

# Entwicklungstendenzen der Feldberegnung in der Bundesrepublik Deutschland

## Sprinkler Irrigation developments in the Federal Republic of Germany

Von Fritz-Peter Sörgel\*)

### 1. Einleitung

Die Feldberegnung ist unter spezifischen, klimatischen Einsatzbedingungen in der Bundesrepublik Deutschland ein wesentlicher Produktionsfaktor, der zur Existenzsicherung der landwirtschaftlichen Betriebe beiträgt.

Im Gegensatz zur Bewässerungswirtschaft in tropischen und subtropischen Regionen hat die Feldberegnung in der Bundesrepublik Deutschland die Aufgabe größere Regendefizite in den für die Ertragsbildung der Pflanzen entscheidenden vegetationsspezifischen Wachstumsphasen auszugleichen.

### 2. Verfahren der Feldberegnung

Für die Feldberegnung steht, entsprechend dem umfangreichen technischen Angebot der Beregnungsindustrie, eine Anzahl von Beregnungsverfahren zur Auswahl. Aus den klassischen Verfahren der anfeuchtenden Feldberegnung hat sich durch die Forderung nach zunehmender Rationalisierung eine völlig neue Technik entwickelt, die im wesentlichen durch den verstärkten Einsatz von Kunststoffen geprägt ist (4).

Die in der Bundesrepublik Deutschland eingesetzten Beregnungsverfahren gliedern sich, wie in Abbildung 1 dargestellt, hinsichtlich der Wasserverteilung in Reihenregner- und Einzelregnerverfahren (3, 6).

Bei den Reihenregnerverfahren werden mehrere Regner an einer Regnerleitung betrieben. Sie unterteilen sich in Rohr-, Rohr-Schlauch- und Schlauch-Schlauchverfahren und sind stationär oder beweglich (1). Die beweglichen Einzelregnerverfahren werden in Verfahren mit selbsttätigem

---

\*) Fritz-Peter Sörgel, Ing. agr. (grad), Mitarbeiter des Instituts für Betriebstechnik der Forschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) Braunschweig-Völkenrode

**Anschrift:** D 33 Braunschweig, Bundesallee 50

Regnereinzug (Abb. 2) und in Verfahren mit selbsttätigem Maschinenvorschub (Abb. 3) unterteilt. Die stationären Einzelregnerverfahren haben z. Z. nur eine untergeordnete Bedeutung. Ein Sondergebiet stellt die Tropfbewässerung dar, auf die jedoch hier nicht näher eingegangen werden soll.



Abbildung 1: In der Bundesrepublik Deutschland eingesetzte Feldberegnungsverfahren

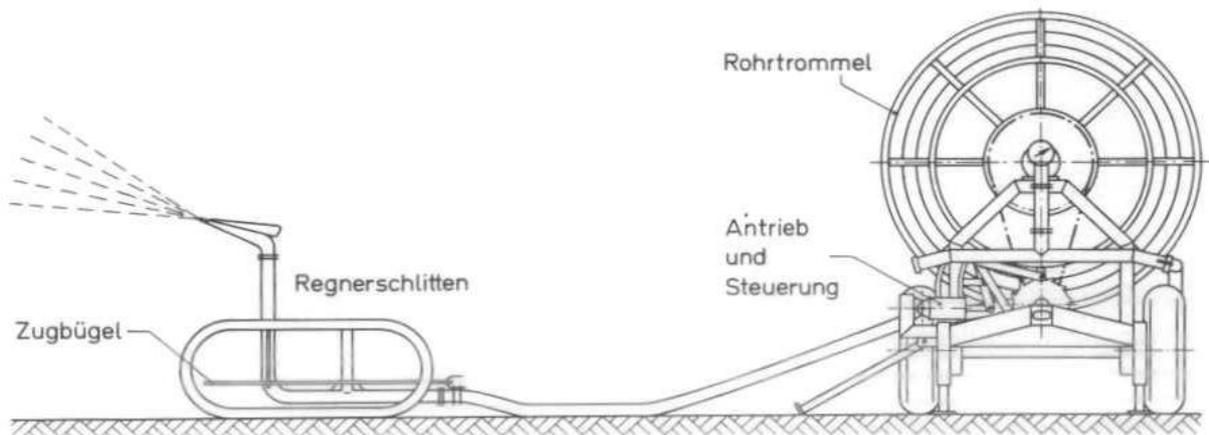


Abbildung 2: Schematische Darstellung einer Beregnungsmaschine mit Regnereinzug

Aufgrund der hohen Arbeitskosten in der Bundesrepublik Deutschland gehen die Betriebe zunehmend dazu über, arbeitssparende Beregnungsverfahren einzusetzen. Hierzu zählen im wesentlichen die weitgehend vollmechanisierten Einzelregnerverfahren.

