

## Feldversuche zur Ermittlung der Wasser-Ertragsbeziehung von Kartoffeln beim Einsatz verschiedener Bewässerungsverfahren in der Westtürkei

WILFRIED SCHÄFER, HANS HARTMANN, HEINZ SOURELL und SABRI SENER

Institut für Betriebstechnik

### 1. Einleitung

Die Realisierung eines möglichst hohen Ertrages in Klimaten mit hoher Bewässerungsbedürftigkeit ist in erster Linie von einer auf den Pflanzenbedarf abgestimmten Wasserzufuhr abhängig. Je nach örtlichen Bedingungen wird dabei auch den eingesetzten Bewässerungsverfahren eine unterschiedliche Ertragswirkung zugeschrieben. In der Türkei nimmt derzeit die Bedeutung der Bewässerung in der agrarischen Produktion sprunghaft zu. Durch den Bau des Atatürk Staudamms und weiterer Stauwerke an Euphrat und Tigris in Südost-Anatolien (GAP = Güneydogu Anadolu Projesi) ist für die nächsten Jahre in mehreren Stufen die Erschließung von 1,5 Mio. ha zusätzlicher Bewässerungsfläche vorgesehen. Für ein geeignetes Bewässerungsmanagement auf diesen und den übrigen Bewässerungsstandorten der Türkei liegen brauchbare Versuchsergebnisse bisher nicht in ausreichendem Maße vor. Das betrifft sowohl die standortabhängige, pflanzenbaulich und wirtschaftlich optimale Bewässerungshöhe, als auch den Einsatz des pflanzenbaulich, technisch und wirtschaftlich geeigneten Bewässerungsverfahrens. Nach der Erarbeitung von Datenmaterial mit quantitativen Aussagen zu den genannten Kriterien lassen sich weitreichende Empfehlungen für eine optimale Wassernutzung auch unter veränderten Rahmenbedingungen ableiten. Mit dieser Gesamtzielsetzung wurde 1989 ein Deutsch-israelisch-türkisches Gemeinschaftsprojekt, finanziert vom BMZ der Bundesrepublik Deutschland im ägäischen Küstenstreifen installiert. Eine Fortsetzung der Versuche ab 1991 im GAP ist geplant.

### 2. Methodik

Die Versuche wurden auf der Versuchsstation Menemen bei Izmir im ehemaligen Delta des Gediz-Flusses im ägäischen Raum der Westtürkei durchgeführt. In den Monaten Oktober bis April fallen hier 90 % der mittleren Jahresniederschläge in Höhe von 559 mm. Während der trockenen Sommermonate erreicht die potentielle Evapotranspiration nach Class-A-Pan durchschnittlich etwa 5-8 mm/d. Der Boden ist ein alluvialer Lehm, der unterhalb 30 cm Bodentiefe in stark sandigen Lehm übergeht. Mit einer nutzbaren Feldkapazität (nFk) von etwa 90 mm in der Bodenschicht von 0 - 60 cm ergibt sich auf dem Standort eine hohe Bewässerungsbedürftigkeit. Eine geringe gesättigte Infiltrationsrate von 4-10 mm/h und ein schlechter bodenphysikalischer Zustand des Versuchsbodens führte zu teilweiser Stauwasserbildung bei der Bewässerung. Der Salzgehalt des Bodens und des Bewässerungswassers war gering (0,04-0,07 ‰ bzw. 0,62 - 0,67 dS/cm). Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L., Sorte: *Granola*) wurden jeweils Ende Februar in den winterfeuchten Boden ausgepflanzt und von Mitte Mai bis Ende Juni mittels fünf verschiedener Bewässerungsverfahren bewässert: Furchenbewässerung, Reihenregnerverfahren,

Tropfbewässerung, mobile Tropfbewässerung und (mobile) Düsenberegnung. Je Prüfglied wurden zur Ernte 60 m einer Kartoffelreihe in drei Wiederholungen à 20 m (1990: 4 Wiederholungen) in die Auswertung einbezogen. Eine Randomisierung der Prüfglieder war aus technischen Gründen nicht möglich. Aus diesem Grund sind die nachfolgenden Ergebnisse erst nach Ablauf der gesamten drei Versuchsjahre endgültig zu bewerten.

