

### 3. Realisierung des Versuchsstandes

#### „Kartoffel-Steintrennanlage“

Bei der Trennanlage E 691 wird das Rodegemisch von einem aus einzelnen Kanälen bestehenden Zuführband im freien Fall den gerichteten Röntgenstrahlen zugeführt. Die unterschiedliche Absorption der Strahlen durch Kartoffeln und Beimengungen wird nach der Durchlaßstrahlung des Rodegemisches meßtechnisch erfaßt. Die Beimengungen lösen beim Passieren der Strahlungszone Schaltimpulse am elektro-pneumatischen Wandler des Plattenstößelauswerfers aus, der die Beimengungen aus ihrer Flugbahn wirft (Bild 1a).

Bei der Labor-Trenneinrichtung wurde auf ein anderes Erkennungsprinzip von Beimengungen zurückgegriffen, das keine Röntgenquelle und damit verbundene strahlenschutztechnische Maßnahmen erfordert. Im Labormodell wurde ein Näherungsinitiator als Meßgeber eingesetzt, der jedoch Modellkörper als Beimengungen erforderte, die entweder Metalloberflächen oder mit Metallstücken versehene Oberflächen haben (Bild 1b). Weiterhin war eine elektronische Schaltung erforderlich, die das Signal, das beim Passieren einer Beimengung am Näherungsinitiator gewonnen wird, entsprechend den Anforderungen des pneumatischen Plattenstößelauswerfers in einen Schaltimpuls umwandelt und entsprechend der geometrischen Anordnung von Meßgeber und Plattenstößelauswerfer das Weiterleiten des Schaltimpulses zur elektro-pneumatischen

Ansteuerung des Plattenstößelauswerfers verzögert (Bild 2).

Der Impuls, der durch eine präparierte Beimengung ausgelöst wird, gelangt vom Näherungsinitiator über den Schaltverstärker zum monostabilen Multivibrator MMV 1, der dann umschaltet. Nach Ablauf der eingestellten Zeitkonstante geht der monostabile Multivibrator in seine Ausgangslage zurück. Die dabei entstehende negative Flanke schaltet den nachfolgenden Monoflop MMV 2 um, und über die Schaltstufe wird das Relais V 2 zum Anzug gebracht. Durch den Kontakt V 2 wird der Stromkreis für das Magnetventil des Auswerfers geschlossen. Die Verzögerungszeit vom Zeitpunkt der Impulsauslösung durch die Beimengung bis zum Betätigen der Schaltstufe kann durch den Kurzzeitmesser gemessen und am MMV 1 stufenlos im Bereich von 6 bis 36 ms eingestellt werden.

Aus den technischen Daten des Plattenstößelauswerfers und den Konstruktionsparametern des Versuchsstandes „Kartoffel-Steintrennanlage“ ergeben sich folgende Übungsschwerpunkte:

#### Theoretische Untersuchungen:

- Berechnungen zur geometrischen Zuordnung von Meßgeber, Plattenstößelauswerfer und Trennkante des Auffangbehälters
- Berechnungen zur Verzögerungszeit der Weiterleitung des Schaltimpulses zum Plattenstößelauswerfer
- Ermitteln von Grenzparametern der Zuführung von Kartoffeln und Beimengungen

in Abhängigkeit von der Größe der Beimengungen und den technischen Grenzparametern des Plattenstößelauswerfers.

#### Experimentelle Untersuchungen:

- Anpassen, Einrichten und Überprüfen der Anordnung des Meßgebers, des Plattenstößelauswerfers und der Trennkante des Auffangbehälters nach den theoretisch gewonnenen Ergebnissen
  - Untersuchungen zur Ermittlung von Kartoffeltrennfehlern und Beimengungstrennfehlern
  - Untersuchungen des Einflusses von Betriebsparametern auf das dynamische Verhalten des Plattenstößelauswerfers und damit verbundener Trennungsgenauigkeiten
  - zielgerichtete Fehlersuche bei Störungen.
- Bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Untersuchungen ist eine weitgehend selbständige Arbeit der Studenten möglich.

#### Literatur

- [1] Plötner, K.: Experimentelle Übungen in der landtechnischen Ausbildung. Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock, Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe 23 (1974) H.6/7, S. 425—435.
- [2] Jakob, P.; Spaethe, G.: Konstruktion und Einsatz der automatischen Trennanlage E 691. agrartechnik 25 (1975) H. 7, S. 322—326.

