

Technischer Entwicklungsstand der Feldberegnung in der Bundesrepublik Deutschland

Stage of development of sprinkler irrigation in the Federal Republic of
Germany

Von Heinz Sourell*)

1. Einleitung

Die Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen ist eine der effektivsten Maßnahmen zur Sicherung der Welternährung. Weltweit werden etwa 250 Mio. ha vor allem in ariden Gebieten bewässert. Das sind etwa 15% der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche (6). Auf diesem relativ geringen Flächenanteil werden aber etwa 30 . . . 40% aller Nahrungsmittel erzeugt (1). Dagegen ist der Umfang der bewässerten Fläche in der Bundesrepublik Deutschland recht bescheiden. Derzeit werden etwa 260 000 ha beregnet, das sind etwa 2% der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Dies dürfte aber nur ein geringer Teil der tatsächlich beregnungsbedürftigen landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Bundesrepublik Deutschland sein (3).

Ursache für diesen geringen Umfang der beregneten Fläche sind die besonderen Einsatzbedingungen für die Feldberegnung in humiden Klimagebieten. Während in ariden Klimazonen die Beregnung Basis jedes intensiven Pflanzenbaues ist, hat sie unter unseren humiden Bedingungen nur eine *ergänzende Funktion*. Infolge der unterschiedlichen Jahreswitterung, der Bodenverhältnisse und der Anbauintensität ist ihr Einsatz und der Erfolg des Einsatzes von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich.

Dies erschwert eine eindeutige Aussage über die Bedeutung und Zuordnung dieses sehr kostenintensiven Betriebsmittels.

Im Endeffekt muß diese, mit sehr hohen Investitionen verbundene Entscheidung von Betrieb zu Betrieb im einzelnen und nach sehr genauen Kalkulationen getroffen werden.

*) Dipl.-Ing. agr. H. Sourell ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Bundesallee 50, 3300 Braunschweig (Leiter: Prof. Dr. H. Schön)

2. Stand der Beregnungsverfahren

Die Verfahren der Feldberegnung lassen sich in drei Gruppen unterteilen (5), die sich bezüglich der Beregnungsintensität, des erforderlichen Wasserdruckes und hinsichtlich ihres Einsatzes unterscheiden (Abb. 1).

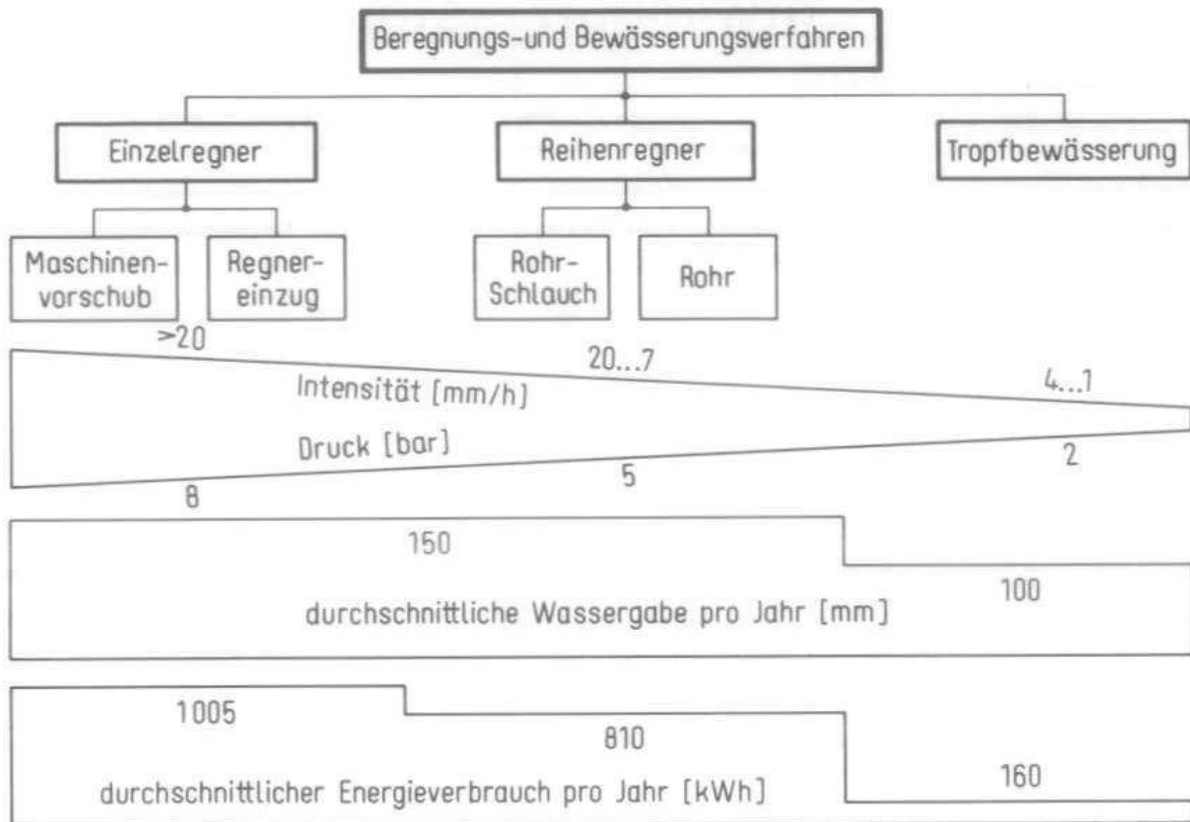


Abbildung 1: Übersicht über die Verfahren der Feldberegnung

Einzelregnerverfahren werden beweglich eingesetzt, wobei zwischen Beregnungsmaschinen mit Regner-einzug oder Maschinenvorschub unterschieden wird. Der Maschinenvorschub war vor allem bei größeren Anlagen üblich, da er größere Rohrdurchmesser und Rohrlängen zuließ. Heute überwiegen für alle Einsatzbereiche Beregnungsmaschinen mit Regner-einzug (Abb. 2). Die meisten der Beregnungsmaschinen sind mit Starkregnern bei einer Beregnungsintensität von 21 . . . 40 mm/h ausgerüstet. Zur vollen Nutzung der möglichen Wurfweite, vor allem aber für eine gute Strahlaufösung, ist ein Wasserdruck am Hydrant ab etwa 8 bar erforderlich. Neben Beregnungsmaschinen mittlerer Bauart für eine Einsatzfläche von 25 . . . 40 ha werden heute große Maschinen für 50 . . . 70 ha und spezielle kleine Aggregate mit 50 mm Rohrdurchmesser für einen Einsatzbereich von 5 . . . 10 ha angeboten.

