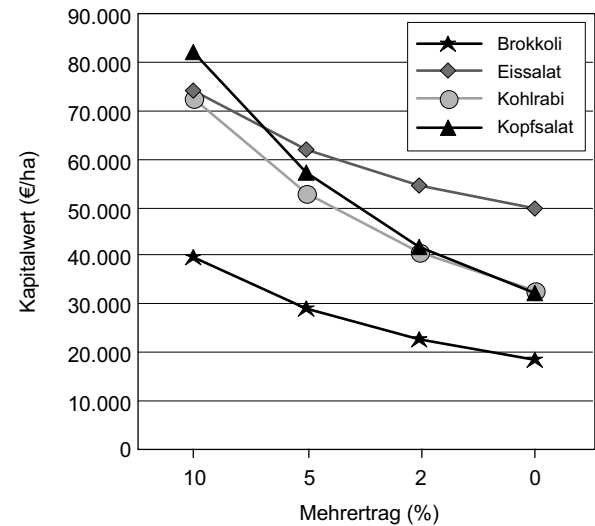


Abbildung 1
Risikoanalyse für den Mehrertrag bei der Tropfberegnung

Unter der Prämisse, dass mit der Tropfberegnung ein Mehrertrag von höchstens 10 % und mit der Rohrberegnung von maximal 5 % erzielt werden kann, wird untersucht, welchen Einfluss verschiedene Niveaus des Mehrertrages auf die Effizienz der betrachteten Bewässerungstechnologien hat. Die Analyse wurde für die Stufen 0, 2 und 5 % Mehrertrag bei der Tropf- und der Rohrbewässerung sowie bei der Tropfberegnung auch für 10 % Mehrertrag durchgeführt. Das Ergebnis dieser Berechnungen ist, dass bei Brokkoli und Eissalat erst ein Mehrertrag von 5 % dazu führt, dass die Rohrberegnung effizient ist. Bei den niedrigeren Stufen für den Mehrertrag ist im Gegensatz dazu die Beregnungsmaschine mit Großflächenregner vorteilhaft. Bei Kohlrabi und Kopfsalat ist ebenfalls die Beregnungsmaschine effizient, wenn durch die beiden anderen Technologien kein Mehrertrag zu erzielen ist. Bei Mehrerträgen von 2 und 5 % ist in diesen beiden Kulturen jedoch die Rohrberegnung von Vorteil und erst bei 10 % Mehrertrag die Tropfberegnung

⁴ Dies scheint aufgrund der gleichmäßigeren Wasserverteilung beider Technologien gerechtfertigt zu sein. Für die Tropfberegnung kommt als weiterer ertragssteigernder Effekt hinzu, dass die Pflanzenbestände bei der Beregnung trocken bleiben, was phytosanitäre Vorteile hat.

nung. Aus diesen Ergebnissen ist erkennbar, dass die Vorteilhaftigkeit der technischen Alternativen zur Beregnungsmaschine mit Großflächenregner erheblich davon abhängt, ob und in welcher Höhe der Einsatz solcher Technologien zu Mehrerträgen führt. In diesem Bereich besteht erheblicher Forschungsbedarf.

Für die Kultur Brokkoli, d. h. für diejenige der untersuchten Kulturen mit dem geringsten Nutzen aus der Beregnung, zeigt Abbildung 2 eine Risikoanalyse für den Wasserpreis in allen drei Bewässerungstechnologien. Das Ergebnis ist, dass selbst eine Verzehnfachung des Wasserpreises die betrachteten Investitionen nicht unrentabel werden lässt. Vor dem Hintergrund, dass selbst der zunächst angenommene Wasserpreis als vergleichsweise hoch eingestuft werden kann, zeigt diese Analyse, dass der Einfluss des Wasserpreises auf die Rentabilität der untersuchten Bewässerungstechnologien in weiten Grenzen als unkritisch einzustufen ist.