A 2911

## Lokalisierung und Quantifizierung der Energieverluste in Beregnungsanlagen

Dr.-Ing. K. Höhn, KDT/Dipl.-Ing. J. Schrubbe, KDT

#### Verwendete Formelzeichen

$\bar{A}$	m <sup>2</sup>	mittlerer Rohrquerschnitt
$H_s$	m	Saughöhe
$l_D$	m	Länge des Druckrohrsystems
$L_s$	m	Länge der Saugleitung
$n$	U/min	Drehzahl der Pumpen
$p_B$	MPa	Betriebsdruck der Beregnungseinrichtung
$p_n$	MPa	Druck am n-ten Regner
$p_P$	MPa	Pumpendruck
$P_a$	kW	Verlustleistung infolge der Anpassung des Druckrohrsystems an die Beregnungseinrichtung
$P_A$	kW	Verlustleistung infolge der Anpassung der Pumpstation an das Druckrohrsystem
$P_{el}$	kW	elektrische Leistung
$P_{Dhydr.}$	kW	an das Druckrohrsystem abgegebene Leistung
$P_{Hydr.}$	kW	Leistung am Hydranten
$P_{wei}$	kW	aufgenommene elektrische Wirkleistung
$\dot{V}$	m <sup>3</sup> /h	Volumenstrom
$W_{kin}$	Nm	kinetische Energie an den Regnern
$W_{el}$	Nm	aufgenommene elektrische Energie
$W_D$	Nm	in das Druckrohrsystem eingespeiste Energie
$y$	m	mittlere Arbeitsbreite der Beregnungseinrichtung
$\lambda$	—	Rohrreibungsbeiwert
$\eta_{BE}$	—	Wirkungsgrad der Beregnungseinrichtung
$\eta_D$	—	Wirkungsgrad des Druckrohrsystems

$\eta_{ges.}$	—	Gesamtwirkungsgrad
$\eta_P$	—	Wirkungsgrad der Pumpstation
$\eta_{PA}$	—	Wirkungsgrad der Pumpstation bei Berücksichtigung der Anpassungsverluste

### 1. Volkswirtschaftliche Bedeutung

Neben den Fragen der Arbeitsproduktivität, des Arbeitskräfteeinsatzes und des Materialaufwands gewinnt die Frage des Energieaufwands zum Ausbringen der Beregnungsflüssigkeit immer mehr an Bedeutung. Gegenwärtig verfügt die Landwirtschaft der DDR nur unzureichend über Angaben zum notwendigen Energieeinsatz für die Beregnung. Allein die Tatsache, daß gegenwärtig in der DDR etwa 300 Beregnungsstationen mit einer durchschnittlich installierten Leistung von 250 kW betrieben werden, weist hinsichtlich des Energieaufwands auf volkswirtschaftlich interessante Größenordnungen hin. Für die sozialistische Landwirtschaft, in der die Energiesteigerungsrate etwa das Dreifache gegenüber den Steigerungsraten in anderen Bereichen der Volkswirtschaft erreicht [1], ist es von besonders aktueller Bedeutung, konkrete Angaben zum Energieeinsatz für die Beregnung zur Verfügung zu haben. Theoretisch und experimentell fundierte Kennzahlen sind dabei erste Voraussetzung für die Schaf-



fung von Energieverbrauchsnormativen, das Aufstellen von Energiebilanzen und energetischen Prognosen im volkswirtschaftlichen Sinn [2].

### 2. Zielstellung der Untersuchungen

Bei der Beregnung geht es um die technische Realisierung einer nach Umfang und Zeitpunkt pflanzenphysiologisch determinierten Gabe von Beregnungsflüssigkeit, die mit einem Minimum an energetischen Aufwendungen verfügbar gemacht werden muß. Gegenstand der Untersuchungen in diesem Beitrag ist die eingesetzte technische Lösung, die auf die notwendigen energetischen Aufwendungen zur Beregnung einen entscheidenden Einfluß ausübt. Am Beispiel zweier unterschiedlicher Beregnungsanlagen — Klarwasserberegnungsanlage Elmenhorst, Bezirk Rostock, und Klarwasserberegnungsanlage Hohen Wangelin, Bezirk Neubrandenburg, — wurden theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Lokalisierung und Quantifizierung der Energieverluste beim Betrieb dieser Anlagen durchgeführt.

