

in exakt definierbarer Weise bearbeitet wird. Das vorgeschlagene Verfahren benötigt bei der Durchführung von Versuchen mit Bodenbearbeitungswerkzeugen unter Feldbedingungen nur wenig Zeit, da die Auswertung nach Abschluß und unabhängig von den experimentellen Untersuchungen erfolgen kann. Wird die halbautomatische Auswertung aller zu vergleichenden Arbeitsergebnisse durch den gleichen Bearbeiter durchgeführt, so bestimmt sich die Größe des Meßfehlers fast ausschließlich durch den Stichprobenumfang.

Durch entsprechend umfangreiche Untersuchungen muß nachgewiesen werden, ob die bei der automatischen Auswertung von Bodenaufnahmen entstehenden Fehler sich in zulässigen Grenzen bewegen oder ob unter erschwerten Bedingungen (Helligkeitsunterschiede auf dem Bild, viele Pflanzenrückstände, Steine usw.) oder auch generell der aufwendigeren halbautomatischen Messung der Vorzug zu geben ist, da dann vom Beobachter die Bodenaggregate exakt unterschieden werden können.

### 9. Zusammenfassung

Die Möglichkeiten der Bestimmung der Größenverteilung von Bodenaggregaten mit Hilfe

der lichtoptischen Korngrößenmeßtechnik am automatischen Gefügeanalysator EPIQUANT werden vorgestellt. Das Meßprinzip und die Arbeitsweise des EPIQUANT werden ausführlich erläutert. Es werden Hinweise zur Herstellung der zur Analyse notwendigen Fotonegative gegeben und Anregungen für eine effektive Weiterverarbeitung des anfallenden Zahlenmaterials vermittelt. Die wesentlichen Fehlerquellen werden diskutiert.

### Literatur

- [1] Regge, H.: Der Zerkleinerungserfolg als Bewertungsmaßstab für Bodenbearbeitungsgeräte und -maschinen. *agrartechnik* 15 (1965), H. 7, S. 376—378.
- [2] Petelkau, H., u. a.: Richtwerte und Gütemerkmale für die Bodenbearbeitung in der industriemäßigen Pflanzenproduktion. Markkleeberg: *agra-Buch* 1977.
- [3] Schmidt, K.: Die Anwendung des automatischen Gefügeanalysators EPIQUANT in der Korngrößenmeßtechnik. *Quantitative Mikroskopie*, Firmenschrift des VEB Carl Zeiss Jena, 1979.
- [4] Saltykov, S. A.: *Stereometrische Metallographie*. Leipzig: VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1974.
- [5] Richter, H.; Fröhlich, H.: Zum Einsatz der quantitativen Lichtmikroskopie bei der Versetz-

zungsdichtebestimmung von GA As-100-Kristallen. *Jenaer Rundschau* (1976) H. 5, S. 267—271.

- [6] Beyersdorfer, G.; Gernand, U.: *Linearanalyse histologischer Präparate mit dem automatischen Gefügeanalysator EPIQUANT* ... Jenaer Rundschau (1977) H. 6, S. 293—296.
- [7] Kalk, W.-D.: *Untersuchung des Einflusses der Abdeckung einer Bodenfräse auf das Arbeitsergebnis*. TU Dresden. Dissertation 1972 (unveröffentlicht).
- [8] Adams, F. G.: *Stereometrische Meßgrößen und ihre Gewinnung mit dem EPIQUANT*, eine Einführung. *Quantitative Mikroskopie*, Firmenschrift des VEB Carl Zeiss Jena, 1979.
- [9] Fröhlich, H.: *EPIQUANT — ein neues Gerät zur automatischen Gefügeanalyse*. Jenaer Rundschau (1974) Messesonderheft, S. 85—91.
- [10] Baur, A.; Kalk, W.-D.; Bosse, O.: *Theoretische und experimentelle Untersuchungen an Saatbettbereitungswerkzeugen* ... *Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Zwischenbericht 1978* (unveröffentlicht).
- [11] Bockstiegel, G.: *Eine einfache Formel zur Berechnung räumlicher Größenverteilungen aus durch Linearanalyse erhaltenen Daten*. *Z. f. Metallkunde* 57 (1966) H. 8, S. 647—652.
- [12] Exner, H. E.: *Analyse der Größenverteilung von Körnern, Poren und Pulverteilchen*. *Z. f. Metallkunde* 57 (1966) H. 10, S. 755—763.
- [13] Abrams, H.: *Grainsize measurement by the intercept method*. *Metallography* (1971) H. 4, S. 59—78.

A 2599

# Arbeitsproduktivität der Hauptberegnungsverfahren

Dr. sc. agr. R. Kappes, KDT, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR

### 1. Anforderung an die Hauptberegnungsverfahren

Grundbedingung für eine hohe Arbeitsproduktivität ist die Eignung der Maschinen für die industriemäßige Produktion in der sozialistischen Landwirtschaft.