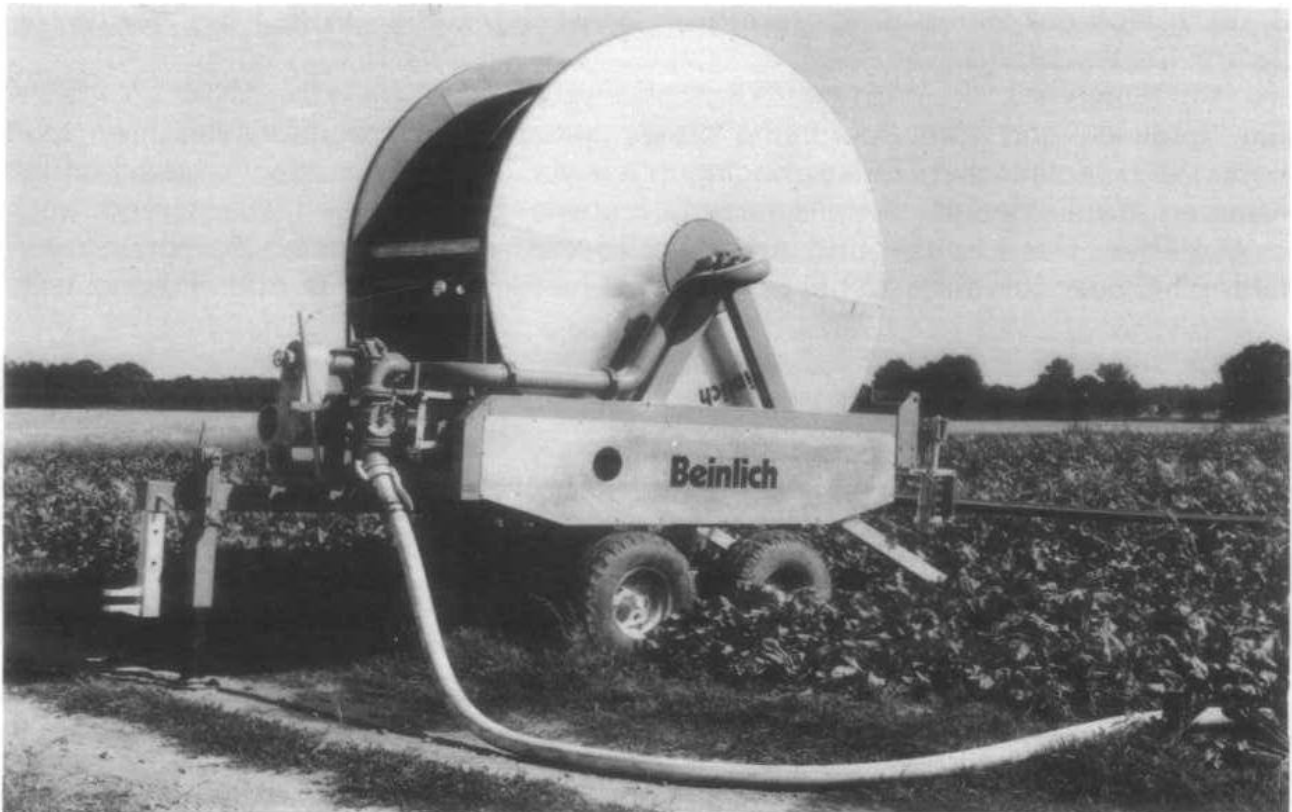


Abbildung 2: Beregnungsmaschine mit Regnereinzug

Beregnungsmaschinen eignen sich besonders für einen arbeitssparenden mobilen Einsatz. Sie sind allerdings nicht geeignet für die Frostschutzberegnung, für den Einsatz in hängigem Gelände (über 5% Steigung) und für die Verabreichung kleinerer und häufigerer Wassergaben.

Reihenregnerverfahren arbeiten mit Mittelstark- oder Schwachregnern und erfordern bei einer Beregnungsintensität von 7 . . . 20 mm/h einen Wasserdruck von etwa 5 bar. In der Praxis überwiegt nach wie vor die Rohrberegnung, die flächendeckend verlegt, insbesondere für die Frostschutzberegnung geeignet ist, andererseits aber einen außerordentlich hohen Arbeitszeitbedarf beim Auf- und Abbau oder Umsetzen erfordert.

Eine gänzlich andere Form der Wasserverteilung wird mit der **Tropfbewässerung** erreicht, wenn sie flächendeckend für Ackerfrüchte eingesetzt wird.

Durch Tropfrohren und Tropfelemente wird mit erheblich niedrigerem Wasserdruck von weniger als 2 bar und mit geringerer Bewässerungsintensität von 1 . . . 4 mm/h das Wasser möglichst direkt der Pflanze zugeteilt, wodurch Wasserverluste weitgehend reduziert (8) und erhebliche Energieeinsparungen möglich werden. Die exakte Wasserzuteilung ermöglicht eine gezielte und häufigere Düngergabe über das Bewässerungswasser. Der Einsatz der Tropfbewässerung ist in flächendeckenden Ackerfrüchten, im Garten-Obstbau und im Gemüse- und Zierpflanzenbau möglich.

3. Vergleich der Beregnungsverfahren unter den Bedingungen der Bundesrepublik Deutschland

Ein Vergleich und eine Zuordnung dieser genannten Beregnungsverfahren muß neben den technischen Einsatzbedingungen vor allem die kostenverursachenden Kriterien Kapitalbedarf, Arbeitszeitbedarf sowie Energie- und Wasserverbrauch einbeziehen. Der **Kapital- und Arbeitszeitbedarf** der wichtigsten Beregnungsverfahren ist, bezogen auf 1 ha bei 5, 10 und 30 ha Einsatzfläche in Abb. 3 dargestellt.