Damit wurde das Ziel verfolgt, Grundlagen für das Erfassen und die Kontrolle des Energieverbrauchs zu schaffen. Erst wenn der Energieverbrauch kontrollfähig und abrechenbar gestaltet wird, sind die Voraussetzungen zu

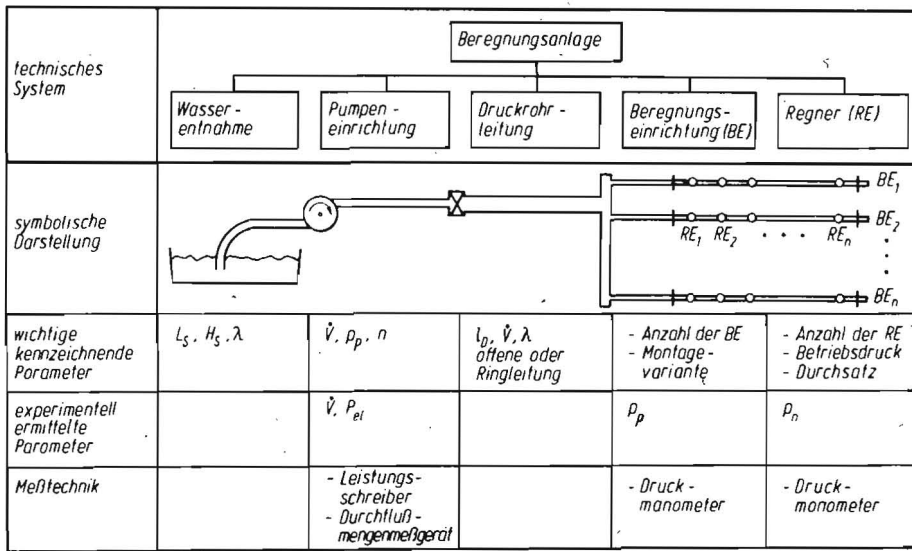


Bild 1. Schematische Darstellung der untersuchten Berechnungsanlagen und Angabe der experimentell ermittelten Parameter

einem effektiven Energieeinsatz aus technischer Sicht gegeben.

### 3. Versuchsbedingungen und Methodik

In der Literatur [3, 4] u. a. werden verschiedene Berechnungsverfahren auf der Grundlage allgemeingültiger hydraulischer Gesetzmäßigkeiten vor allem zur Bestimmung des Arbeitspunktes von Berechnungsanlagen angewendet. Dabei werden mit Hilfe von grafischen und analytischen Methoden Druckverluste, hervorgerufen durch

- Rohrleitungen
- geodätische Höhenunterschiede
- Anpassungsverluste der Pumpstationen
- Wirkungsgrade der Pumpen und Motoren, ermittelt und somit über Druckrohrnetzcharakteristik und Pumpencharakteristik der Arbeitspunkt der Berechnungsanlage bestimmt. Nachteil dieser Vorgehensweise ist, daß die im Praxisbetrieb durch das Bedienungspersonal vorgenommene Druckreduzierung am Hydrantenschieber nicht berücksichtigt wird. Die Streubreite der möglichen Hydrantenschiebereinstellungen hat aber Konsequenzen in der Anpassung der Berechnungseinrichtung an das Druckrohrnetz. Unter

Beachtung dieses Aspekts wurden in den vorgenommenen Untersuchungen neben den hydraulischen Berechnungen solche Parameter, wie

- elektrische Leistungsaufnahme der Pumpen  $P_{el}$
- Volumenstrom  $\dot{V}$
- Betriebsdruck der Berechnungsanlage  $p_B$
- Druck am n-ten Regner  $p_n$ , experimentell ermittelt und bei der energetischen Analyse berücksichtigt.

Im Bild 1 sind die untersuchten Berechnungsanlagen in ihrem prinzipiellen Aufbau dargestellt. Wichtige kennzeichnende Parameter der Anlagen sind in Tafel 1 zusammengefaßt. Methodischer Ausgangspunkt der Untersuchungen ist die Definition eines energetischen Wirkungsgrades  $\eta_{Wges}$  für die gesamte Berechnungsanlage:

$$\eta_{Wges} = \frac{W_{kin}}{W_{el}} \quad (1)$$

Dabei stellt die kinetische Energie an den Regnern  $W_{kin}$  die aus dem technischen System „Berechnungsanlage“ abgegebene und die durch die Elektromotoren der Pumpstation aufgenommene Energie  $W_{el}$  die in das technische System eingegebene Energie dar.