Bild 1: Versuchsaufbau zur Messung der abgestuften Bewässerungshöhe bei stationärer Tropfbewässerung und Furchenbewässerung



Bild 2: Mobile Beregnungsmaschine mit Düsen (außen am Auslegerarm) und Tropfschläuchen (Maschinenmitte) auf einem Teil der Versuchsfläche. Im Vordergrund: Regenmeßbecher



Bei der Furchenbewässerung, der mobilen- und der stationären Tropfbewässerung (Bild 1) war die Bewässerungshöhe 8-fach abgestuft. Sie ergab sich aus der Schätzung der potentiellen Verdunstung nach der Class-A-Pan-Methode und Multiplikation mit den Faktoren 0,2; 0,4; ...bis 1,6. Zur Kontrolle dienten Wasserzähler. Bei der Düsenberegnung (Bild 2) und dem Reihenregnerverfahren war diese Abstufung nicht so exakt möglich und daher stärker von der Witterung und den technischen Gegebenheiten der Beregnung abhängig. Hier wurde die tatsächliche, mittlere Beregnungshöhe durch Aufstellen von etwa 600 Kleinregenmeßbechern im Bestand ermittelt. Die gemessene Kesselverdunstung wurde ohne Verrechnung mit einem Korrekturfaktor aufsummiert. Nach Erreichen einer Gesamtverdunstung von jeweils 35 mm ( $\pm$  5 mm) wurde bewässert. Die Bewässerung erfolgte achtmal in der Vegetationszeit von Kartoffeln. Als Tropfleitungen wurden Tropfrohre (Drossbach "Agrodrip") mit einem Tropferabstand von 0,90 m eingesetzt, die entsprechend dem Reihenabstand der Kartoffeln in einem Abstand von 0,75 m verlegt wurden. Die Wahl des Tropfabstandes erfolgte in Anpassung an die niedrige gesättigte Infiltrationsrate des Bodens. Für die Reihenregnervariante wurde das "Line-Source Verfahren" (Hanks et al. 1976) gewählt. Zwei unmittelbar benachbarte Regnerleitungen wurden mit einem Regnerabstand von 5 m betrieben, so daß der effektive Regnerabstand 2,50 m betrug. Auf diese Weise wurde eine hohe Gleichförmigkeit der Wasserverteilung innerhalb der parallel verlaufenden Pflanzenreihe erzielt. Um die Beregnungsintensität zu senken, wurden die beiden Regnerleitungen nacheinander betrieben. Die eingesetzten Drehstrahlregner und die PVC-Schnellkupplungsröhre (70 mm) stammten aus türkischer Produktion (Göktepe) und wurden bei einem Betriebsdruck von 3,0 bar in 0,70 m Höhe betrieben. Die Druckverluste entlang der aus 17 Einzelregnern bestehenden Regnerleitungen waren vernachlässigbar.

Für die mobile Tropf- und Düsenbewässerung wurde eine Beregnungsmaschine mit Maschinenvorschub und 60 m Ausleger (Bauer "Boomstar") umgerüstet. Um bei der mobilen

Tropfbewässerung mit konstantem Betriebsdruck die geforderten unterschiedlichen Bewässerungshöhen auszubringen, wurden 1989 Tropfleitungen mit 0,20 m Tropferabstand in unterschiedlicher Länge an dem Ausleger befestigt, wobei der Leitungsabstand ebenfalls dem Abstand der Pflanzenreihen entsprach. Der andere Teil der Arbeitsbreite des Auslegers wurde mit Zungen- bzw. Pralltellerdüsen für die mobile Düsenberegnung ausgerüstet.

Um die Länge der Tropfleitungen zu reduzieren, wurden 1990 die mobilen Tropfleitungen von den Verfassern in der Weise verändert, daß in unterschiedlichen Stückzahlen druckkompensierende integrierte Tropfer im Abstand von ca. 1,5 cm auf der Leitung zum Einsatz kamen.

Die acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen während der Versuchsdurchführung wurden nach europäischen Standards durchgeführt.

Für die Regressionsanalyse der Ergebnisse wurde eine Polynomfunktion dritten Grades gewählt. Dabei wurde für die beiden Beregnungsverfahren pauschal ein Zuschlag von 10 % zu den gemessenen Beregnungshöhen addiert. Dieser Betrag entspricht etwa der Summe der Verluste durch Beregnungsverdunstung und Windabdrift, die in der Brutto-Beregnungshöhe am Standort berücksichtigt werden müssen. (Frost und Schwalen 1955). Ertragsdifferenzen zwischen den Verfahren bei gleichen Bewässerungshöhen wurden einer varianzanalytischen Bewertung unterzogen.