Die Arbeitskräfte müssen mit leistungsfähigen Maschinen eine große Fläche und eine hohe ausgebrachte Wassermenge erreichen. Die Anlagen haben den produktiven Einsatz der Maschinen im Komplex zu gewährleisten. Dabei sind ökonomische Bedingungen zu erfüllen, wie z. B. den Investitionsaufwand und die technologischen Kosten sowie den Einsatz von Bau- und Ausrüstungsmaterial gering zu halten.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf solche Verfahren, die zukünftig die Forschung und Entwicklung der RGW-Staaten bestimmen. Ausgenommen wurden ortsfeste Beregnungsanlagen, die in der DDR wegen hoher Aufwendungen an Investitionen und Material zukünftig nur im beschränkten Umfang für Sonderkulturen gebaut werden [1].

### 2. Methodische Grundlagen und Voraussetzungen

Die nachfolgenden Angaben beziehen sich auf die produktivsten Hauptberegnungsverfahren, wobei den Berechnungen konkrete Konstruktionen zugrunde liegen, die aus Untersuchungen, aus der Literatur oder aus Prospekten bekannt sind.

Die Grundparameter für den Vorschub, die Zeit für die Beaufsichtigung, das Umsetzen und die Wegezeit wurden geschätzt. Dabei werden analytische Kennwerte von bekannten und untersuchten Maschinen übertragen, die in ihrer Aussage sicher sind. Die folgenden Ausführungen enthalten keine technischen Einzelheiten, sondern nur technologische Hauptprobleme,

die wesentlich die Leistung und den ökonomischen Aufwand bestimmen. Die Berechnungen setzen voraus, daß die Maschinen technisch einwandfrei arbeiten, keine erhöhten Ausfälle auftreten und zusätzliche Beaufsichtigungen entfallen. Technologisch ist das zentrale Problem, entsprechende technisch-technologische Voraussetzungen zu schaffen, um die Zeitaufwendungen für den Vorschub und die Wegezeit gering zu halten. Wie Auswertungen projektierte Anlagen zeigen, ist es auch unter Berücksichtigung von Flurmeliorationen nicht möglich, die Arbeitsbreite der Maschinen voll zu nutzen. Daher werden bei den Berechnungen nur rd. 75% der maximalen Arbeitsbreite angesetzt. Aus der Literatur sind Maschinen bekannt, die die hier ausgewiesenen maximalen Arbeitsbreiten erheblich übertreffen. Als Gabenhöhe wurden 25 mm bei einem Beregnungsturnus von 8 Tagen angesetzt. Die Nutzer wollen mit modernen Maschinen möglichst kleine Einzelgaben ausbringen. Eine Vergrößerung der Gaben verbessert aber alle Leistungsparameter [2]. Das Umsetzen der Maschinen nach beendetem Beregnungsturnus in die Ausgangsposition wird als zusätzliche Arbeitsaufwendung berücksichtigt. Die Angabe in der Einheit Arbeitskräfte je 100 Beregnungshektar enthält die Beregnungstechniker und das Personal für das Umsetzen der Maschine. Die Auswertungen beziehen sich auf einen kompletten Beregnungsturnus.

Nur auf diese Weise läßt sich anteilmäßig das Umsetzen der Maschinen berücksichtigen, das zum Arbeitsablauf beim Beregnen gehört. Die Berechnungen nach Tafel I erfolgten nach dem Arbeitsblatt Projekt 39 des VEB Ingenieurbüro für Meliorationen Bad Freienwalde für Feldkulturen. Zusätzliche Arbeitskräfte für einen durchgehenden Dreischichtbetrieb werden hier nicht berücksichtigt.

### 3. Arbeitswirtschaftliche Parameter der Hauptberegnungsverfahren

#### 3.1. Geradeaus fahrende Regnerleitungen (RL)

Die Maschinen arbeiten positionsweise (Tafel I), die Variante I.1. ist mit einer Regnerwechselschaltung ausgerüstet, die Variante I.2. hat eine hohe Wasserabnahme. Der Bedarf an Arbeitskräften je 100 Beregnungshektar beider Varianten entspricht sich fast. Die hohe Wasserabnahme der Maschine nach I.2. bedingt eine große Schlaglänge, die sich unter praktischen Bedingungen jedoch nur schwer nutzen läßt. Sie erhöht die Dimension für die Hydrantenleitung und damit die Investitionsaufwendungen. Für das Umsetzen der RL wurde ein halbkreisförmiges Schwenken der gesamten Maschine auf die andere Hydrantenseite angenommen. Die Regnerwechselschaltung erfordert durch den Einsatz von Weitstrahlregnern hohe Betriebsdrücke. Angehängte Schleppleitungen vergrößern den Aufwand für das Umsetzen. Es sollte möglichst auf eine Variante nach I.1. orientiert werden.