Bei der Untersuchung von Berechnungsanlagen im Praxisbetrieb erweist es sich als notwendig, den Gesamtwirkungsgrad hinsichtlich seiner Entstehung und Zusammensetzung aufzuschlüsseln. Von besonderem Interesse ist dabei die Berechnungspumpstation. Der Gesamtwirkungsgrad der Berechnungsanlage wird wesentlich vom Wirkungsgrad  $\eta_p$  der Pumpstation bestimmt:

$$\eta_p = \frac{W_D}{W_{el}} \quad (2)$$

Im Sinne einer einheitlichen Betrachtung der in den Pumpstationen experimentell gewonnenen Ergebnisse ist es jedoch von praktischem Vorteil, über den Zusammenhang

$$W = P \cdot t; \quad (3)$$

W Energie  
P Leistung  
t Zeit

die Leistung als Basis für die Auswertung zu betrachten, so daß der Wirkungsgrad  $\eta_p$  wie folgt ausgedrückt werden kann:

$$\eta_p = \frac{P_{Dhydr.}}{P_{wel}} \quad (4)$$

Nicht erfaßt werden bei dieser Betrachtungsweise des Wirkungsgrades der Pumpstation die Anpassungsverluste, die zwischen Pumpstation und nachfolgendem Druckrohrnetz entstehen.

Die theoretische Betrachtung der hydraulischen Verhältnisse in Berechnungsanlagen verdeutlicht, daß die Anpassungsverluste zwischen Pumpstation und Druckrohrnetz keine konstante Größe darstellen, sondern von verschiedenen Faktoren quantitativ bestimmt werden, z. B.

- Anzahl der betriebenen bzw. gleichzeitig betriebenen Berechnungseinrichtungen (Regnerflügel)
- technologische Zuordnung der Berechnungseinrichtungen zur Pumpstation
- differenzierter notwendiger Hydrantendruck infolge unterschiedlicher Entfernungen und geodätischer Höhenunterschiede.

Die im Praxisbetrieb in bestimmten Grenzen gegebene Beeinflussbarkeit dieser Faktoren fordert die differenzierte Betrachtung der Anpassungsverluste in der Pumpstation, so daß bei Berücksichtigung der Anpassungsverluste der Wirkungsgrad der Pumpstation wie folgt definiert werden kann:

$$\eta_{PA} = \frac{P_{Dhydr.} - P_A}{P_{el}} \quad (5)$$

Analog zur Gl. (5) läßt sich der Wirkungsgrad des Druckrohrnetzes  $\eta_D$  bei Berücksichtigung der Anpassungsverluste zwischen Druckrohrnetz und Berechnungseinrichtung nach Gl. (6) definieren:

$$\eta_D = \frac{P_{Dhydr.} - P_a}{P_{Dhydr.}} \quad (6)$$

In diesem Zusammenhang muß darauf hingewiesen werden, daß die Anpassungsverluste  $P_A$  zwischen Pumpstation und Druckrohrnetz und die Anpassungsverluste  $P_a$  zwischen Druckrohrnetz und Berechnungseinrichtung zwar als gemeinsamen Entstehungsort den Hydrantenschieber haben und quantitativ auch durch die jeweilige Stellung des Hydrantenschiebers festgelegt werden, jedoch bezüglich ihrer Entstehung unterschiedlich sind.

Die Anpassungsverluste zwischen Druckrohrnetz und Berechnungseinrichtung entstehen durch den Widerspruch zwischen begrenztem Druck am Eingang der Berechnungseinrichtung und den unterschiedlichen Druckverhältnissen im Druckrohrsystem, die meistens ein mehr oder weniger starkes Schließen der Hydrantenschieber fordern und somit Verluste verursachen.

Die Anpassungsverluste zwischen Pumpstation und Druckrohrnetz entstehen aus der ungenügenden Abstimmung der Pumpen mit den aus den Berechnungseinrichtungen und dem Druckrohrsystem resultierenden differenzierten Druck- und Volumenstromforderungen. Im Normalfall wird durch die Pumpstation ein höherer Druck- oder Volumenstrom angeboten, als er durch die Berechnungseinrichtungen genutzt werden kann.

Die ebenfalls an den Hydrantenschiebern vorgenommene Vernichtung des Drucks führt zu Anpassungsverlusten.