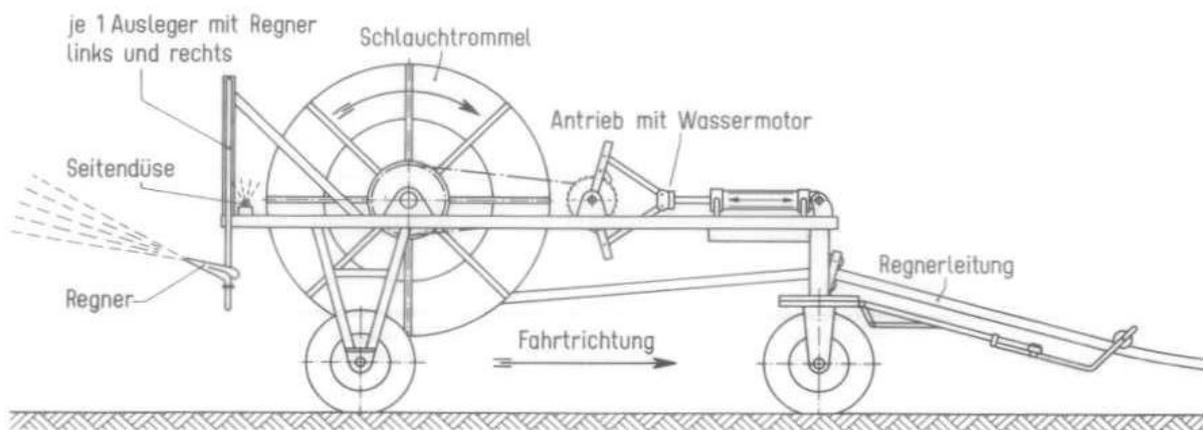


Abbildung 3: Schematische Darstellung einer Beregnungsmaschine mit Maschinenvorschub

### 2.1. Beregnungsmaschine mit Regnereinzug

Die Geräte sind mit einem Polyäthylenrohr ausgestattet, an dessen freiem Ende ein Schlitten-Schleppstativ oder ein Regnerwagen mit einem Großflächenregner angekuppelt ist. Das PE-Rohr ist in Transportstellung auf die Haspel aufgespult und der Schlitten, je nach Typ, mit einer Winde oder einer Heberampe ausgehoben. Beim Einsatz von Regnerwagen werden diese beim Straßentransport häufig hinter die Beregnungsmaschine gehängt. Der Regnerwagen scheint sich gegenüber dem Regnerschlitten durchzusetzen, da durch das Abrollen der Räder, insbesondere in Kartoffeln und Getreide, die Gefahr des Mitziehens von Pflanzenteilen stark reduziert wird.



Abbildung 4: Beregnungsmaschine mit Regnereinzug  
— Antrieb über Kolbenmotor —

Die Verwendung von PE-hart Rohren konnte bei den derzeit relativ kleinen Trommeldurchmessern bei großen Rohrlängen, insbesondere bei den

PE-hart Rohren, mit einem Außendurchmesser von 110 mm nicht immer befriedigen. Die Kunststoffindustrie bietet ein PE-Rohr Sonderqualität an, das elastischer ist. Erste praktische Einsatzversuche erbrachten bereits positive Ergebnisse. Der Antrieb der Haspel erfolgt je nach Fabrikat unterschiedlich. Durchgesetzt hat sich der relativ wartungsarme und betriebssichere Wassermotor. Die Kraftübertragung erfolgt über Kolben, Klinkenräder, Ketten oder Hebelarme auf die Rohrtrommel (Abb. 4). Zwei Hersteller von Beregnungsmaschinen lösen den Antrieb über eine wassergetriebene Turbine (Abb. 5). Da bei Turbinenantrieb kein Arbeitswasser anfällt, bietet diese Antriebsart gewisse Vorteile. Bezüglich der Anordnung der Rohrtrommel zum Fahrgestell lassen sich drei Grundkonzeptionen unterscheiden:

- Die Achse der Rohrtrommel liegt im rechten Winkel zur Fahrgestellachse. Beim Auftrommeln gleitet die Trommel jeweils um den Rohrdurchmesser mit.
- Die Achse der Rohrtrommel liegt parallel über der Fahrgestellachse. Das bietet den nicht unerheblichen Vorteil, daß das PE-Rohr auch durch Verankerung des Regnerschlittens ausgezogen werden kann.
- Die Rohrtrommel ist schwenkbar auf dem Fahrgestell angebracht. Bei gegenüberliegenden Feldstücken muß zum Ausziehen der Regnerleitung nur die Trommel gedreht werden.