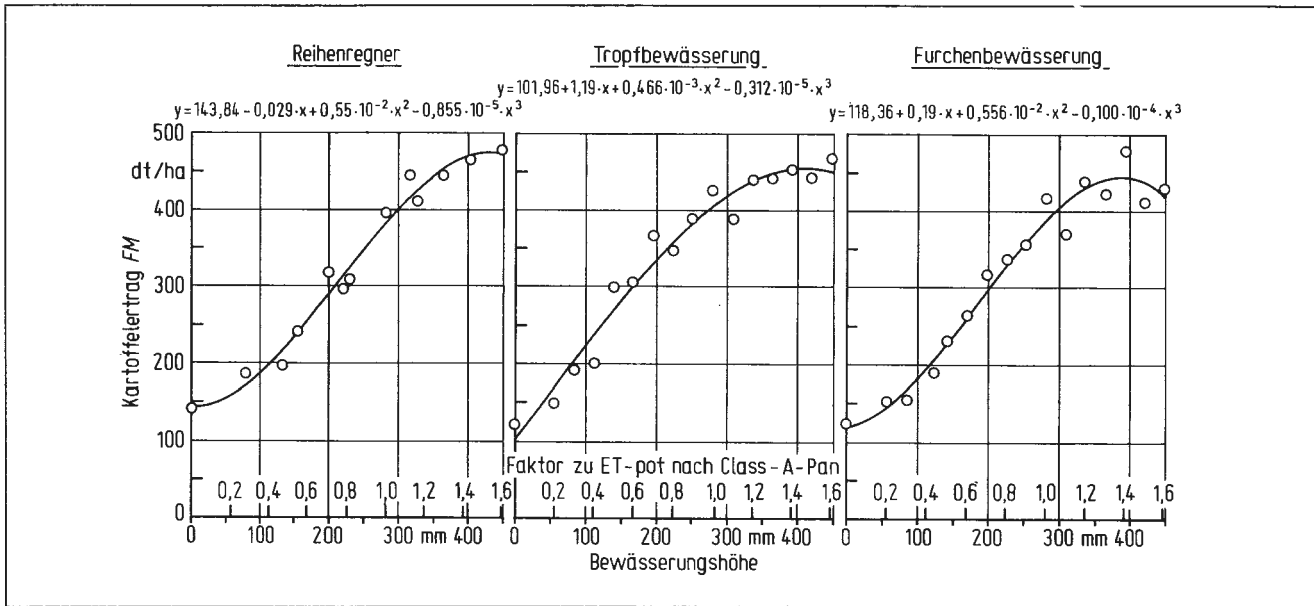
### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### Ertragsergebnisse

Bei allen Verfahren ergab sich eine hochsignifikante Wasser-Ertragsbeziehung (= applizierte Gesamtbewässerungshöhe zu Gesamtertrag, FM). Die Ertragskurven und die jeweiligen Regressionsgleichungen für Furchenbewässerung, Tropfbewässerung und Reihenregner werden in Abbildung 1 dargestellt. Während der Ertragsanstieg über einen weiten Wertebereich annähernd linear ist, kommt es bei den hohen Wassermengen zu einer Sättigung bei Faktor 1,3 bis 1,5. Ein anschließender Abfall der Funktion bei darüberhinausgehenden Bewässerungshöhen wird hier angedeutet, er geht aus dem vorhandenen Datenmaterial jedoch nicht eindeutig hervor.