Bei Definition des Wirkungsgrades der Berechnungseinrichtung  $\eta_{BE}$  durch:

$$\eta_{BE} = \frac{W_{kin}}{P_{Hydr.}} \quad (7)$$

Tafel 1. Kennzeichnende Parameter der Berechnungsanlagen Elmenhorst und Hohen Wangelin

Kenngröße	Berechnungsanlage	
	Elmenhorst	Hohen Wangelin
Typ der Berechnungseinrichtung	RR 125	RR 125
Art der Berechnungsflüssigkeit	Klarwasser	Klarwasser
Typ der Berechnungspumpstation	C 42 (90 m)	C 42 (100 m)
Art des Druckrohrnetzes	offenes Netz	Ringnetz
Volumenstrom $\dot{V}$ in m <sup>3</sup> /h	242 ... 1517	199 ... 1507
Länge des Druckrohrnetzes $l_D$ in m	24666	30883
mittlerer Rohrquerschnitt $\bar{A}$ in m <sup>2</sup>	0,179	0,069
mittlere Arbeitsbreite der Berechnungseinrichtungen $\bar{y}$ in m	344	289

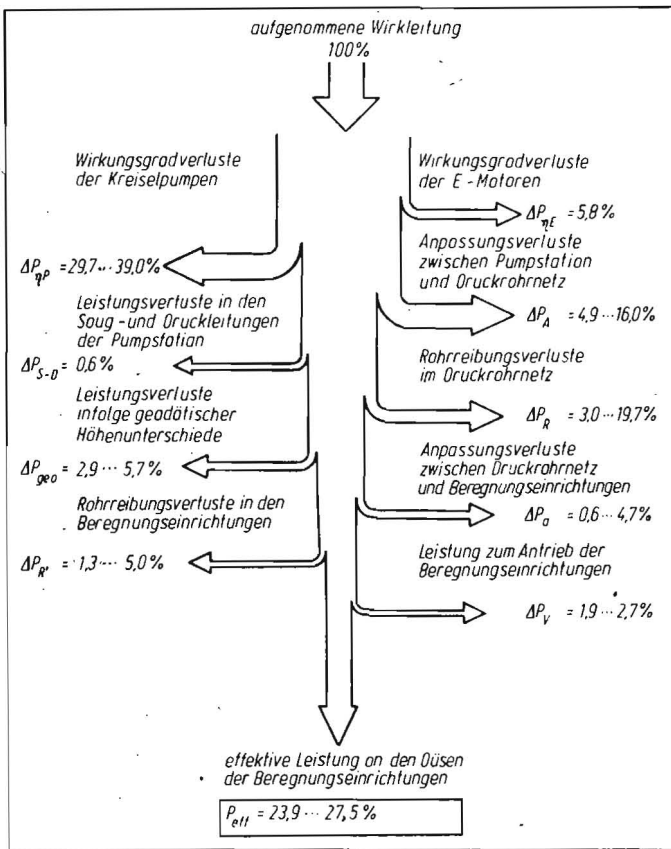


Bild 2. Lokalisierung und Quantifizierung der Verlustleistungen in der Beregnungsanlage Elmenhorst

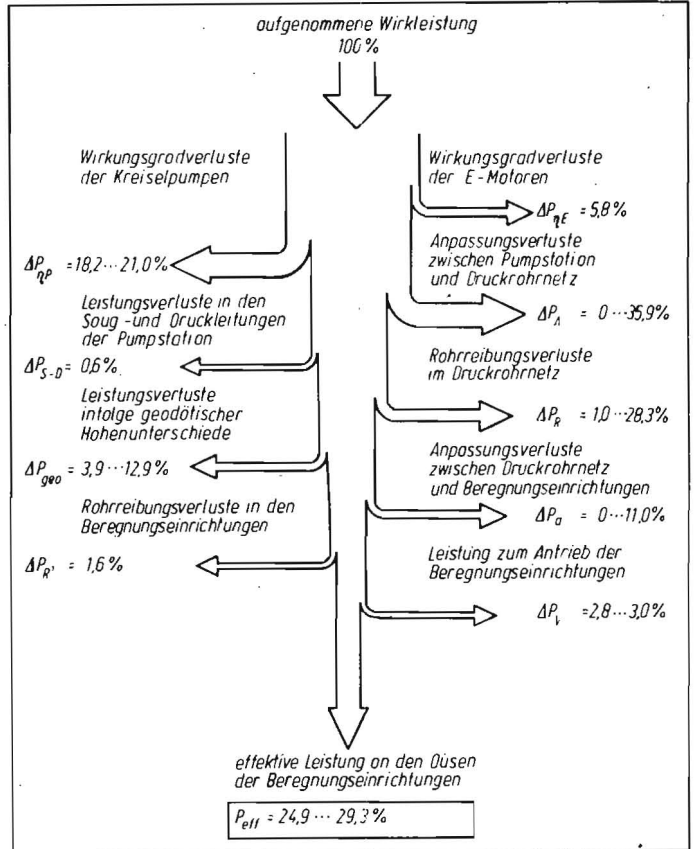
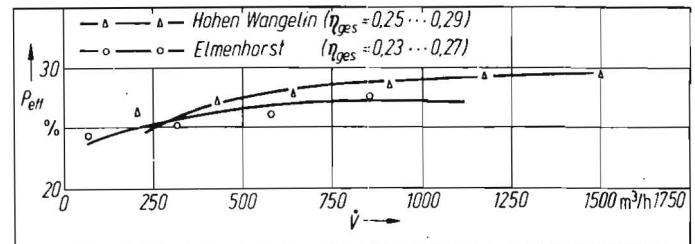