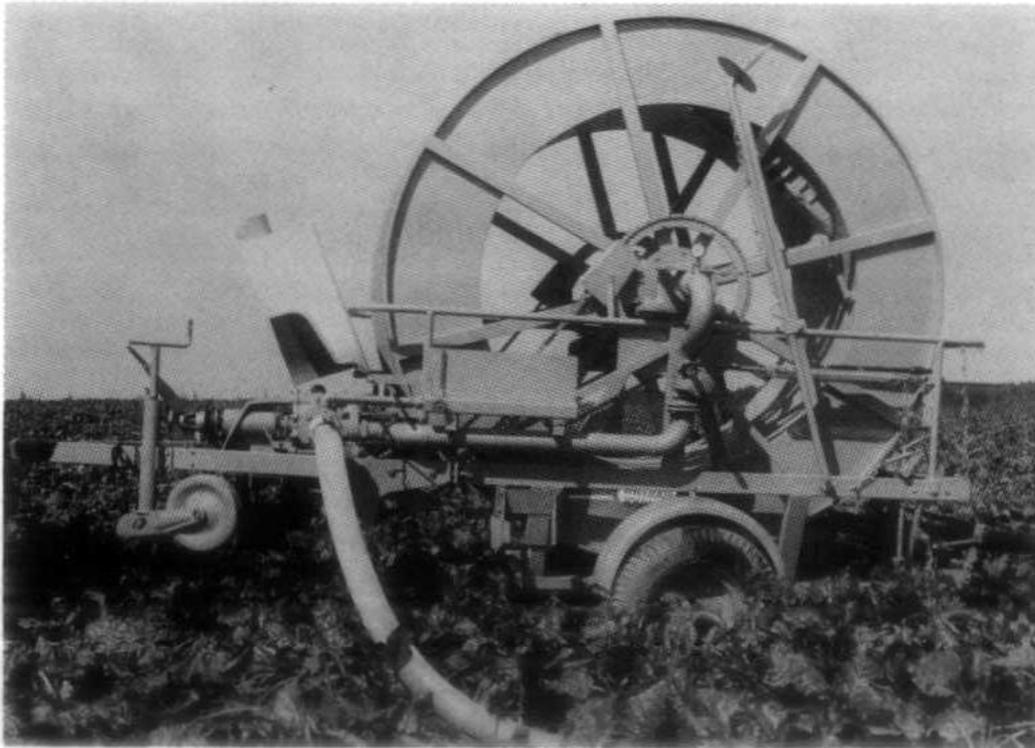


Abbildung 5: Beregnungsmaschine mit Regnereinzug  
— Antrieb über Turbine —

## 2.2. Beregnungsmaschine mit Maschinenvorschub

Die Regnerleitung der selbstfahrenden Beregnungsmaschine besteht aus

einem Gewebeschlauch, dessen Karkasse aus einem Polyesterfaserge-  
webe hergestellt ist und gegen äußeren Verschleiß durch eine abriebfeste  
Kunststoffschicht geschützt wird. Regnerleitung, Regner und Antriebsor-  
gane sind auf einem drei- oder vierrädrigen Fahrgestell montiert und  
werden beim Abregnen durch den Bestand gezogen.

#### 2.2.1. Antrieb über Drahtseil

Das Drahtseil wird durch den Bestand gezogen und am Feldrand ver-  
ankert. Die Regnerleitung wird am Feldrand ausgelegt und über eine  
Umlenktrummel (Schlepperradfelge) mit der Beregnungsmaschine ver-  
bunden. Nach Freigabe der Wasserzufuhr zieht sich das Gerät über eine  
Seiltrommel, einen Klinkentrieb und Wassermotor an das gegenüberlie-  
gende Feldende und zieht den Schlauch hinterher (Abb. 6).



Abbildung 6: Beregnungsmaschine mit Maschinenvorschub

Für das Auslegen des Drahtseils ist ein Schlepper nicht unbedingt erfor-  
derlich. Dies beinhaltet insbesondere beim Beregnen von Mais Vorteile.

#### 2.2.2. Antrieb über Regnerleitungsschlauch

Die Regnerleitung wird am Feldrand verankert und die Beregnungsmas-  
chine durch den Bestand gezogen. Dabei wird gleichzeitig die Regner-  
leitung ausgelegt. Durch Auftrommeln des Schlauches zieht sich die Be-  
regnungsmaschine über das Feld und steht nach Abregnen des Bereg-  
nungstreifens transportbereit am Feldrand (Abb. 3).

Die Beregnungsmaschinen arbeiten weitgehend automatisch und ersetzen  
die Schwachregner bei den Reihenregnerverfahren (Rohr-, Rohr-Schlauch  
und Schlauch-Schlauchsystem) weitgehend durch einen Starkregner mit  
einer Niederschlagsintensität von mehr als 15 mm/h. Neuere Entwicklun-  
gen zeigen eine Abkehr von den Starkregnern und einen Übergang auf  
Mittelstarkregner (Abb. 3, 6). In Verbindung mit Auslegearmen, auf deren  
Ende zwei Mittelstarkregner aufgesetzt sind, wird die Wassermenge hal-  
biert. Dies erlaubt einen geringeren Druck am Regner bei gleichem Was-

serdurchsatz. Weitere Vorteile sind in der relativ größeren Wurfweite und in der geringeren Windanfälligkeit zu sehen. Im Hinblick auf die bekannten Nachteile der Starkberegnung sind solche Lösungen von besonderem Interesse.