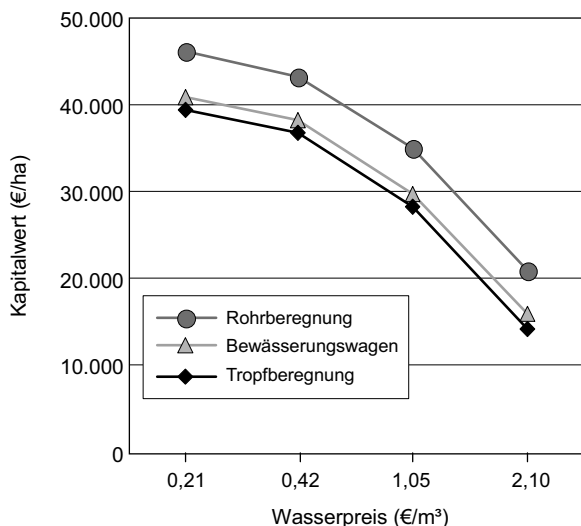


Abbildung 2
Risikoanalyse für den Preis von Beregnungswasser in Brokkoli

Die Risikoanalyse für den Diskontierungszins verdeutlicht, dass die Kapitalkosten bis weit über das langjährige Mittel und damit auch über das aktuelle Niveau hinaus auch unkritisch für die Rentabilität der Beregnungstechnologien sind.

Die Investitionsanalyse zeigt, dass Investitionen in die untersuchten Beregnungstechnologien für die betrachteten Kulturen des Freilandgemüsebaus rentabel sind. Bei Kulturen mit mittlerer Kulturdauer scheint die Rohrbewässerung vorteilhaft

zu sein. Im Gegensatz dazu ist die Tropfberegnung in Kulturen mit kurzen Kulturperioden effizient. Entscheidend für dieses Ergebnis ist jedoch der angenommene Mehrertrag, der für die Tropfbewässerung in Höhe von 10 % und für die Rohrberegnung in Höhe von 5 % angenommen wurde. Bei niedrigeren Mehrerträgen sind die Rohrberegnung oder die Beregnungsmaschine mit Großflächenregner effizient. Bezüglich der Quantifizierung dieser durch alternative Technologien zu erzielenden Mehrerträge besteht erheblicher Forschungsbedarf.

Die Investitionen sind relativ unempfindlich gegenüber Wasserpreisschwankungen. Das zeigt, dass politische Maßnahmen, die auf eine Verteuerung des aus Grundwasser stammenden Beregnungswassers zielen, im Gartenbau keine oder nur geringe ökologische Lenkungswirkungen entfalten. Auch ein deutlicher Anstieg der Preise für Beregnungswasser wird die Einsatzintensität der Beregnung allenfalls geringfügig ändern.

4 Anbauplanung bei begrenzt verfügbarem Beregnungswasser

Bei der Anbauplanung ist der Ausgangspunkt ein anderer als bei der Investitionsanalyse. Es wird davon ausgegangen, dass bereits eine bestimmte Beregnungstechnologie in einem Betrieb vorhanden ist. Der mittlere Wasserbedarf der Kulturen ist bekannt. Außerdem stehen der Preis und auch die Menge des Beregnungswassers fest, das eingesetzt werden kann. Die Verfügbarkeit von anderen Produktionsfaktoren und auch die Ansprüche der verschiedenen Kulturen daran sind bekannt. Mit Hilfe der Anbauplanung soll nun ermittelt werden, in welchem Umfang verschiedene Kulturen einer definierten Auswahl angebaut werden sollten, um den Deckungsbeitrag auf Betriebsebene zu erhöhen und bestenfalls zu maximieren. Weitere Begrenzungen, beispielsweise marktseitig abgeleitete Ober- und Untergrenzen für den Produktionsumfang von verschiedenen Kulturen, können berücksichtigt werden.