In Abbildung 2 werden die Wasser-Ertragsbeziehungen für die fünf untersuchten Bewässerungsverfahren gegenübergestellt. Fast einheitlich wurde das Ertragsmaximum zwischen Faktor 1,3 und 1,5 erzielt. Der Ertrag bei den unbewässerten Varianten lag zwischen 111 dt/ha und 148 dt/ha. Das Ertragsmaximum betrug 478 dt/ha. 1990 wurden bei unbewässerten Kartoffeln aufgrund eines starken Niederschlagsdefizits vor der Pflanzung nur 17 dt/ha geerntet. Hohe Temperaturen Anfang Mai und Ende Juni bewirkten im Versuchsjahr 1990

Abbildung 1: **Beziehung von Gesamtbewässerungshöhe zum Gesamtertrag (FM) bei Kartoffeln mit Reihenregner-, Tropfbewässerung und Furchenbewässerung (Menemen, Türkei 1989)**



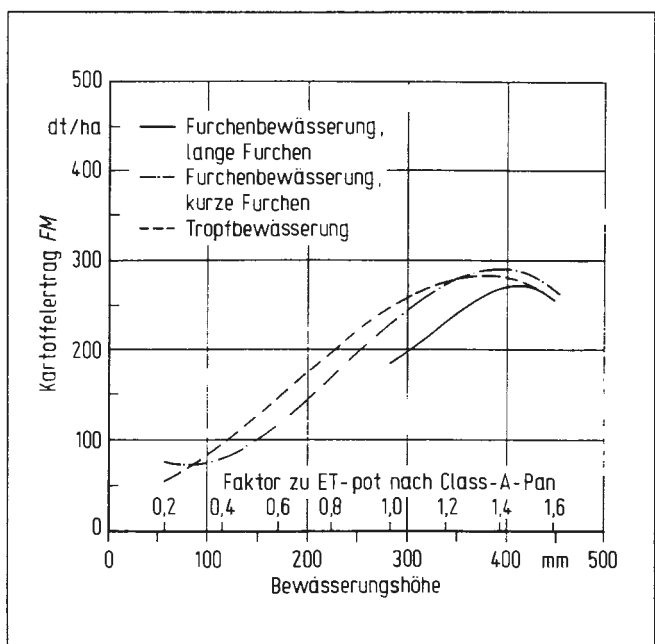
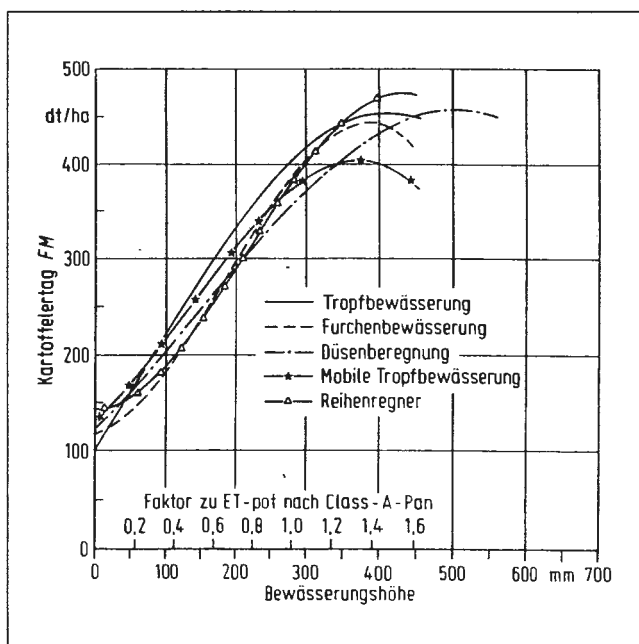
ein gegenüber dem Vorjahr um ca. 100 dt/ha niedrigeres Ertragsergebnis bei Kartoffeln in der gesamten Region. Das Ertragsmaximum im Versuch lag 1990 bei 360 dt/ha. Wie schon 1989 wurde auch 1990 bei allen Verfahren der Höchstertrag zwischen Faktor 1,3 und 1,5 erzielt.

Unterschiede zwischen den Bewässerungsverfahren bei gleichen Bewässerungshöhen waren nur in wenigen Gegenüberstellungen signifikant. Durch die hohe Präzision, mit der die Wasserverteilung unter den Versuchsbedingungen (auch bei der Furchenbewässerung) erfolgte, konnten sich verfahrensbedingte Unterschiede in der Gleichförmigkeit der Was-

serverteilung kaum ausprägen. Es wurden bei den Beregnungsverfahren mittlere CU - Werte von 82 % (Düsenberegnung) und 92 % (Reihenregner) errechnet. Eine ähnlich hohe Verteilgenauigkeit kann für die übrigen im Versuch eingesetzten Verfahren angenommen werden. Die schwache Ausprägung der Unterschiede (Abbildung 2) läßt den vorläufigen Schluß zu, daß die Ertragserwartung bei den einzelnen Verfahren (bei gleicher Bewässerungshöhe und -Frequenz) nicht grundsätzlich verschieden ist. Die Ergebnisse von 1989 zeigen, daß sich bei einer präzisen Furchenbewässerung eine ähnlich hohe Wassereffizienz wie bei den druckabhängigen Systemen erzielen läßt. Unter praxisnahen Bedingungen (zu-