### 3. Arbeitszeitbedarf

Der für die Feldberegnung notwendige Arbeitszeitbedarf wird weitgehend von der Wahl des Beregnungsverfahrens bestimmt. Er ist ein wesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes der Technik der Feldberegnung.

Der Arbeitszeitbedarf für die ausgewählten Beregnungsverfahren wurde in verschiedenen praktischen Beregnungsbetrieben und Abwasserverbänden ermittelt. Bei einer Schlaglänge von 300 m, einem Hydrantenabstand von jeweils 100 m und einem mittleren Arbeitszeitbedarf für das Verlegen von Zuleitungsrohren benötigt die Rohr-Schlauchberegnung beim Einsatz nur einer Arbeitskraft bei den Reihenberegnungsverfahren den höchsten Arbeitszeitbedarf für die Arbeiten Aufbau, Abbau, Verlegen von Zuleitungsrohren und Vorschub (Abb. 7). Diese Arbeitszeit (Auf- und Abbau bzw. Vorschub einschl. Verlegen von Zuleitungen) kann etwa der Stillstandszeit der Beregnung beim Umsetzen der Beregnungsanlage gleichgesetzt werden.

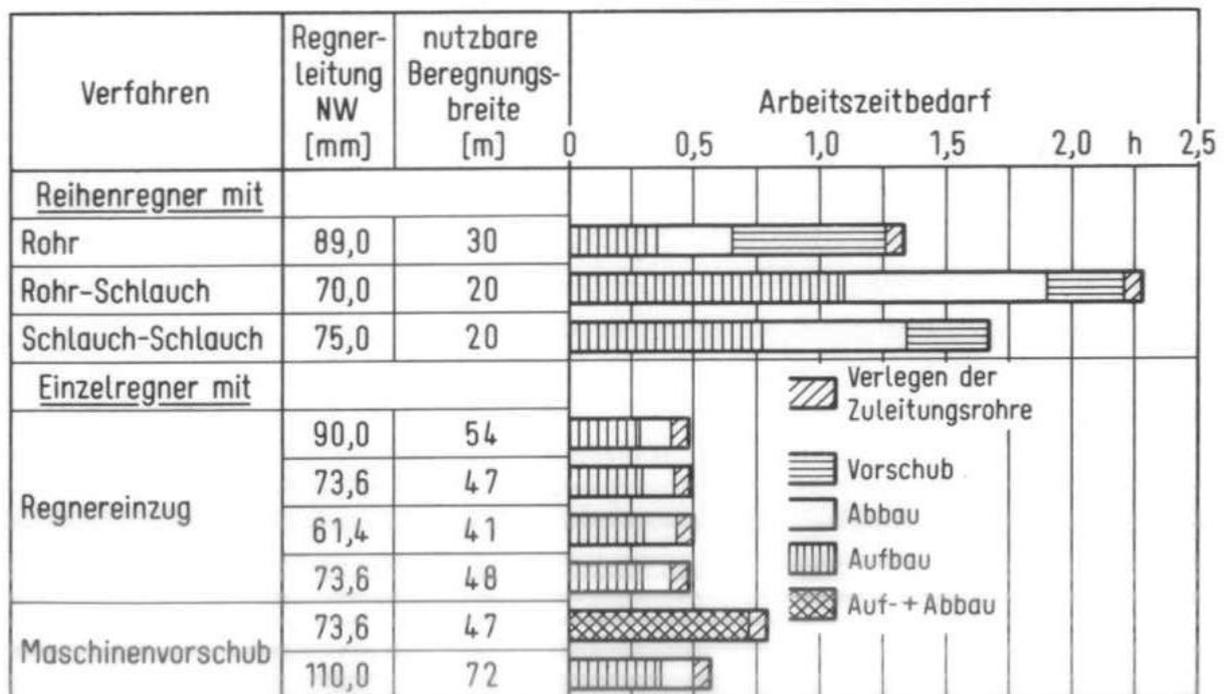


Abbildung 7: Arbeitszeitbedarf für die Teilarbeiten Aufbau, Abbau, Vorschub und Verlegen von Zuleitungsrohren

Bei den Beregnungsmaschinen mit Regnereinzug variiert der Arbeitszeitbedarf nur wenig, da der Arbeitsablauf bei diesen Beregnungsverfahren sich nur wenig ändert. Für den Aufbau der Beregnungsmaschine bis zum

Aufdrehen des Hydranten werden bei den Verfahren mit Regnereinzug 0,25–0,30 h benötigt. Der Abbau kann in 0,10–0,13 h erfolgen, so daß bei einmal Umsetzen einer Beregnungsmaschine mit Regnereinzug vom Arbeitsgang Hydranten zudrehen bis zum Arbeitsgang Hydranten aufdrehen maximal eine halbe Stunde vergeht. Dabei sind Wegzeiten unberücksichtigt geblieben.