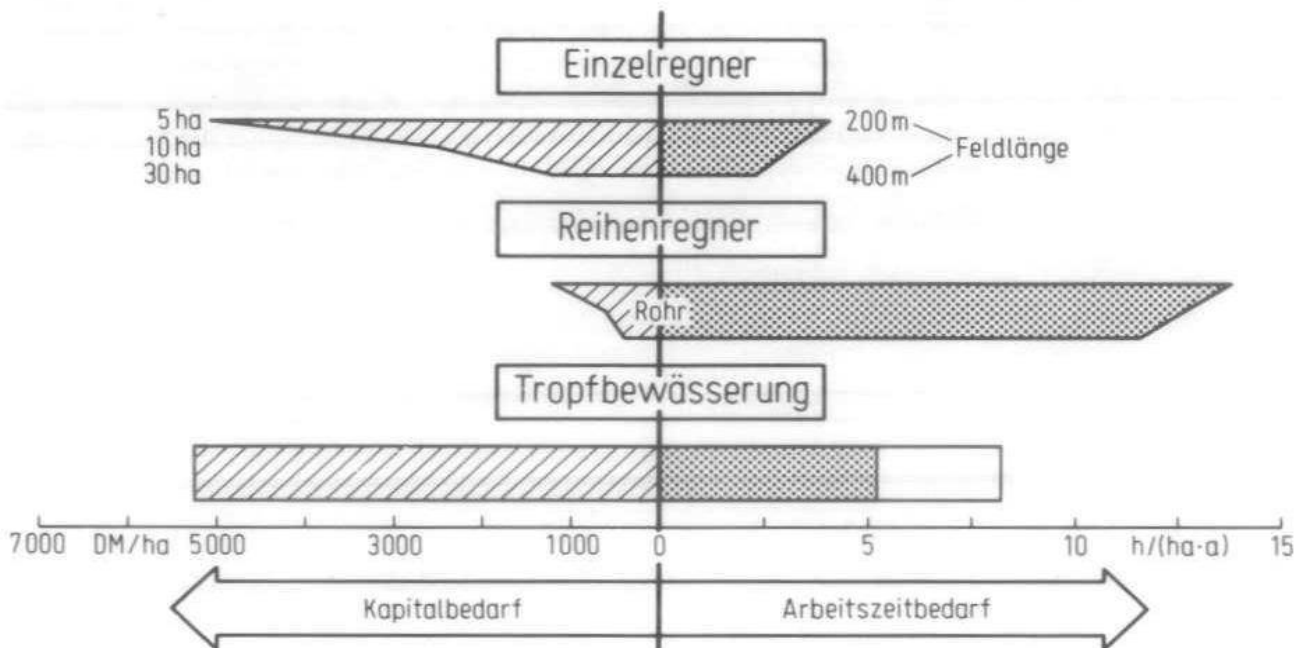


Abbildung 3: Arbeitszeit- und Kapitalbedarf verschiedener Bewässerungsverfahren

Den höchsten Kapitalbedarf erfordert die flächendeckend verlegte Rohrberegnung bzw. Tropfbewässerung. Bei den anderen, nicht ortsfest verlegten Beregnungsverfahren, sind die Investitionen je ha von der Einsatzfläche abhängig. Hier erfordert die teilortsfeste Rohranlage den geringsten Kapitalbedarf je ha. Demgegenüber erfordern Beregnungsmaschinen bei kleinen Einsatzflächen einen relativ hohen Kapitalbedarf, erst bei größeren Einsatzflächen sind die Kapitalaufwendungen denen der Rohrberegnung ähnlich. Eine völlig andere Aussage der einzelnen Verfahren ist beim Arbeitszeitbedarf gegeben, der ebenfalls in Abb. 3 je ha und Jahr für intensive Beregnung aufgetragen ist. Der höchste Arbeitszeitbedarf ist beim beweglichen Einsatz von Rohrberegnungsanlagen mit 12...14 h/(ha-a) erforderlich. Dabei handelt es sich um eine sehr schwere Arbeit, die zwei Arbeitskräfte erfordert. Der niedrigste Arbeitszeitbedarf ist trotz mehrmaligen Umsetzens bei den Beregnungsmaschinen ab etwa 200 m Feldlänge erforderlich. Die Tropfbewässerung liegt im Arbeitszeitbedarf bei flächendeckender Auslegung relativ hoch, allerdings ist diese Arbeit nicht direkt termingebunden und fällt teilweise vor bzw. nach der Bewässerungssaison an (8).

Insgesamt zeigt diese Gegenüberstellung, daß Berechnungsmaschinen bei mittleren und größeren Einsatzflächen den geringsten Arbeitszeitaufwand bei tragbarem Kapitalbedarf erfordern.

Neben dem Arbeits- und Kapitalbedarf muß bei einem Vergleich der Berechnungsverfahren zunehmend auch der **Energie- und Wasserbedarf** beachtet werden. Eine Gegenüberstellung des Energie- und Wasserverbrauches erfolgt am Beispiel der intensiven Zuckerrübenberegnung in Abb. 4.

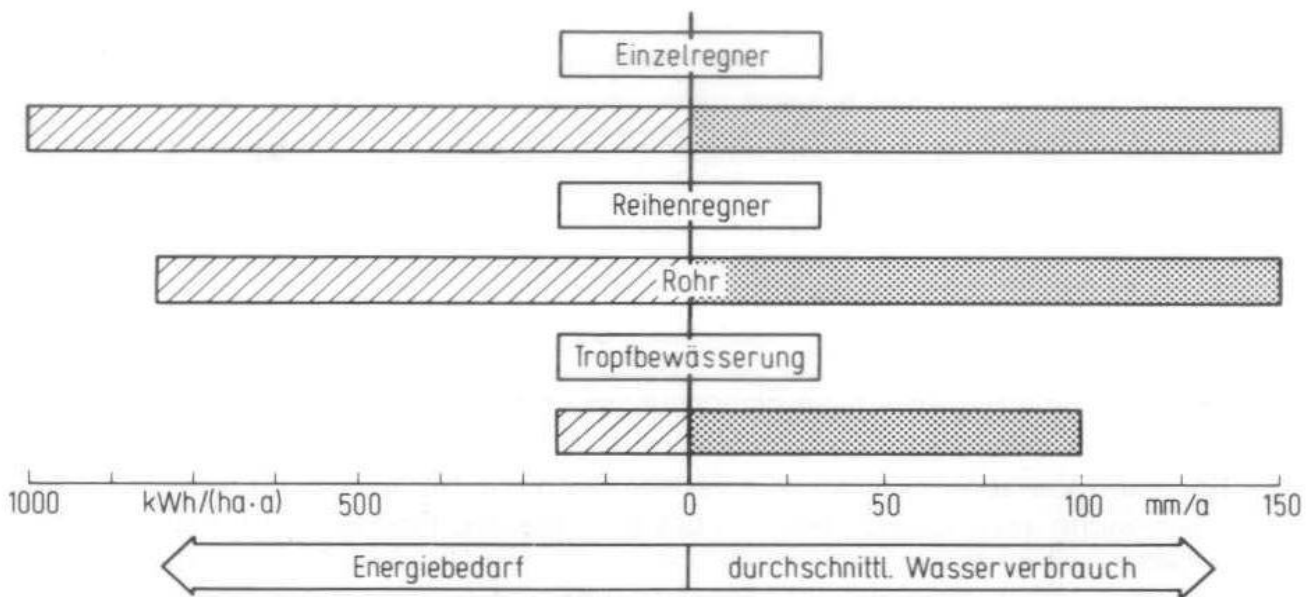


Abbildung 4: Wasserverbrauch und Energiebedarf bei der intensiven Zuckerrübenberegnung mit unterschiedlichen Bewässerungsverfahren

Energie- und Wasserverbrauch sind demnach bei Einzelregnern mit 1.005 kWh/(ha·a) – verursacht durch den erforderlichen Wasserdruck – und einem Wasserverbrauch von 150 mm/a, am höchsten. Bei den Reihenregnern mit Rohren genügt ein niedrigerer Wasserdruck, so daß der Energiebedarf auf etwa 810 kWh/(ha·a) sinkt. Bei der Tropfbewässerung kann wegen des geringeren Wasserverbrauches und des niedrigen Wasserdruckes der Energiebedarf auf etwa 160 kWh/ha(ha · a) reduziert werden.