Abbildung 2: **Ertragswirkung zusätzlicher Bewässerung durch fünf verschiedenen Bewässerungsverfahren in Kartoffeln (Menemen, Türkei 1989)**

Abbildung 3: **Wasser-Ertragsbeziehung für Kartoffeln im Versuchsjahr 1990, hier mit zusätzlicher Variante mit 80 m Furchenlänge**



nehmende Furchenlänge, etc.) ist allerdings zu erwarten, daß eine geringere Verteilgenauigkeit insbesondere bei den Oberflächenverfahren zu Lasten der Erträge geht. Hier sind CU-Werte von 90 % (Tropfbewässerung), 80 % (Reihenregner) und 70 % (Furchenbewässerung) typisch (Letey et al. 1990). Eine 1990 zusätzlich untersuchte Variante mit 80 m Furchenlänge führte bei den hohen Bewässerungshöhen zu etwa gleichen Erträgen, wie bei der Variante mit 20 m Furchenlänge (Abbildung 3), während die Erträge bei geringerer Bewässerungshöhe deutlich zurückgehen. Hieran wird deutlich, daß am angegebenen Standort die Möglichkeiten, durch unterschiedlich angepaßte und gehandhabte Bewässerungsverfahren auf den Ertrag einzuwirken, wesentlich größer sind, als durch einen Verfahrenswechsel. Anpassung und Handhabung haben also den stärkeren Einfluß auf Wasserverlust und Wasserausnutzung. Dies wird besonders unterstrichen durch die Ergebnisse der Versuche mit Tropfbewässerung, die sowohl hinsichtlich der Ertragsreaktion, als auch der Wassereffizienz keinen Vorteil gegenüber den übrigen Verfahren zeigte.

### Bewässerungssteuerung

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen für alle untersuchten Bewässerungsverfahren, daß Wassergaben, die deutlich über der am angegebenen Standort geschätzten potentiellen Verdunstung liegen, noch zu nennenswerten Ertragssteigerungen führen. Das spiegelt die bekannte Tatsache wieder, daß die Kartoffel eine Kulturart mit hohem Wasserverbrauch ist und schon bei geringer Ausschöpfung des Bodenwasservorrates empfindlich reagiert. Die höchsten Erträge werden in der Regel bei hoher Bewässerungsfrequenz erzielt (Doorenbos und Kassam 1979). Für die Kartoffel wird für die Hauptwachstumsphase ein bis zu 20 % über der Referenz-Evaporation (reference crop evaporation,  $ET_0$ ) liegender Wasserbedarf angegeben (Kc-Wert nach Doorenbos und Pruitt 1977). Mit Referenz-Evaporation ist die Verdunstung einer ausgedehnten kurzen Grasfläche ohne Wassermangel gemeint, sie wird durch Abschläge von der Class-A-Pan-Messung errechnet. Da die gemessene Kesselverdunstung im Versuch jedoch in voller Höhe zu  $ET_0$  gezählt wurde, kann der hohe Kc-Wert nicht als Erklärung für den beobachteten, hohen Wasserverbrauch angeführt werden. Eine Unterschätzung der potentiellen Verdunstung am Versuchsstandort durch die Class-A-Pan-Methode ist wahrscheinlich. Zur Überprüfung von  $ET_0$  nach Class-A-Verdunstung wurden Mess-

und Schätzwerte des Jahres 1990, die von einer angeschlossenen Klimastation stammten, nach der von der FAO vorgeschlagenen, modifizierten Penman Formel (Doorenbos und Pruitt 1977) verrechnet. Hier ergeben sich für die Verdunstung nach Penman etwa 10-20 % höhere Werte für  $ET_0$ , was die vermutete Unterschätzung der nach Class-A-Pan ermittelten  $ET_0$ -Werte belegt. Das Beispiel zeigt, wie wünschenswert eine Aufzeichnung der für die Schätzung der Verdunstung wichtigen Klimaparameter mittels einer automatischen Kleinwetterstation bei Feldversuchen ist.