Bei dem Verfahren – Beregnungsmaschine mit Maschinenvorschub – mit einer Nennweite <sup>1)</sup> der Regnerleitung von 73,6 mm liegt der Arbeitszeitbedarf für die genannten Arbeiten höher, da verfahrensbedingt jeweils das PE-Rohr, die Umlenkrolle und der Regnerwagen einzeln zur nächsten Regnerstellung gebracht werden müssen. Der Arbeitszeitbedarf beträgt dann etwa 0,8 h.

Ausgehend von diesen Planzeitwerten für die einzelnen Teilzeiten wurde der Arbeitszeitbedarf je Hektar für unterschiedliche Schlagabmessungen ermittelt. Dabei wurde weiterhin unterstellt:

1. Ist die Feldbreite kein ganzzahliges Vielfaches der nutzbaren Beregnungsbreite, so erfolgt eine zusätzliche Aufstellung, wenn die Restparzellenbreite größer als 30% der nutzbaren Beregnungsbreite bzw. größer als 10 m ist.
2. Bei den Einzelregnerverfahren beträgt die nutzbare Beregnungsbreite 55% der doppelten Wurfweite der Regner. Für die Beregnungsmaschine mit Auslegern, d. h. mit geteilter Wassermenge an den Regnern, wurde eine nutzbare Beregnungsbreite von 67% unterstellt. Dies bestätigen Meßergebnisse des Instituts für Betriebstechnik der FAL.
3. Die Beregnungsanlage steht auf einem Beregnungsschlag, wird dort abgebaut, zum unterstellten Schlag transportiert und dort betriebsbereit aufgebaut. Die mittlere Feld-Hof-Entfernung beträgt 1000 m und die mittlere Feld-Feld-Entfernung 250 m.

Mit zunehmender Mechanisierung sinkt der Arbeitszeitbedarf für die ausgewählten Beregnungsverfahren (Abb. 8).

Den höchsten Arbeitszeitbedarf beanspruchen die Rohrverfahren mit 2,10 h/ha. Am günstigsten liegt bei den Reihenregnern das Schlauch-Schlauchverfahren, gefolgt vom Rohr-Schlauchverfahren. Mit zunehmender Feldbreite ist bei den Reihenregnerverfahren mit abnehmendem Arbeitszeitbedarf zu rechnen. Bei ungünstiger Feldbreite geht dieser Vorteil jedoch verloren. Rohr-Schlauch- und Schlauch-Schlauchverfahren erreichen bei einer Feldbreite von 100 m bzw. einem Vielfachen davon den optimalen Arbeitszeitbedarf.

Der Arbeitsaufwand je Hektar beregneter Fläche ist bei den Einzelregnerverfahren um ein Vielfaches niedriger als bei den Reihenregnerverfahren. Er schwankt bei optimaler Flächennutzung, d. h. verfahrensspezifischer optimaler Schlagabmessung zwischen 0,28 h/ha und 0,55 h/ha.

<sup>1)</sup> Nennweite = Innendurchmesser

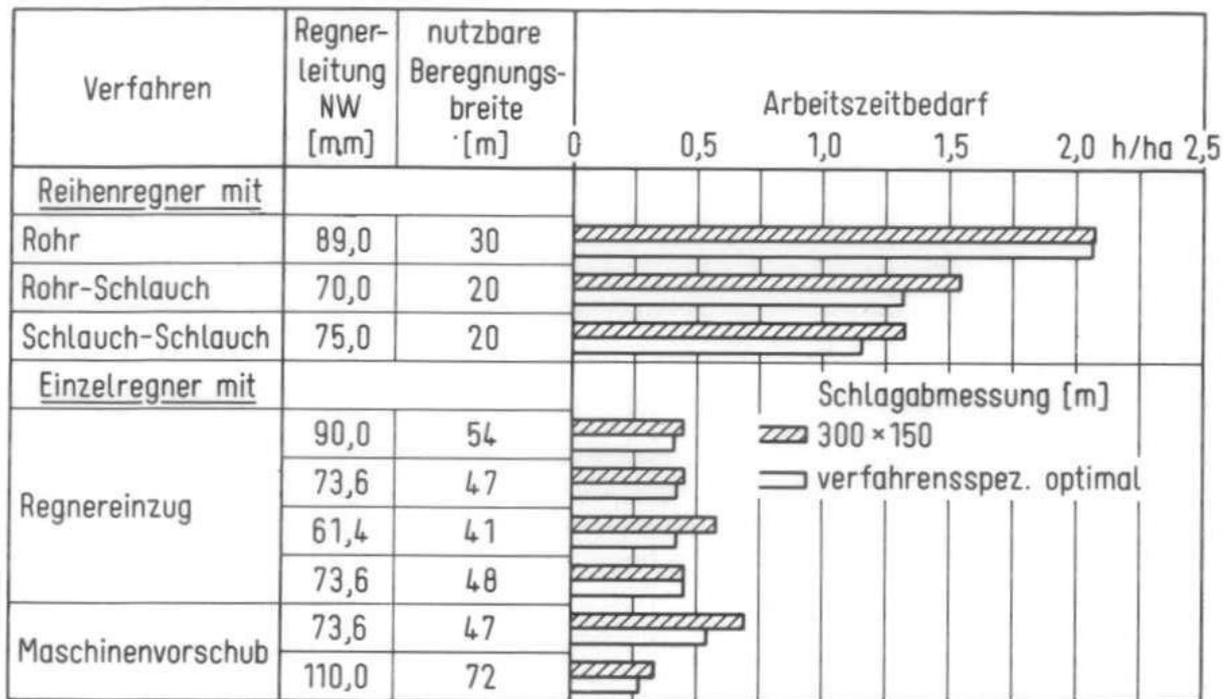


Abbildung 8: Arbeitszeitbedarf je Hektar für verschiedene Beregnungsverfahren bei unterschiedlicher Schlagabmessung