Bild 3. Lokalisierung und Quantifizierung der Verlustleistungen in der Beregnungsanlage Hohen Wangelin

Tafel 2. Ermittelte Wirkungsgrade in den untersuchten Beregnungsanlagen

Wirkungsgrad	Beregnungsanlage Elmenhorst	Hohen Wangelin
$\eta_{PA}$	0,39	0,44
$\eta_D$	0,70	0,71
$\eta_{BE}$	0,92	0,96
$\eta_{Wges.}$	0,26	0,29

Bild 4 Gesamtwirkungsgrad der untersuchten Anlagen in Abhängigkeit vom Volumenstrom



kann zusammenfassend der Gesamtwirkungsgrad  $\eta_{Wges.}$  der Beregnungsanlage als Produkt der Einzelwirkungsgrade wie folgt ermittelt werden:

$$\eta_{Wges.} = \eta_{PA} \cdot \eta_D \cdot \eta_{BE} \quad (8)$$

#### 4. Ergebnisse

Die in den Bildern 2 und 3 vorgenommene Lokalisierung und Quantifizierung der Verlustanteile macht deutlich, daß die Leistungsverluste in Beregnungsanlagen in vielfältiger Form auftreten.

Wird die Frage untersucht, welche Leistungsverluste innerhalb der Beregnungsanlage den entscheidenden Einfluß auf die energetische Bilanz ausüben, so können folgende Faktoren genannt werden:

- Wirkungsverluste der Kreiselpumpen
- Rohrreibungsverluste im Druckrohrnetz
- Leistungsverluste infolge geodätischer Höhenunterschiede
- Anpassungsverluste zwischen Pumpstation und Druckrohrnetz sowie zwischen Druckrohrnetz und Beregnungseinrichtung.

Eine quantitative Wichtung der einzelnen Verlustanteile ist jedoch wesentlich vom Betriebszustand der Beregnungsanlage, charakterisiert durch Volumenstrom und Druck, abhängig.

Deutlich wird diese Abhängigkeit in den ausgewiesenen Differenzen innerhalb der einzelnen Verlustanteile (Bilder 2 und 3).

Die Untersuchungen ergaben, daß die Wirkungsgradverluste der Kreiselpumpen einen besonderen Anteil an den Energieverlusten haben. Der Versuch, in der Beregnungsanlage Elmenhorst durch Abdrehen der Kreiselpumpenräder eine Senkung des Nennförderdrucks von 1,0 MPa auf 0,9 MPa vorzunehmen, um eine bessere Anpassung der Pumpstation an die Beregnungsanlage zu erreichen, zeigte, daß die Wirkungsgradverluste der Kreiselpumpen  $\Delta P_{\eta p}$  stark anstiegen und um etwa 50% höher liegen als in der gleichen Typenpumpstation in Hohen Wangelin (Bilder 2 und 3).

Damit wird deutlich, daß

- enge Verflechtungen im Zusammenwirken der einzelnen Bestandteile der Beregnungsanlagen bestehen
- konstruktive Veränderungen stets unter dem Aspekt der Optimierung der Gesamtanlage vorzunehmen sind.

Der Einfluß der Verlustanteile auf die energetische Gesamtbilanz wird besonders durch die Wirkungsgrade der Pumpstation, des Druckrohrnetzes und der Beregnungseinrichtung verdeutlicht. Auf der Basis der theoretisch ermittelten Werte konnten unter Verwendung der

Gln. (5), (6) und (7) in den untersuchten Beregnungsanlagen die in Tafel 2 zusammengestellten Einzelwirkungsgrade ermittelt werden.

Im Bild 4 ist unter Berücksichtigung der theoretisch und experimentell ermittelten Werte der Gesamtwirkungsgrad beider Anlagen in Abhängigkeit vom Volumenstrom dargestellt.