Vom Energie- und Wasserverbrauch ist die Tropfbewässerung also eindeutig den anderen Beregnungsverfahren, insbesondere dem Einzelregnerverfahren überlegen.

Für den wirtschaftlichen Erfolg der Beregnung sind die Verfahrenskosten von besonderem Gewicht. Sie umfassen die jährlichen Arbeits-, Maschinen-, Wasser- und Energiekosten. In Abb. 5 sind diese Verfahrenskosten am Beispiel der überbetrieblichen Wasserbereitstellung und intensiver Beregnung in Abhängigkeit von der Beregnungsfläche dargestellt.

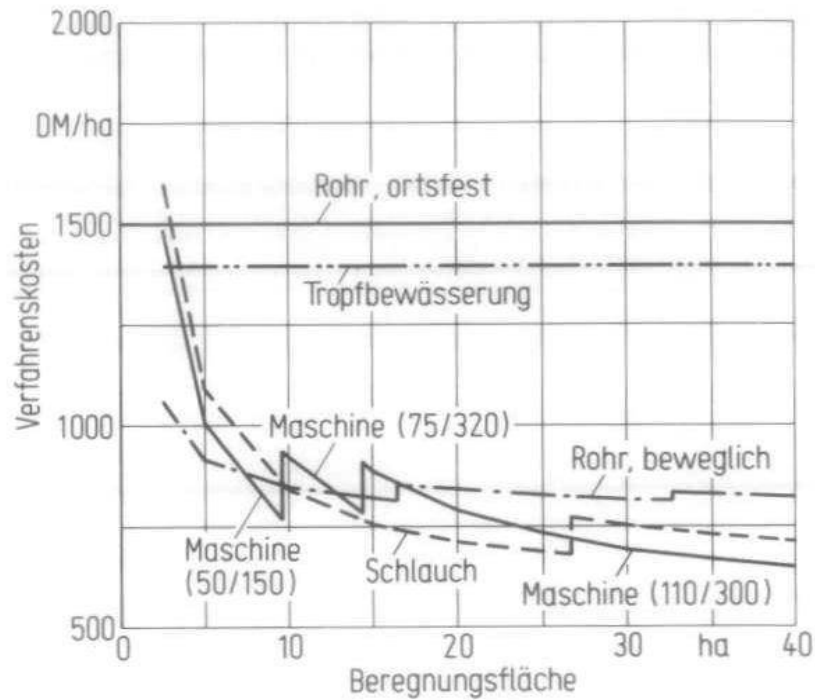


Abbildung 5: Verfahrenskosten der Beregnung bei überbetrieblicher Wasserbereitstellung

Die höchsten Verfahrenskosten werden demnach von der flächendeckend verlegten Rohrberegnung verursacht. Lediglich bei sehr kleinen Flächen liegen sie in einem vertretbaren mit anderen Verfahren konkurrierenden Bereich. Die beweglich eingesetzte Rohrberegnungsanlage ist bis etwa 10 ha in Kostenminimum. Darüber hinaus sind Beregnungsmaschinen allen anderen Verfahren, nicht nur aus arbeitswirtschaftlichen Gründen, sondern auch von den Kosten her überlegen. Beregnungsmaschinen werden deshalb auch in Zukunft zunehmende Bedeutung bei der Beregnung landwirtschaftlicher Kulturen haben. Es verbleibt aber der Nachteil des hohen Wasser- und Energiebedarfes.

4. Möglichkeiten zur Wasser- und Energieeinsparung bei Einzelregnerverfahren

Für die großflächige, landwirtschaftliche Feldberegnung stellt sich deshalb die Aufgabe, die arbeitssparenden Einzelregnerverfahren im Hinblick auf eine effizientere Wassernutzung bei geringem Energieaufwand zu entwickeln. Ansatzpunkte dafür können aus einer Analyse der Wassernutzung bei Beregnungsmaschinen abgeleitet werden (Abb. 6). Bei allen Beregnungsverfahren treten Wasserverluste durch Verdunstung und Abwehung auf, die nach verschiedenen Autoren (4, 7, 10) selbst bei extremen Wetterlagen selten über 10% steigen. Sie werden in ihrer Bedeutung meist überschätzt. Weitere Verluste in Höhe von 7% entstehen durch Interzeption (7), von etwa 1% durch die Bodenverdunstung (9) und sonstiger Ursachen, wie z. B. durch Abfluß oder Versickerung, mit etwa 1%. Die bisher beschriebenen direkten Wasserverluste betragen ca. 20% und lassen sich nur im beschränkten Umfang vermindern.