Die Einzelregnerverfahren mit Regnereinzug unterscheiden sich untereinander nur unwesentlich. Größere Unterschiede ergeben sich bei den Einzelregnerverfahren mit Maschinenvorschub. Hier beansprucht das Verfahren mit der am Feldrand verlegten Regnerleitung und dem Antrieb über die Seiltrommel den höchsten Arbeitszeitbedarf (Regnerleitung NW 73,6).

#### 4. Flächenleistung für verschiedene Beregnungsverfahren

Die Flächenleistung eines Beregnungsverfahrens wird im wesentlichen durch den Wasserverbrauch bestimmt. Regnerbauart, Düsendgröße, verfügbare Wassermenge, verfügbarer Druck am Hydranten, Nennweite und Länge der Regnerleitung sowie Druckverluste in der Beregnungsmaschine beeinflussen außerdem die Flächenleistung der Beregnungsverfahren. Die positive Wirkung des Wasserverbrauches als Voraussetzung für eine möglichst hohe Flächenleistung entspricht nicht immer der kontinuierlichen Wasserversorgung der Pflanze. Bei Unterstellung eines zehntägigen Beregnungsturnus und einer täglichen Einsatzzeit der Reihenregnerverfahren von 16 Stunden und der Einzelregnerverfahren von 20 Stunden ergibt sich für die Flächenleistung der verschiedenen Beregnungsverfahren bei der Beregnungshöhe von 30 mm folgende Tendenz (Abb. 9):

- Die Rohrverfahren mit einer Rohrnennweite von 89 mm können durchaus mit den Einzelregnerverfahren konkurrieren.
- Das vergleichbare arbeitsexensive Einzelregnerverfahren mit Reg-



Kosten der Wasserbereitstellung bleiben unberücksichtigt, da diese nur betriebsspezifisch erfaßt werden können.

### 5.1. Kapitalbedarf

Der Kapitalbedarf für die ausgewählten Reihen- und Einzelregnerverfahren wurde nach Preisangaben verschiedener Herstellerfirmen für das Jahr 1975 ermittelt. Der Kapitalbedarf für die Reihenregnerverfahren bezieht sich auf eine Regnerleitungslänge von 300 m, (Abb. 10).