#### 5. Schlußfolgerungen

Die Untersuchungsergebnisse weisen aus, daß der Gesamtwirkungsgrad beider Anlagen kleiner als 0,3 ist. Das ist gleichbedeutend mit der Aussage, daß mehr als 70% der aufgewendeten Leistungen bereits innerhalb der Beregnungsanlage verloren gehen und als Verlustleistungen des technischen Systems zu betrachten sind. Damit wird der Ansatzpunkt für technisch-technologische Maßnahmen deutlich.

Die Analysen lassen neben spezifischen Problemen hinsichtlich der technologischen Zuordnung der Beregnungseinrichtungen zur Pumpstation grundsätzlich folgendes erkennen:

- Die Leistungsparameter der Pumpstationen sind für Extremfälle der Beregnungssituationen projiziert und ausgelegt.
- Die technischen Möglichkeiten der Varia-

tion dieser Leistungsparameter sind derzeit ungenügend und beschränken sich auf Parallelschaltung von Pumpaggregaten.

Dieser Widerspruch führt zu einer schlechten Auslastung der installierten Leistung in den Pumpstationen und zu hohen Anpassungsverlusten. Eine deutliche Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades der Anlagen wäre durch den Einsatz von drehzahleregelten Elektromotoren zu erreichen. Damit verbunden ist allerdings das Problem der automatischen Regelung der Drehzahl der Elektromotoren in Abhängigkeit von unterschiedlichen Forderungen an Volumenstrom und Druck für determinierte Berechnungssituationen.

Gleichzeitig zeigen die Analysen vor allem Reserven in der hydraulisch optimalen Gestaltung und konstruktiven Auslegung des Druckrohrsystems. Perspektivisch muß neben den Investitionskosten für die Erstellung des Druckrohrsystems die energetisch optimale Nutzung für den Betrieb der Berechnungsanlage gleichermaßen berücksichtigt werden.

Grundsätzliche Überlegungen müssen verstärkt zur Senkung des notwendigen Betriebs-

drucks der Berechnungseinrichtungen angestellt werden. Bereits geringfügige Reduzierungen des notwendigen Betriebsdrucks am Eingang der Berechnungseinrichtungen würden Energieeinsparungen ermöglichen. Die dieser Forderung gegenüberstehende Abnahme der Wurfweiten und Verschlechterung der Verteilungsqualität der Regner sind weitere Ansatzpunkte besonders zur technischen Optimierung gegenwärtig eingesetzter konstruktiver Lösungen zur Beregnung.

## 6. Zusammenfassung

Die Lokalisierung und Quantifizierung der energetischen Verluste in Beregnungsanlagen ist die unmittelbare Voraussetzung für die Erarbeitung von Optimierungsvorschlägen zur technischen Gestaltung von Beregnungsanlagen. Die Vielzahl der Einflußfaktoren fordert stets eine komplexe Betrachtung der gesamten Anlage.

Nur auf der Basis einer technisch-technologischen Analyse und unter Berücksichtigung geltender hydraulischer Gesetzmäßigkeiten lassen sich konstruktive Veränderungen zur

Minimierung des Energieeinsatzes vornehmen.

Die Definition von Wirkungsgraden dient der energetischen Charakterisierung der eingesetzten technischen Lösung. Die Allgemeingültigkeit dieser Wirkungsgrade ermöglicht einen Vergleich verschiedener Beregnungsanlagen und stellt somit einen Schritt zur Lösung energiewirtschaftlicher Aufgaben dar.

## Literatur

- [1] Rößner, H.: Zur Energieplanung im Landwirtschaftsbetrieb. Der Elektro-Praktiker (1978) H. 5, S. 171—173.
- [2] Frielinghaus, M.: Fortführung der energiewirtschaftlichen Prozeßanalysen zur Erfassung des Energieverbrauches in der Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft. Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Forschungsbericht 1979 (unveröffentlicht).
- [3] Queitsch, K.: Grafo-analytisches Verfahren zum Bestimmen des Arbeitspunktes von Beregnungsanlagen unter Bedingungen der landwirtschaftlichen Praxis. agrartechnik 30 (1980) H. 3, S. 130—133.
- [4] Wechmann, A.: Hydraulik. Berlin: VEB Verlag für Bauwesen 1966. A 2903

# Grundlagen der Gestaltung von kontinuierlich geradeaus fahrenden Beregnungsmaschinen

Dozent Dr. H. Schinke, KDT  
Dr.-Ing. D. Voigt, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR