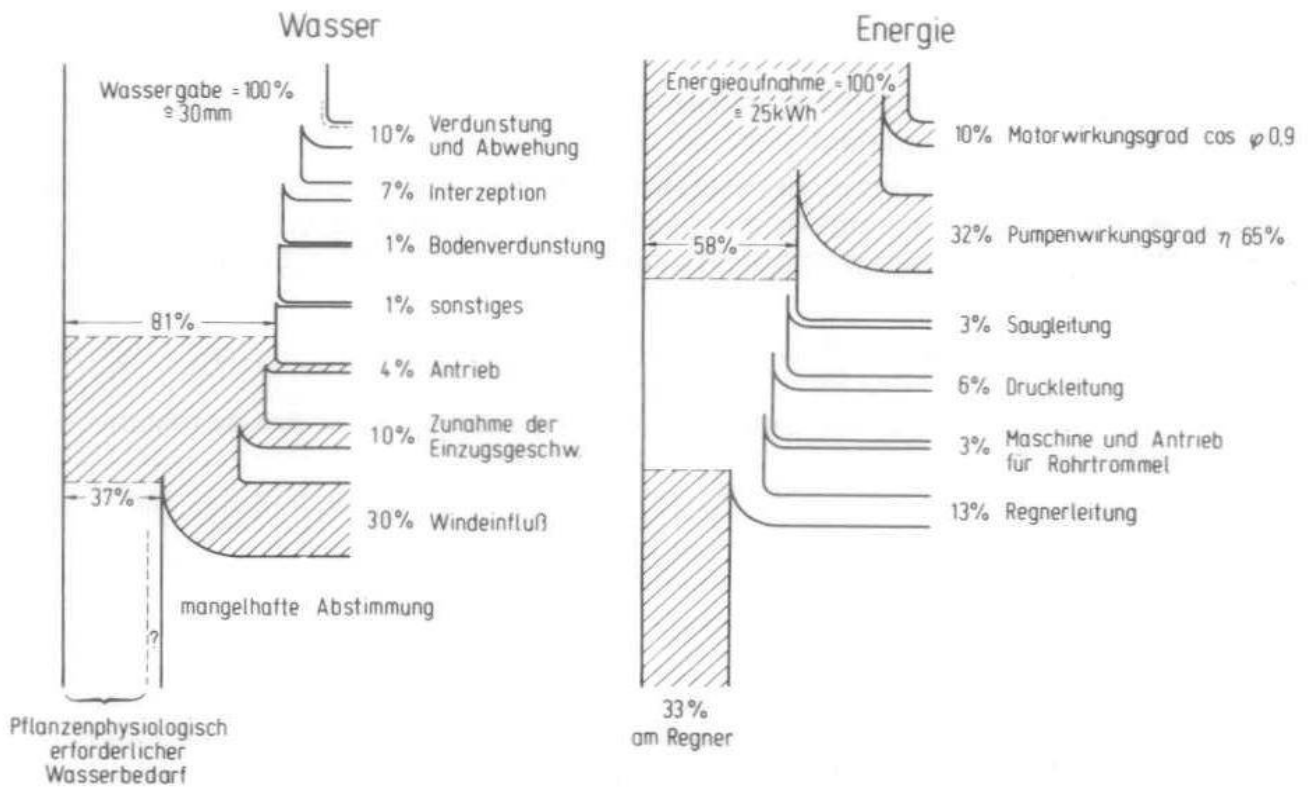


Abbildung 6: Wasser- und Energiebilanz beim Einsatz von Beregnungsmaschinen

Ansatzpunkte zu Verbesserungen sind bei den indirekten Verlusten gegeben. Diese werden bei Beregnungsmaschinen verursacht durch einige Rohrtrommelantriebe, (etwa 4%) durch inkonstanten Regnereinzug (etwa 10%) und durch unregelmäßige Wasserverteilung quer zur Regnerleitung, die mit etwa 30% Verlust zu veranschlagen ist. Weitere Verluste in noch nicht bekannter Höhe werden durch die ungenügende Abstimmung des pflanzenphysiologisch erforderlichen Wasserbedarfs und der verabreichten Wassergabe verursacht.

Verbesserungen der Einzelregnerverfahren sind auch beim Energieverbrauch möglich und notwendig. Etwa 40% des gesamten Energieeinsatzes sind für die Förderung und Druckerhöhung des Beregnungswassers notwendig, ca. 25% sind Reibungsverluste in den Leitungen und ein weiteres Drittel der eingesetzten Energie ist beim Starkregner für die Wasserverteilung notwendig. Aus dieser Analyse lassen sich bei Beregnungsmaschinen folgende Ansätze zur Wasser- und Energieeinsparung ableiten:

1. Verbesserung der Wasserverteilung **längs** der Regnerleitung durch gleichmäßigen Regnereinzug bzw. Maschinenvorschub.
2. Verbesserung der Wasserverteilung **quer** zur Regnerleitung durch verbesserte, mit niedrigem Wasserdruck arbeitenden und damit auch energiesparenden Verteilsysteme.
3. Verbesserung des energetischen Wirkungsgrades bei der Wasserbereitstellung.

4.1. Verbesserung der Wasserverteilung längs der Regnerleitung

Beregnungsmaschinen verursachen Wasserverluste durch einen ungleichmäßigen Regnerinzug bzw. Maschinenvorschub. Dafür sind zwei Gründe maßgebend:

- Zum einen ist für den Einzug der Regnerleitung je nach Regnerleitungslänge und Bodenbeschaffenheit ein unterschiedlicher Gleit- und Haftwiderstand zu überwinden. Dies führt beim hydraulischen Antrieb zu unterschiedlichen Drehzahlen der Rohrtrommel.
- Zum anderen verändert sich beim Aufwickeln der Regnerleitung die Lagenzahl und damit der Radius des Rohrbundes auf der Rohrtrommel. Dies führt zu einer schnelleren Einzugsgeschwindigkeit des Regnerwagens bzw. des Maschinenvorschubes.

Die Landmaschinenindustrie bemüht sich deshalb bereits seit längerem, die Beregnungsmaschinen mit einem entsprechenden Ausgleichsmechanismus auszurüsten, wobei die Steuerung nach der *Lagenzahl* üblich ist (Abb. 7). Durch eine Tastwelle wird die Veränderung des Durchmessers beim Aufwickeln erfaßt und danach der Antrieb der Rohrtrommel gesteuert. Diese Steuerung gleicht nur Veränderungen der Einzugsgeschwindigkeiten aus, die durch die unterschiedliche Lagenzahl beim Aufwickeln der Regnerleitung verursacht werden, nicht aber Veränderungen der Einzugsgeschwindigkeit infolge unterschiedlicher Einzugskräfte. Bei höheren Einzugsgeschwindigkeiten wurden trotz dieser Einrichtungen Abweichungen in der Einzugsgeschwindigkeit zwischen Feldanfang und Ende von mehr als 50% gemessen.