### Ökonomische Bewertung der Bewässerung

Wegen der meist kleinbäuerlichen Agrarstruktur (Betriebsgröße: 2-5 ha) an der türkischen Westküste werden bei der Betrachtung der Kosten hier nur die Verfahren Furchenbewässerung, Reihenregner und Tropfbewässerung gegenübergestellt. Unter Berücksichtigung durchgeführter Arbeitszeitmessungen und weiterer Beobachtungen und Annahmen bei der Bewässerung wurden die festen und variablen Kosten für die drei genannten Verfahren errechnet, wobei ortsübliche Löhne, Kosten und Preise in Rechnung gestellt wurden. Die Arbeitskosten werden bei stationärem Aufbau der Bewässerungsanlagen hier zu den festen Kosten gezählt. Zu den variablen Kosten der Bewässerung zählen die Aufwendungen für Treib- und Schmierstoffe. Bei der Furchenbewässerung, bei der das Wasser gegen einen festen Jahresbeitrag von einem kommunalen Bewässerungsverband bereitgestellt wird, entfallen diese Kosten. Zahlreiche Farmer sind jedoch auch bei der Furchenbewässerung auf die Nutzung eigener Pumpen manigfacher Ausführungen angewiesen.

Die Analyse ergibt, daß der ökonomische Grenzwert, bei dem die Grenzkosten gleich dem Grenznutzen sind, bei keinem der genannten Verfahren nennenswert vom rechnerischen Höchstertag abweicht. Unter den vorliegenden Produktionsbedingungen sind die jährlichen Gesamtaufwendungen für die Bewässerung (zwei Ernten/Jahr) bei der traditionellen Furchenbewässerung am geringsten. Dies liegt in erster Linie an den gegenüber den anderen genannten Verfahren geringeren variablen Kosten pro mm Bewässerungshöhe (Tabelle 1). Wegen des relativ hohen Arbeitszeitbedarfes für die Vorbereitung und Durchführung der Bewässerung sind allerdings gegenüber dem Reihenregnerverfahren nur geringe Unterschiede bei den festen Kosten zu verzeichnen. Die genannten Zahlen geben jedoch nur grobe Anhaltspunkte über die Kosten der Bewässerung. Wegen der anhaltend hohen jährlichen Inflationsrate (50-100 %) und wechselnd hohen Zinsen und Zins-subsidienten durch den türkischen Staat sind die wahren Kosten der Bewässerung schwer zu ermitteln. Kreditzinsen und Nutzungskosten bleiben daher in dieser Analyse unberücksichtigt.

Ein Wechsel zu einem der genannten druckabhängigen Bewässerungssysteme wird derzeit nicht begünstigt. Insbesondere die Tropfbewässerung ist gegenüber der Furchenbewässerung unter den gegebenen Umständen für die geprüfte Kulturart unwirtschaftlich. Hinzu kommt, daß eine in vielen Fällen notwendige Wassergabe zur Bodenbearbeitung für die Bestellung der Zweitfrucht bei diesem Verfahren aus arbeitswirtschaftlichen

Tabelle 1: **Jährliche Kosten der Bewässerung je ha für drei verschiedene Bewässerungsverfahren bei 420 mm saisonaler Bewässerungshöhe und zwei Ernten pro Jahr an der türkischen Westküste. Alle Kosten in TL (Stand Mai 1990: 1 DM = 1500,- TL)**

	Investitionsbedarf	jährliche Festkosten <sup>1)</sup>	variable Kosten/mm <sup>2)</sup>	jährliche Gesamtkosten
Reihen-Regner	7.000.000,-	1.007.000,-	1.100,-	1.917.000,-
Tropfbewässerung	17.000.000,-	3.148.000,-	660,-	3.802.000,-
Furchen-B. mit Pumpe	3.000.000,-	1.200.000,-	135,-	1.315.000,-
Furchen-B. ohne Pumpe	nur Verbandsbeiträge	1.060.000,-	---	1.060.000,-

1) Kapital- und Nutzungskosten wurden nicht berücksichtigt.  
2) Es wurde eine Pumpen-Förderhöhe von 3 m zugrundegelegt.