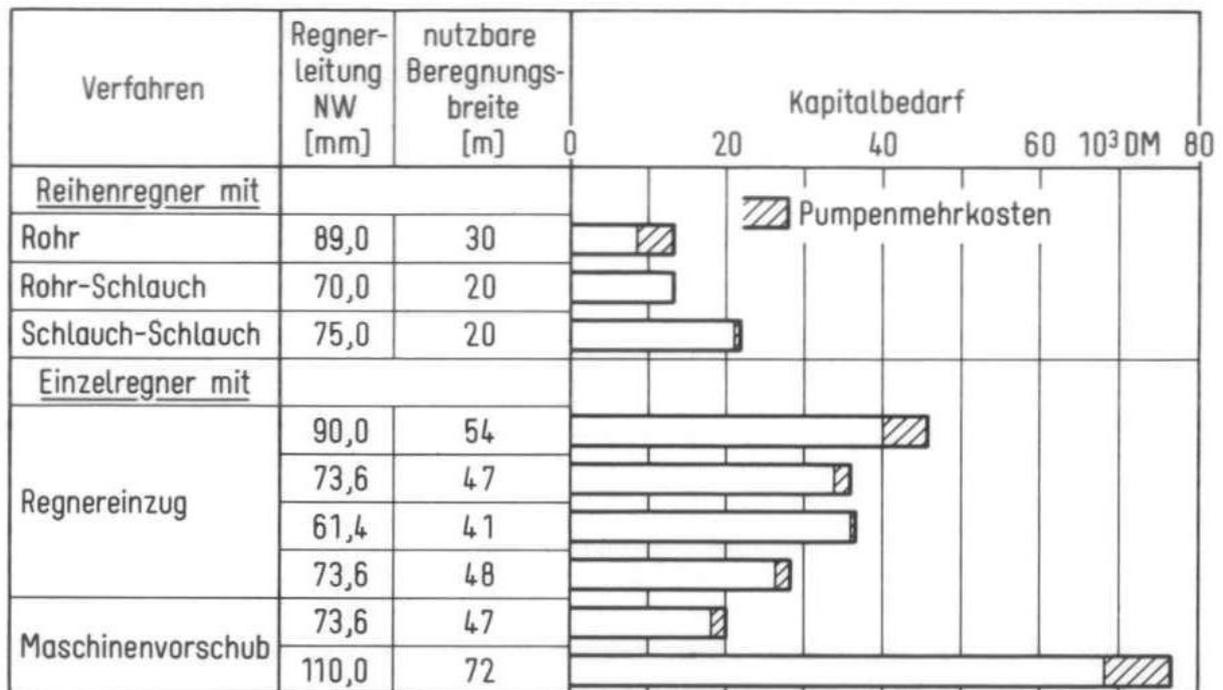


Abbildung 10: Kapitalbedarf verschiedener Beregnungsverfahren

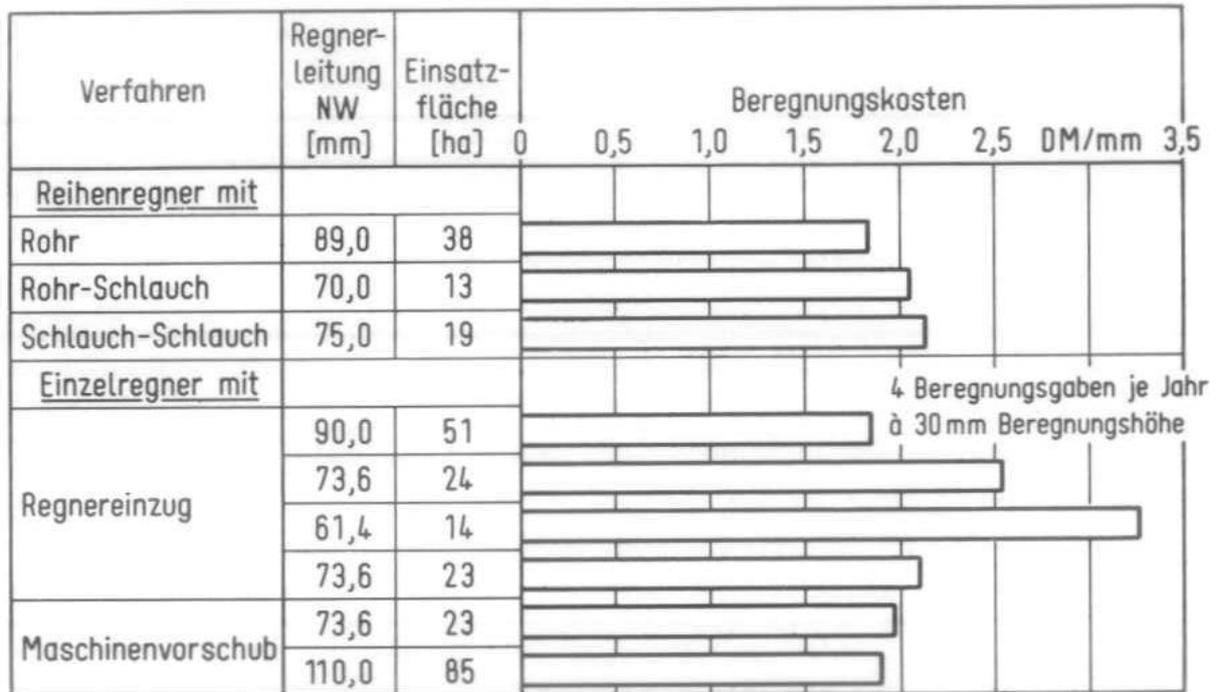
Der Kapitalbedarf für die arbeitsexensiven Einzelregnerverfahren beträgt das zwei- bis dreifache des Anschaffungswertes der Rohrverfahren. Der hohe Anschaffungswert für das Verfahren mit Maschinenvorschub und einer Regnerleitung NW 110 ist auf die hohen Kosten für die Regnerleitung und auf die aufwendigere Konstruktion zurückzuführen. Preiswertestes Einzelregnerverfahren ist das Beregnungsverfahren mit Maschinenvorschub (NW 73,6), bei dem die Regnerleitung in einer Schlaufe am Feldrand verlegt wird.

Einzelregnerverfahren mit Regnereinzug mit einer Nennweite von 73,6 mm erfordern einen Kapitaleinsatz von 28.570,— DM bis zu 36.215,— DM. Für diesen großen Preisunterschied gibt es keine hinreichende Erklärung. Es läßt sich tendenziell feststellen, daß der Anschaffungspreis mit abnehmendem Arbeitszeitbedarf und zunehmender Flächenleistung ansteigt.

### 5.2. Verfahrenskosten

Bei dem folgenden Kostenvergleich für den Einsatz verschiedener Beregnungsverfahren wird davon ausgegangen, daß die Verfahren bis zur

maximalen Flächenleistung ausgelastet werden (1). Die verfügbare Flächenleistung wird sowohl für die Getreide- als auch für die Hackfrucht-beregnung genutzt. Damit kann die doppelte Flächenleistung der jährlichen Einsatzzeit für die ausgewählten Verfahren gleichgesetzt werden.