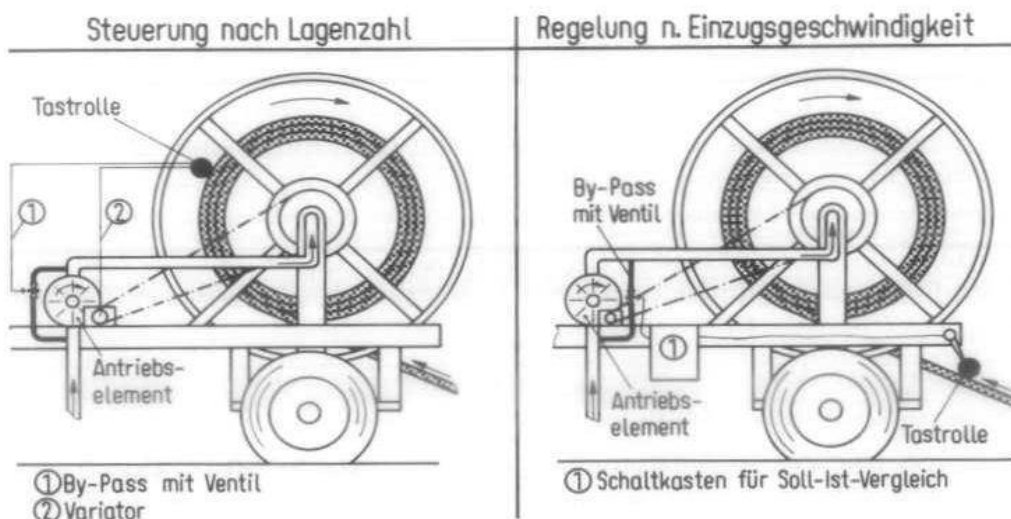


Abbildung 7: Steuerung oder Regelung der Einzugsgeschwindigkeit

Neu ist die Regelung der *Regnereinzugsgeschwindigkeit*, die beide Faktoren berücksichtigt. Mit einer Tastrolle wird die Einzugs- bzw. Vorschubgeschwindigkeit ermittelt. Dieser gemessene Istwert wird mittels eines Mikrocomputers mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen. Abweichungen des Istwertes werden durch Drehzahländerungen der Rohrtrommel ausgeglichen, so daß unter allen Bedingungen ein gleichmäßiger Regnereinzug und damit eine gleichmäßige Wasserverteilung längs der Regnerleitung möglich wird.

4.2. Verbesserung der Wasserverteilung quer zur Regnerleitung

Die Wasserverteilung quer zur Regnerleitung erfolgt bei Beregnungsmaschinen ausschließlich durch Drehstrahlregner. Deren Wasserverteilung wird neben den Faktoren Wasserdruck, Volumendurchfluß, Düsenweite und Regnerbauart vor allem durch die Windgeschwindigkeit beeinflusst (2), wie dies aus den Wasserverteilkurven (Abb. 8) hervorgeht. Durch Windgeschwindigkeiten ab etwa 3 m/s wird die verregnete Wassermenge einseitig ausgebracht, ohne daß ein Ausgleich durch Überlappung erfolgen kann. Dies gilt sowohl bei Schwachregnern. Zur ausreichenden Wasserversorgung aller Pflanzen muß auch in diesem Fall eine höhere Wassergabe verabreicht werden. Die dadurch entstehenden Wasserverluste betragen etwa 30%. Die Entwicklung windunabhängiger Wasserverteilungssysteme ist deshalb vorrangig. Als Lösung bietet sich beispielsweise ein Regnerwagen mit Ausleger an, welche durch Düsen das Wasser erdnah den Pflanzen zuteilt. Als besonders geeignet erwiesen sich dafür Pralldüsen mit großer Düsenöffnung (8 . . . 10 mm Düsenweite), welche lediglich einen Wasserdruck von 1 bar benötigen. Abb. 9 zeigt ein Funktionsmodell eines Düsenwagens („System Völkerode“) mit einklappbaren

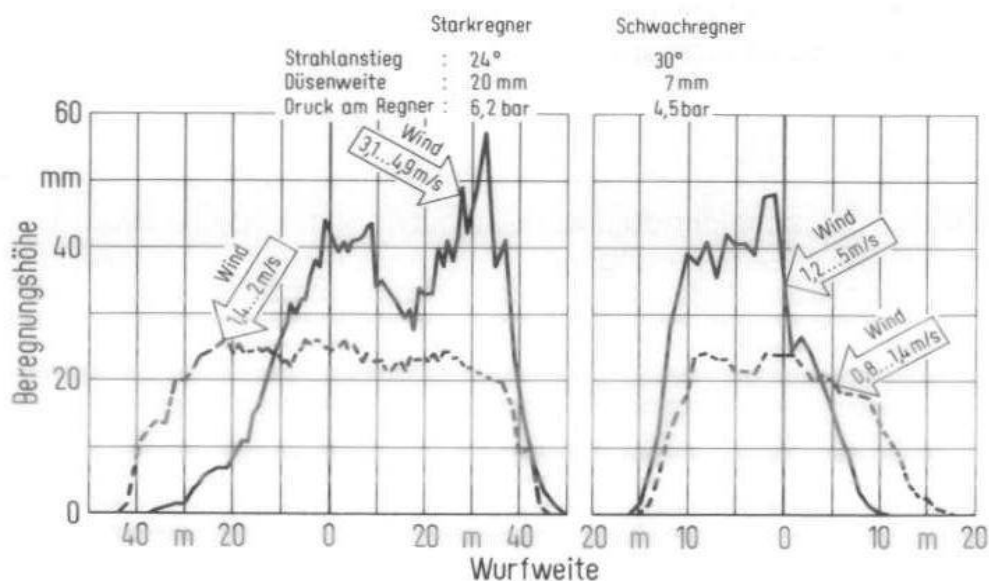


Abbildung 8: Wasserverteilung eines Stark- und Schwachregners bei unterschiedlichen Windverhältnissen