Gründen nicht möglich ist. Ein Wechsel zum Reihenregnerverfahren ist allerdings unter geänderten Rahmenbedingungen der Produktion denkbar. Solche Veränderungen können sein:

- gestiegene Arbeitskosten,
- gesunkene Beschaffungspreise für Bewässerungsmaterial,
- Notwendigkeit der Wasserförderung aus Brunnen durch Pumpen,
- steigende Bodenversalzung bei fehlender Drainage,
- notwendige Wassergaben zur Bodenbearbeitung für Zweitfrucht, besonders bei Einführung mengenbezogener Wasserpreise,
- administrative Maßnahmen.

Sollten sich über die mehrjährige Versuchsdauer Ertragssteigerungen für die druckabhängigen Verfahren gesichert nachweisen lassen, wird ebenfalls ein Verfahrenswechsel begünstigt. Hier wirken sich dann die relativ geringen variablen Kosten bei gleichzeitig hohen zusätzlichen Erlösen für Kartoffeln bei der Verfahrensentscheidung aus. Zum andern ist das Mechanisierungspotential bei der Furchenbewässerung noch nicht voll ausgeschöpft. Durch Nutzung eines Rohrstranges mit regelmäßigen Öffnungen zur Wasserverteilung (gated pipes) können ein Teil der Arbeitszeit bei der Furchenbewässerung eingespart und die Wasserverluste der Feldzuleitung minimiert werden.

#### Kosten und Wasserverbrauch bei Einführung eines Wasserpreises

In vielen Bewässerungsgebieten in der Türkei wird die Versorgung mit Bewässerungswasser zentral organisiert, wobei ein geringer Teil der Bereitstellungskosten durch feste, kulturartabhängige Gebühren gedeckt wird. Da diese Beiträge nicht die ökonomische und ökologische Begrenztheit der Ressourcen widerspiegeln, wird gelegentlich die Einführung eines mengenbezogenen Wasserpreises diskutiert, um Anreize zur Einsparung von Bewässerungswasser zu geben. In einer Modellrechnung wurde daher ein fiktiver Wasserpreis von 450 TL/m<sup>3</sup> (ca. 0,30 DM/m<sup>3</sup>) angenommen, wodurch sich die variablen Kosten je Hektar bei allen Verfahren um 4500 TL pro mm Bewässerung erhöhen. Bei Mehrerträgen durch die Bewässerung in Höhe von ca. 300 dt Kartoffeln pro ha im Untersuchungsgebiet ergibt sich ein zusätzlicher Erlös von ca. 12 Mio. TL und ein um ca. 2 Mio. TL geringerer Gewinn pro Ernte bei Berücksichtigung eines Wasserpreises. Der Kartoffelanbau erweist sich für die türkischen Farmer demnach als wirtschaftlich sehr lukrativ, selbst wenn sich die Kosten für die Bewässerung weiter erhöhen sollten. Unter Zugrundelegung der in Abbildung 1 aufgeführten Funktionen liegt der Bewässerungswasseraufwand bei den genannten fiktiven Wasserpreisen beim ökonomischen Grenzwert nur um 9, 11 und 17 mm (Furchen-, Beregnung bzw. Tropfbewässerung) niedriger als bei mengenunabhängig erhobenen Wasserkosten. Dennoch ist eine stärkere Reduzierung des Gesamtwasserverbrauchs zu erwarten, da angenommen werden kann, daß der tatsächliche Wasseraufwand im Durchschnitt der Betriebe noch wesentlich über den hier entwickelten Empfehlungen liegt. Ein mengenbezogener Wasserpreis hätte überdies einen psychologischen Effekt und könnte zur Vermeidung unnötiger Verluste beim Wassertransport zum Feld und bei der Wasserverteilung, sowie zur Wiederverwendung von Oberflächenwasser aus der Bewässerung führen.

#### Schlusßbemerkung

Die standort- und kulturartabhängig außerordentlich differenzierten Bedingungen bestimmen die Auswahl des am besten geeigneten Bewässerungsverfahrens. Die pflanzenbau-

lichen Ergebnisse der Versuche lassen jedoch den wesentlichen Grundsatz erkennen, daß die Realisierung eines quantitativ und qualitativ hohen Ertrages bei der geprüften Kulturart in erster Linie von der applizierten Bewässerungshöhe und der verwendeten Steuerungsmethode abhängig ist, während die Wirkung der unterschiedlichen Verfahren in den Hintergrund tritt. Zur Festlegung des geeignetsten Bewässerungsverfahrens müssen daher unter den genannten Bedingungen die weiteren Auswahlkriterien vorrangig betrachtet werden: jährliche Festkosten, Energiebedarf, Arbeitszeitbedarf, Geländeoberfläche, Boden- und Klimakennwerte, Wasserqualität, Art der Wasserzuleitung, Kulturarten, die Möglichkeit der Automation, und andere.