Einsatzfläche = max. Flächenleistung [ha/10d] der Beregnungsverfahren

Abbildung 11: Kosten der Beregnung je mm Beregnungshöhe beim Einsatz verschiedener Beregnungsverfahren

Tendenziell läßt sich für die Einzelregnerverfahren feststellen, daß mit zunehmendem Rohrquerschnitt und Wasserdurchsatz bei steigender Flächenleistung die Kosten je mm Beregnungshöhe sinken (Abb. 11). Die teuerste Lösung stellt aufgrund der niedrigen Flächenleistung, der hohen Anschaffungskosten und der hohen variablen Kosten das Einzelregnerverfahren mit einer Rohrnennweite von 63,4 mm dar. Die Reihenregnerverfahren können bei voller Auslastung von den Einzelregnerverfahren mit hoher Flächenleistung noch unterboten werden.

Mit zunehmender Einsatzfläche sind Verfahren mit einem relativ hohen Kapitalbedarf und hoher Flächenleistung bei Rohrnennweiten von 90 mm und darüber kostengünstiger.

Die Beregnungskosten je mm Beregnungshöhe wurden auf der Basis der verfahrensspezifischen maximalen Flächenleistung ermittelt. Mit abnehmender Einsatzfläche steigen die Beregnungskosten überproportional. Eine betriebsspezifische, der jeweiligen Flächenleistung zugeordnete Planung der einzusetzenden Beregnungstechnik ist deshalb besonders wichtig.

## 6. Zusammenfassung

Mit zunehmender Rationalisierung der landwirtschaftlichen Produktion

gewinnen arbeitssparende Berechnungsverfahren auf berechnungsbedürftigen Standorten mehr und mehr an Bedeutung. Die wirtschaftliche Nutzung der zur Verfügung stehenden Berechnungstechnik kann nur über eine exakte einzelbetriebliche Kalkulation auf der Grundlage betriebspezifischer Kenndaten erfolgen. Voraussetzung ist eine sichere und störungsfreie Funktion der Geräte.

Die neueren Verfahren mit entsprechend leistungsfähigen Berechnungsmaschinen setzen eine vergleichsweise hohe Flächenausstattung, eine optimale Schlagabmessung und vor allem eine dem spezifischen Wasserverbrauch dieser Maschinen angepaßte Wasserverfügbarkeit voraus. Diese begrenzt den Einsatz solcher Verfahren.

Die Weiterentwicklung von Berechnungsverfahren sollte sich stärker auf einen geringeren und pflanzenspezifischen Wassereinsatz orientieren, da das Wasser zunehmend zu einem begrenzenden Produktionsfaktor wird.

### **Summary**

The importance of irrigation in the Federal Republic of Germany is mainly based upon its function to supply plants with water during relatively short drought periods, and as an important mean of waste water disposal and frost protection. More than 75 % of the irrigation area is irrigated by sprinkler irrigation.

Mechanization of farm operations as labour costs increase, together with the shortage of labour for moving portable laterals and sprinklers, has resulted in the development of labour saving sprinkler irrigation systems. During the last years an increased use of continuously traveling sprinkler systems can be noticed. The following methods with automatic sprinkler movement are in use: a) drum coiled pipe method; b) automotive sprinkling machine which pulls itself along a cable; c) automotive sprinkling machine which pulls itself along the hose. The modern sprinkling machines permit mechanization of most work components. The large sprinkler machines can save up to 85 % labour time compared with inflexible pipe systems with medium size sprinklers. A relatively high investment for equipment and installation, an optimal field size shape and length, and a water supply which fits the specific needs of an efficient traveling sprinkler system are necessary for an economical use of these systems.

### **Literaturverzeichnis**

1. ANGERER, H. 1968: Praktische Hinweise zur Beregnung. — Arbeiten der DLG, Bd. 55, 2. Auflage, Frankfurt/M.
2. ARTMANN, R.; SÖRGEL, F.-P., 1976: Arbeitszeitbedarf, Flächenleistung und Kosten verschiedener Beregnungsverfahren. — Berichte über Landwirtschaft (im Druck).
3. BAUMANN, H.; SCHENDEL, U.; MANN, G., 1974: Wasserwirtschaft in Stichworten. — Hirt Verlag, Kiel.

4. HERRMANN, E. W.; KIELE, A. C., 1974: Berechnungstechnik im Weinbau. — Der Deutsche Weinbau 29, 357—358.
5. KIELE, A. C., ARTMANN, R., 1974: Die Auswirkung unterschiedlicher Berechnungsverfahren auf den Betriebserfolg und ihre Weiterentwicklung. — Abschlußbericht der Deutschen Forschungsgemeinschaft.
6. ROSEGGER, S.: Systeme und Verfahren der Feldberechnung. — Arbeiten der DLG, Bd. 55, 3. Auflage, Frankfurt/M.