Das einfachste und in der Praxis sicherlich auch noch am weitesten verbreitete „Modell“ zur Lösung des skizzierten Planungsproblems ist das Bauchgefühl, d. h. die Erfahrung des Gärtners. Besser geeignet sind jedoch EDV-gestützte Simulationsmodelle, wie beispielsweise ComPro

oder GartPlan⁵, da sie die Ansprüche der verschiedenen Kulturen an die Produktionsfaktoren und deren Verfügbarkeit bei der Planung berücksichtigen, so dass eine Übernutzung vorhandener Faktoren ausgeschlossen ist. Bei der Planung ist es auch möglich, den Zukauf von Produktionsfaktoren wie Beregnungswasser zu berücksichtigen. Ferner können für eine Kultur verschiedene Produktionsverfahren formuliert werden, die sich beispielsweise in ihrem Wasserbedarf unterscheiden. Der Grund für solche Unterschiede kann in verschiedenen Aussaatterminen oder dem Einsatz unterschiedlicher Beregnungstechnologien liegen. Bei solchen Simulationsmodellen kann ein Betriebsleiter einen Anbauplan eingeben und schrittweise verändern. Die Folgen der Planung für den Deckungsbeitrag auf Betriebsebene werden automatisch berechnet.

Noch einen Schritt weiter geht die Lineare Programmierung, die aus den verfügbaren Produktionsfaktoren und den Ansprüchen der Kulturen daran sowie unter Berücksichtigung definierter Begrenzungen automatisch den Anbauplan ermittelt, der zum maximal möglichen Deckungsbeitrag auf Betriebsebene führt. Darüber hinaus werden die Nutzungskosten der Produktionsfaktoren ermittelt, was deren innerbetrieblichen Werten entspricht. Dies gibt Hinweise darauf, zu welchen Preisen Produktionsfaktoren, beispielsweise Beregnungswasser, zugekauft werden können.

Problematisch bei solchen Planungen ist die Unsicherheit der zukunftsbezogenen Annahmen. Aus diesem Grund sollte in einer Risikoanalyse die Stabilität des Ergebnisses überprüft werden, indem für wichtige Parameter, z. B. das Ertragsniveau oder Produkt- und Faktorpreise, alternative Szenarien mit Abweichungen von den ursprünglichen Annahmen durchgerechnet werden.

Simulationsmodelle und die Lineare Programmierung können auch für überbetriebliche Planungsprobleme eingesetzt werden. So ist vorstellbar, dass eine flächenbezogene Obergrenze beim Einsatz von Beregnungswasser dadurch kompensiert werden soll, dass ein Gärtner und ein Landwirt eine Kooperation eingehen. Hintergrund dieses Ansatzes ist, dass der Wasserbedarf landwirtschaftlicher Kulturen normalerweise

erheblich geringer ist als beispielsweise der von Gemüse. Bei solchen Kooperationen kann die Lineare Programmierung dabei helfen, einen überbetrieblichen Anbauplan zu erstellen und gleichzeitig die Höhe der Kompensationszahlungen zu ermitteln, die ein Gärtner dem Landwirt für die Übertragung von Wassernutzungsrechten bezahlen kann.

5 Produktionsfunktionsanalyse

Nachdem Investitionen in die Beregnungstechnologie gemacht und der Anbauplan entworfen worden ist, bleibt noch die Frage nach dem optimalen Zeitpunkt der Beregnung und der optimalen Höhe der Bewässerungsgabe. Der mathematische Zusammenhang zwischen der Einsatzintensität eines Produktionsfaktors, wie beispielsweise Wasser, und dem Ertrag einer Kultur wird durch die Produktionsfunktion hergestellt. Sie bildet in diesem Beispiel die Ertragsentwicklung einer Kultur bei steigendem Wasserangebot ab. Der Ertrag der Kultur kann physisch oder auch monetär gemessen werden. Für ökonomische Analysen wird der Naturalertrag mit dem Produktpreis bewertet, um Analysen mit dem monetären Ertrag durchführen zu können (Steinhauser et al., 1992).