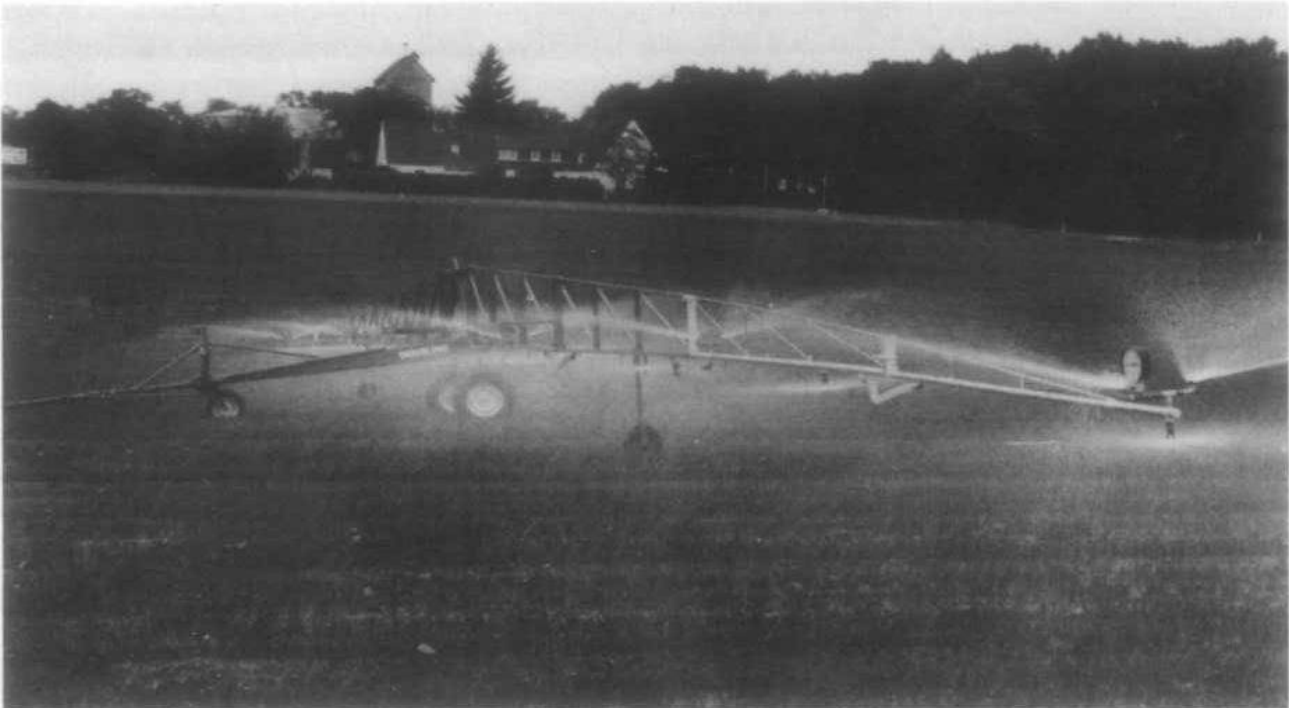


Abbildung 9: Düsenwagen mit 50 m Arbeitsbreite, „System Völkenrode“

Auslegern für eine Arbeitsbreite von 50 m und einer Pendelaufhängung, um auch bei unebener Feldoberfläche die Ausleger im vorgegebenen Bodenabstand zu halten.

Dieses Verteilsystem hat ferner den Vorteil einer guten Wasserstrahlauflösung in Form kleinerer Tropfen, um damit die Verschlammung der Bodenoberfläche zu mindern. Ferner kann infolge der exakten Verteilung eine Einspeisung von Düngerlösungen in das Beregnungssystem erfolgen und damit eine effektive Düngung in mehreren kleinen, dem Pflanzenwachstum angepaßten Gaben erreicht werden. Für den Transport und für das Umsetzen der Beregnungsanlage läßt sich der Düsenwagen von einer Arbeitskraft einklappen.

4.3. Wirkungsgradverbesserung

Bevor der Landwirt entscheidende und meist mit hohem Kapitalaufwand verbundene Maßnahmen zur Energieeinsparung trifft, sollte er sich zuerst selbst ein Bild über den energetischen Wirkungsgrad seiner Anlage verschaffen. Dieser wird bestimmt durch:

- das Verhältnis der nutzbaren Energie (Produkt aus Wasserdruck \times Wasserdurchfluß) am Regner.
- zur zugeführten Energie in Form von Strom oder Diesel.

Diese Berechnung des Wirkungsgrades kann für die Pumpstation, die Zuleitung, das Beregnungsgerät und für das Gesamtsystem erfolgen (Abb. 10). Anzustreben ist für das Gesamtsystem ein Wirkungsgrad von über 30%.

Ein Beispiel einer solchen Analyse des energetischen Wirkungsgrades ist für drei existente Betriebe in Tabelle 1 wiedergegeben.

$$\text{energetischer Wirkungsgrad} = \frac{\text{nutzbare Energie am Regner}}{\text{zugeführte Energie}}$$

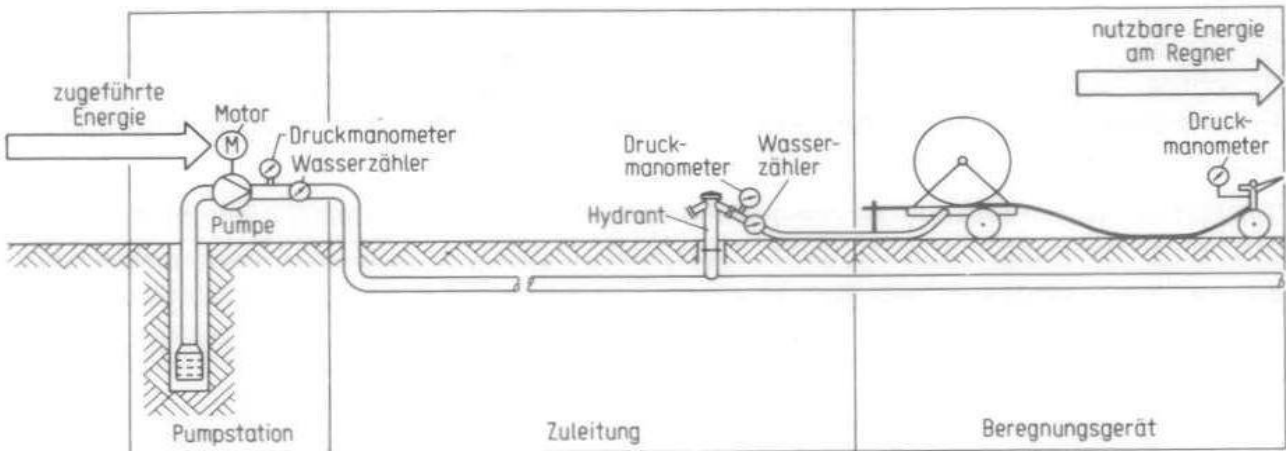


Abbildung 10: Zusammensetzung des Gesamtwirkungsgrades einer Beregnungsanlage

Tabelle 1: Beispiele der Zusammensetzung des energetischen Wirkungsgrades bei verschiedenen Einsatzbedingungen

	Betrieb		
	I	II	III
Beregnungsmaschine	1	1	2
Energie	Diesel	Elektr.	Elektr.
Verbrauch	8,1 l/h	34 kWh	34 kWh
Pumpe	Druck bar	8,5	9,5
	Volumendurchfluß m³/h	45,0	50,0
	Wirkungsgrad	41 %	39 %
Leitung	Druck bar	8,0	8,0
	Volumendurchfluß m³/h	45,0	49,0
	Wirkungsgrad	94 %	83 %
Maschine	Druck bar	5,5	5,1
	Volumendurchfluß m³/h	45,0	49,0
	Wirkungsgrad	69 %	64 %
Ges. Wirkungsgrad	26,6 %	20,7 %	34,8 %

In Betrieb I betreibt ein 33-kW-Dieselmotor mit 8,1 l/h Treibstoffverbrauch eine Beregnungsmaschine. Der relativ hohe Treibstoffbedarf bewirkt hier einen schlechten Wirkungsgrad der Pumpe und damit auch der Gesamtanlage.