## Verwendete Formelzeichen

a, c	empirische Konstanten
$A_B$	beregnete Fläche
b	Wirkungsbreite der Beregnungsmaschine
h	Niederschlagshöhe, Regengabe
$h_{zul}$	zulässige Niederschlagshöhe
i	Niederschlagsintensität
$i_{zul}$	zulässige Niederschlagsintensität
I	Einsickergeschwindigkeit des Wassers in den Boden, Infiltrationsintensität
l	Wirkungslänge der Beregnungsmaschine
t	Beregnungszeit
$t_{zul}$	zulässige Beregnungszeit
v	Vorschubgeschwindigkeit
V	Volumen
$\dot{V}$	Volumenstrom

## 1. Einleitung

Im Verlauf der Entwicklung der Beregnungstechnik wurde eine Vielzahl von Lösungen geschaffen, die das Ziel verfolgen, den Beregnungsprozeß technisch, technologisch und ökonomisch ständig zu verbessern.

Wesentliche technische Faktoren zur Steigerung der Effektivität der Beregnung sind

- Erhöhung der Arbeitsproduktivität in Beregnungsanlagen durch Hebung des Mechanisierungs- und Automatisierungsgrades
- Erhöhung des Volumenstromes in Beregnungsanlagen bei Verbesserung der Flüssigkeitsverteilung und strenger Beachtung der Material-, Energie- und Kostenlimits.

Vor allem bei der Durchsetzung des zweiten Faktors sind einige Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten zu beachten, auf die im Beitrag eingegangen wird.

Im Sinne der formulierten Zielstellung wurden Beregnungsmaschinen entwickelt, die die Beregnungsflüssigkeit in kontinuierlich geradeaus verlaufender Bewegung verteilen. Beispiele dafür sind (Bild 1):

- Zweikonsole-Beregnungsmaschine DDA-100 M (UdSSR)
- vielstützige Beregnungsmaschine ZIMMATIC (USA)
- Schlauch-Beregnungsmaschine PP 67 (ČSSR).

Während der Beregnung wird die Flüssigkeit diesen Beregnungsmaschinen entweder über offene Wassergräben oder über flexible Druckschläuche zugeführt. Die Entnahme aus offenen Gräben erfordert eine mit der Beregnungsmaschine verbundene Pumpe. Bei der Zuführung mit Hilfe eines flexiblen Schlauches wird die zentrale Pumpstation der Beregnungsanlage für die Flüssigkeitsförderung genutzt. In den Beregnungsmaschinen wird die Flüssigkeit den Regnern zugeleitet, die sie über die Beregnungsfläche verteilen.

Durch den Einsatz von kontinuierlich geradeaus fahrenden Beregnungsmaschinen wird der arbeitsaufwendige Prozeß des Umsetzens der Regner und Flügelleitungen rationalisiert und wesentlich vereinfacht. Gegenüber der mit zyklischen Umsetzungen verbundenen Beregnungstechnik konnten dadurch die Arbeitsproduktivität entscheidend gesteigert und die Arbeitsbedingungen spürbar verbessert werden.

Die Gleichmäßigkeit der Niederschlagsverteilung

läßt sich durch Regner mit kontinuierlichem Vorschub im Vergleich mit positionsweise arbeitenden Regnern ebenfalls erhöhen [1, 2].

## 2. Grundlagen und Anwendung der Gestaltungsmethode

### 2.1. Quantität und Qualität des künstlichen Regens

Ein wichtiges quantitatives Merkmal des künstlichen Regens ist die Niederschlagshöhe oder Regengabe (meistens je Regneraufstellung oder Maschinendurchgang), deren Ein- oder Mehrfaches die Beregnungsnorm (meistens je Beregnungsturnus) ergibt. Beregnungsmaschinen müssen es ermöglichen, die vorgesehene Beregnungsnorm in einer bestimmten Zeit auf die Beregnungsfläche auszubringen. Unter den Klima- und Bodenbedingungen der DDR werden Beregnungsnormen von 20 bis 30 mm verabreicht. Dies entspricht im Mittel der zu beregnenden Bodenarten einer nutzbaren Feldkapazität von 10 bis 20 % und ermöglicht es, bei Wahl eines geeigneten Beregnungsturnus (im Normalfall 8 bis 10 Tage) die nutzbare Feldkapazität in dem für das Pflanzenwachstum günstigen Bereich von 40 bis 60 % zu steuern. Das Überschreiten dieses Bereichs führt zu Gasmangel, das Unterschreiten zu Wassermangel in der Wurzelzone mit den in beiden Fällen auftretenden Wachstums- und Ertragsminderungen der Pflanzen. Durch Überbewässerung kann außerdem der Wasservorratswert (ent-