Mit Hilfe der Produktionsfunktionsanalyse kann das betriebswirtschaftlich optimale Einsatzniveau von Produktionsfaktoren bestimmt werden (Abbildung 3).

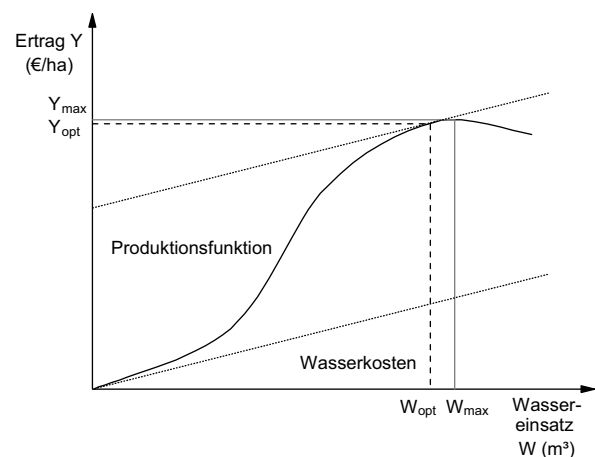


Abbildung 3
Optimale spezielle Intensität eines variablen Produktionsfaktors am Beispiel des Wassereinsatzes

⁵ Beide genannten Programme können auch zur Identifizierung eines optimalen Anbauplans über die Lineare Programmierung eingesetzt werden.

Beim Beispiel Berechnung ist die sogenannte optimale spezielle Intensität (W_{opt}) erreicht, wenn die Grenzkosten des Wassereinsatzes dem durch den zusätzlichen Wassereinsatz zu erzielenden Grenzertrag entspricht. Die optimale Wassermenge W_{opt} führt zu dem betriebswirtschaftlich optimalen Ertrag Y_{opt} , der immer geringer ist als der technisch realisierbare Maximalertrag Y_{max} .

Die Analyse von Produktionsfunktionen hat wenig Relevanz in der gärtnerischen Praxis. Allerdings fließen diese Zusammenhänge, die für jede Kultur aus Versuchen ermittelt werden müssen, in bioökonomische Simulationsmodelle ein, die auf Grundlage von Wetterdaten und –prognosen sowie pflanzenbaulicher Parameter und Funktionen Empfehlungen für den optimalen Berechnungszeitpunkt und die optimale Berechnungsmenge errechnen. Beispiele solcher Simulationsmodelle beschreiben Hemming et al. in diesem Tagungsband unter dem Stichwort „Integrierte Modelle.“⁶

6 Schlussfolgerungen

Auf Ebene der gärtnerischen Betriebe sind zu verschiedenen Fragestellungen ökonomische Kalküle gefragt, um eine betriebswirtschaftlich sinnvolle Entscheidung über den Einsatz von Berechnungstechnologien und Berechnungswasser zu erzielen. Zur Identifizierung der effizienten Bewässerungstechnologie ist eine Investitionsanalyse sinnvoll. Die exemplarische Untersuchung einiger Technologien für ausgewählte Kulturen des Freilandgemüsebaus hat gezeigt, dass die Rohrberechnung bei Kulturen mit mittlerer Kulturdauer und die Tropfberechnung bei Kurzkulturen effizient sind. Bei der Analyse wurde jedoch unterstellt, dass, im Vergleich zu einer Berechnungsmaschine mit Großflächenregner, ein Mehrertrag von 5 % durch die Rohrberechnung und von 10 % durch die Tropfberechnung erzielt werden kann.