Im Betrieb II ist ein 34-kW-Elektromotor einer leistungsstarken Pumpe zugeordnet, die vorsorglich für zwei Beregnungsmaschinen ausgelegt ist, derzeit ist aber nur eine Maschine angeschlossen. Diese schlechte Anpassung von Pumpe an Maschine bewirkt einen schlechten Energiewirkungsgrad bei der Pumpe, dem Zuleitungsnetz und der Gesamtanlage mit lediglich 20,7%.

Der Betrieb III verwendet die gleiche Pumpstation, schließt aber 2 Maschinen an, so daß eine optimale Abstimmung zwischen Maschine und Pumpe erfolgt. Der Gesamtwirkungsgrad steigt auf 34,8%.

Die Beratung kann hier dem einzelnen Landwirt Hilfestellung bei der Ermittlung und Interpretation der Ergebnisse geben.

5. Zusammenfassung

Die Feldberegnung hat unter unseren humiden Klimabedingungen für eine ergänzende Funktion, welche bei zunehmender Intensivierung der Landwirtschaft aber an Bedeutung gewinnt.

Den Vorteilen der Beregnung stehen erhebliche Arbeits-, Maschinen-, Energie- und Wasserkosten gegenüber. Aus Gründen der Arbeitszeiteinsparung stehen heute in der Bundesrepublik Deutschland Beregnungsmaschinen beim großflächigen landwirtschaftlichen Einsatz im Vordergrund, die allerdings einen hohen Energiebedarf erfordern und deren Wassernutzung nicht voll befriedigt. Letzterer Gesichtspunkt gewinnt zunehmend an Bedeutung, da in intensiven Beregnungsgebieten Beschränkungen bei der Nutzung des Wassers für Beregnungszwecke zu befürchten sind.

Die Weiterentwicklung der Einzelregnerverfahren konzentriert sich deshalb auf die Reduzierung des Wasser- und Energiebedarfes. Durch eine gleichmäßige Regelung der Einzugsgeschwindigkeit können bereits merkliche Verbesserungen in der Effizienz der Wassernutzung erzielt werden. Erheblich größere Einsparungen an Wasser und Energie sind durch einen neu entwickelten Düsenwagen anstelle der Starkregner zu erwarten.

Summary

The change from surface to pipe irrigation substantially improved water efficiency in humid climates. However, the new methods involved a lot more labour so they were mainly used for frost protection in small areas. At present, an increasing number of irrigation machines with single sprinklers is in use. These have high energy demands and their water efficiency is not completely satisfactory. Development is now concentrating on the reduction energy and water requirements. Two tendencies are apparent here:

1. Drip irrigation provides high water efficiency with low energy demand. Opposed to wider use of the drip method is its need for high capital and labour investments. Developments of simpler and more economical drip methods are indicated.
2. Irrigation machines will be used more in the future. Already water efficiency has improved due to better drives and reel-in speed regulation. Substantial savings are expected in experiments with the new nozzle carrier.

Literatur

1. Booher, L. J., 1974: Surface irrigation. – FAO Agricultural Development Paper Nr. 95. Selbstverlag FAO, Rom.
2. Branscheid, V., 1970: Witterungseinflüsse auf die Wasserverteilung bei Drehstrahlreglern. – Dissertation, Kiel.
3. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1979: Wasserverbrauch für Bewässerung. – BML Daten-Analysen.
4. Christiansen, E. E., 1942: Irrigation by sprinkling. – Bulletin 670, University of California, Agricultural Experiment Station Berkeley, California.
5. Dambroth, M.; Meinhold, K.; Rosegger, S.; Schmidt, B.; Sörgel, F.-P. 1977: Feldberegnung. – Kartei für Rationalisierung (RKL), Kiel.
6. FAO, 1976: The state of food and agriculture. – Agriculture Series No. 4. Selbstverlag FAO, Rom.
7. Nasdalack, S.; von Hoyningen-Huene, I., 1978: Interzeption in landwirtschaftlichen Beständen. – Arbeitsbericht KWK. – Deutscher Wetterdienst AMF Braunschweig.
8. Rosegger, S.; Schön, H.; Dambroth, M.; Sourell, H.; Bramm, A.; Siegert: Weiterentwicklung und Bewertung wasser- und energiesparender Bewässerungsverfahren, insbesondere durch den Einsatz der Tropfbewässerung. – Abschlußbericht des Forschungsauftrages der DFG (1981) 167 S.
9. Seginer, I., 1970: A resistance model of evaporation during sprinkling. – Agr. Meteorol. 7, 487–497.
10. Shtangel, A. J.; Shpak, J. S., 1975: Verdunstung von Wasser während eines Tropfenfalles bei der Beregnung mit einem DDA-100 M Regner. – Meteorologija i Gedrologija 11, 100–104.

Beihefte zu DER TROPENLANDWIRT

- Nr. 1 Wolff, P. (Zusammenstellung), 1971:
Möglichkeiten der Produktions- und Einkommensteigerung in der Landwirtschaft der Entwicklungsländer, Vorträge der Witzenhäuser Woche 1971
- Nr. 2 Dräbing, K., 1972: Elektrotechnik. Arbeitsblätter für den Tropenlandwirt
- Nr. 3 Hoeppe, C. (Zusammenstellung), 1973: Die zweite Dekade der Entwicklungspolitik, Vorträge der Witzenhäuser Woche 1972
- Nr. 4 Rommel, M. (Zusammenstellung), 1974: Beiträge der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft zur Entwicklung der Dritten Welt, Vorträge der Witzenhäuser Woche 1973
- Nr. 5 Rommel, M. (Zusammenstellung), 1974: Bewässerungslose Landwirtschaft in ariden und semiariden Klimazonen, Vorträge der Witzenhäuser Woche 1974
- Nr. 6 Matzat, H. (Zusammenstellung), 1975: Sachverhalte und Probleme mit Partnern in der Dritten Welt. Vorträge der Witzenhäuser Hochschulwoche 1975
- Nr. 7 Türke, U., 1976: Das Mulchen und sein Einfluß auf Bodentemperaturen und -feuchte
- Nr. 8 Bliss, H. (Zusammenstellung), 1976: Erwachsenenbildung in der Dritten Welt – unter besonderer Berücksichtigung des ländlichen Raumes, Vorträge der Witzenhäuser Hochschulwoche 1976
- Nr. 9 Bliss, H., 1976: Über den Wirtschaftswandel bei den Eingeborenenvölkern Kamtschatkas
- Nr. 10 Hoeppe, C., Rommel, M. (Zusammenstellung), 1977: Gewächshäuser als Hilfsmittel für die pflanzenbauliche Praxis, Lehre und Forschung. Vorträge der Witzenhäuser Hochschulwoche 1977

Fortsetzung Seite 66