#### 4. Zusammenfassung

Für die Bewertung und Zuordnung von Bewässerungsverfahren unter den gegebenen Einsatzbedingungen liegen bisher noch keine allgemeingültigen Richtlinien vor. Verfahrensbedingte Unterschiede in der Effizienz der Wassernutzung können durch die Bestimmung der Wasser-Ertragsbeziehung identifiziert werden. Dazu wurden Feldversuche mit Furchenbewässerung, mobiler- und stationärer Tropfbewässerung, Reihenregnern und mobiler Düsenberegnung in der Küstenregion von Izmir (Türkei) durchgeführt. Die Ergebnisse der ersten zwei aus insgesamt drei Versuchsjahren zeigen bei gleicher Beregnungshöhe und -frequenz nur geringe Ertragsunterschiede bei den untersuchten Verfahren. Die Planung und Handhabung eines Verfahrens scheint größere Auswirkungen auf die Effizienz der Wasserverteilung zu haben, als ein möglicher Verfahrenswechsel. Die Wasser-Ertragsfunktionen ermöglichten ebenfalls die Überprüfung der am Standort üblichen Steuerungsmethode für die Bewässerungshöhe. Durch die Class-A-Pan Methode wurde der Wasserbedarf am angegebenen Standort unterschätzt. Die Funktionen dienen außerdem als Basis für eine Modellanalyse des Bewässerungsaufwandes unter variablen Wasserkosten. Hier zeigt sich, daß durch die Einführung mengenbezogener Wasserpreise aus betriebswirtschaftlichen Gründen nur sehr geringe Wassereinsparungen zu erwarten sind, wenn eine den örtlichen Bedingungen angepaßte Bewässerungssteuerungsmethode verwendet wird.

#### Field experiments on reaction of potatoes towards irrigation methods and water application depths

For the evaluation and selection of irrigation methods under given farming conditions generally accepted guidelines are still unavailable. Differences in the efficiency of water use can be detected by the determination of the water-yield relationship. Therefore experiments with furrow-, mobile-, stationary drip-, (hand move-) sprinkler- and (mobile-) nozzle irrigation were carried through in the coastal region of Izmir (Turkey). Results from the first two years of a three year experiment show only small differences in yield for the tested irrigation methods. The design and handling of a chosen method seems to have a greater impact on the magnitude of the water use efficiency than the method selection. The water-yield functions enabled an evaluation of the commonly used method for irrigation control. The class-a-pan-method proved to underestimate the water demand. Furthermore the functions served as a basis for modeling the irrigation water consumption under variable water costs. It is shown that by the introduction of water prices, which are related to the water quantity, for economical reasons no significant reduction of the total water consumption can be expected.

## Literatur

Doorenbos, J. und Kassam, A.H. (1979): Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper No. 33, FAO, Rome, Italy, 193 S.

Doorenbos, J. und Pruitt, W.O. (1977): Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 24, FAO, Rome, Italy, 144 S.

Frost, K.R. und Schwalen, H.C. (1955): Sprinkler Evaporation Losses. Agricultural Engineering 36 (8), S. 526-528.

Hanks, R.J.; Keller, J.; Rasmussen, V.P. und Wilson, G.D. (1976): Line Source Sprinkler for Continuous Variable Irrigation - Crop Production Studies. Soil Sci. Am. J. 40, S. 426-429.

Letey, J.; Dinar, A.; Woodring, C. und Oster, J.D. (1990): An Economic Analysis of Irrigation Systems. Irrigation Science 11, S. 37-43.

Verfasser: Schäfer, Wilfried, Dr.; Hartmann, Hans, Dipl.-Ing. agr.; Sourell, Heinz, Dipl.-Ing. agr.; Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), komm. Leiter: Professor Dr.-Ing. Wolfgang Baader; Sener, Sabri, Doc. Dr.; Köy Hizmetleri Arastirma Enstitüsü, Menemen-Izmir, Türkei.