Die Anbauplanung mittels Simulationsmodellen oder der Linearen Programmierung führt zu einem optimierten bzw. maximierten Deckungsbeitrag auf Betriebsebene. Bei der Planung werden die Verfügbarkeit von Produktionsfaktoren wie Berechnungswasser und die Ansprüche der Kulturen daran berücksichtigt. Die Anbauplanung

kann auch über mehrere Betriebe erfolgen, was immer dann sinnvoll ist, wenn Mengenbeschränkungen für Berechnungswasser auf Betriebsebene ausgesprochen werden. Kooperationen zwischen Gärtnern mit bewässerungsintensiven Kulturen und Landwirten mit Kulturen, die einen vergleichsweise geringen Wasserbedarf haben, können helfen, die Wassernutzungseffizienz insgesamt zu steigern. Die Ergebnisse der Anbauplanung geben zudem Hinweise darauf, wie viel ein Gärtner im Rahmen solcher Kooperationen für die Übertragung von Wassernutzungsrechten bezahlen kann.

Über den richtigen Bewässerungszeitpunkt geben vergleichsweise einfache Modelle wie die Geisenheimer Steuerung Auskunft. Komplexere bioökonomische Simulationsmodelle, die pflanzenbauliche und ökonomische Modelle integrieren, dienen dazu, eine optimale Regelung bzw. Steuerung ausgewählter Wachstumsparameter abzuleiten und den zu erwartenden Ertrag zu ermitteln. Sie optimieren damit die Steuerung und Regelung der Kulturführung und liefern die Planungsgrundlage für Absatzaktivitäten.

Zu Beginn dieses Beitrages wurde auf die verschiedenen politischen Möglichkeiten hingewiesen, die ergriffen werden können, um den Einsatz von Berechnungswasser in Gartenbau und Landwirtschaft zu begrenzen. Diese Maßnahmen führen hauptsächlich zu einer Verknappung und damit zu einer Verteuerung des Angebots an Berechnungswasser. Die im Rahmen der Investitionsanalyse durchgeführte Risikoanalyse zeigte jedoch, dass die betrachteten Kulturen und Technologien relativ unempfindlich auf Wasserpreissteigerungen reagieren.⁷ Damit kann im Gartenbau durch eine politisch induzierte Verknappung des Wasserangebotes nur eine geringe ökologische Lenkungswirkung für eine nachhaltigere Nutzung von Grundwasser erzielt werden. Anders zu bewerten sind jedoch unterjährige zeitliche Begrenzungen oder Verbote der Grundwasserentnahme, die, zu Zeiten des höchsten Wasserbedarfs ausgesprochen, gärtnerische Betriebe massiv treffen können, wenn es keine Möglichkeiten zur Substitution, beispielsweise durch Oberflächenwasser, gibt.

⁶ Integrierte Modelle werden in Kapitel 3.4 des Beitrages von Hemming et al. beschrieben.

⁷ Dies dürfte bei Kulturen, die mit denen ein erheblich geringerer Deckungsbeitrag je Flächeneinheit zu erzielen ist, deutlich anders sein. Zu solchen Kulturen zählen insbesondere die landwirtschaftlichen Feldkulturen.

Literaturverzeichnis

- Brandes W, Odening M (1992) Investition, Finanzierung und Wachstum in der Landwirtschaft. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 303 S.
- EU-KOM, Europäische Kommission (2000) Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Kommission, Brüssel, 83 S. <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/wasserrichtlinie.pdf>
- Fricke A, Mandau U (2002) Datensammlung für die Betriebsplanung im Intensivgemüsebau. Institut für Gemüse- und Obstbau der Universität Hannover und Arbeitskreis für Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V., 8. Auflage, Hannover, 116 S.
- Hardaker JB, Huirne RBM, Anderson JR (1997) Coping with Risk in Agriculture. CAB International, Oxon, New York, 274 S.
- Hazell PBR, Norton RD (1986) Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture. Biological Resource Management. Macmillan Publishing Company, New York, London, 400 S.
- Paschold PJ, Kleber J, Mayer N (2007) Geisenheimer Bewässerungssteuerung, 7 S. http://www.campus-geiseheim.de/uploads/media/Geisenheimer_Steuerung.pdf
- Steinhauser H, Langbehn C, Peters U (1992) Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre – Band 1: Allgemeiner Teil. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 339 S.