#### 3.2. Kontinuierlich geradeaus fahrende Beregnungsmaschinen

Solche Maschinen sind aus Literatur und Prospekten bekannt. Arbeitswirtschaftlich am wichtigsten ist die bewegliche Wasserüberführung Hydrant-Maschine und die daraus resultierende mögliche Vorfahrlänge, die hier mit 90 m und 180 m unterstellt wurde. Da die Aufstellungsdauer (Vorfahrlänge zwischen 2 Hydranten) über der täglichen Nettoarbeitszeit von 7,5 Stunden liegt, begrenzt das die technologische Einheit n.

Die Unterschiede im Bedarf an Arbeitskräften sind daher nicht sehr groß. Wegen eines geringeren technischen Aufwands scheint daher

Tafel 1. Arbeitswirtschaftliche und technische Parameter von Hauptberegnungsverfahren

Nr.	Beregnungs- variante	Arbeits- breite	Vor- schub- maß	Wasser- abnahme	Aufstellungs- dauer	Zeit je Vorschub	Wege- und Pausen- zeit	bediente RL/AK	Anzahl der Aufstellungen	Flächen- leistung je Arbeits- kraft	Zeit für das Umsetzen	Bemerkungen
		AB	V	Q <sub>RI</sub>	A'	U'	W	n	m'	F <sub>AK</sub>	R''	
		m	m	m <sup>3</sup> /h	h	h	h	St./AK	St./58h	ha/AK	AKh	
1.	gerade ausfahrende Regnerleitung (positionsweise): von 600 m AB 75"n ± 450 m											
1.1.	Regnerwechselschaltung	450	60	250	5,4	0,4	0,5	6	6,44	162	5,0	beim Umsetzen schwenken quer verziehen
1.2.	hohe Wasserabnahme gerade ausfahrende Regnerleitung (kontinuierlich fahrend): von 600 m AB 75"n ± 450 m	450	54	432	1,41	0,4	0,3	2	2,58	155,5	10,0	
2.	gerade ausfahrende Regnerleitung (kontinuierlich fahrend): von 600 m AB 75"n ± 450 m											
2.1.	Hydranten 90 m	450	90	200	5,06 <sup>b)</sup>	0,5	0,4	6	10,43	253	5,0	
2.2.	Hydranten 180 m	450	180	200	10,12	0,5	0,5	7 <sup>c)</sup>	5,46	309,6	5,0	A liegt über tägl. Nettoarbeitszeit
3.	rollbare Regner- leitung RR 175/600 von 600 m AB 75"n ± 450 m											
3.1.	U 64 12-mm-Düse	450	30	142	2,38	0,65	0,3	3	19,1	77,4	(5,0)	Umsetzen z. Z. techn. schwer realisierbar
3.2.	G 68 15-mm-Düse	450	30	214	1,58	0,65	0,2	2	26,0	70,2	(5,0)	
4.	teilautomatisierte Schlauchtrommel- beregnung von 400 m AB 87"n ± 350 m											
4.1.		350	70	35	17,5	0,45	0,3	9 <sup>d)</sup>	8	174	1,0	A > 2 Schichten
4.2.		300	75	65	8,6	0,45	0,3	9 <sup>d)</sup>	8	162	1,0	A = 1 Schicht
5.	Kreisberegnung DMU 572, davon 73"n DMU 417 AB = 441 m											
5.1.	mit Positionswechsel	441	—	198	—	(0,7)	(0,6) <sup>e)</sup>	4	—	244	10	
5.2.	mit Positionswechsel	441	—	198	—	(0,6)	(0,5)	6	—	366	10	
5.3.	ohne Positionswechsel	441	—	198	—	(0,6)	(0,5)	6	—	366	—	

1) bei 25-mm-Gaben

2) stets Einmann-Bedienung

3)  $n = \frac{A + U}{U + W}$ ; n technologische Einheit, stets abgerundet4) Aufstellungen je RL in einem Beregnungsturnus und einer Schicht  
58 h  $\hat{=}$  Nettoarbeitszeit/Turnus

$$m = \frac{58}{A + U}$$

5)  $F_{AK} = V \cdot AB \cdot n \cdot m$ 

6) b/zw. Positionswechsel im Beregnungsturnus oder danach

7) A liegt über der Nettoarbeitszeit je Schicht, daher  $n = \frac{7,2}{U + W}$ 

$$8) V_{RI} = \frac{1000 \cdot 200}{450 \cdot 25} = 17,78 \text{ m/h}$$

$$A = \frac{90}{17,78} = 5,06 \text{ h}$$

9) in Klammern, weil nur Aufsicht und Wartung erforderlich.  
U + W wurde aus n zurückgerechnet

die Variante 2.1. vorteilhafter. Die angegebenen Arbeitsaufwendungen setzen die Entnahme von elektrischem Strom aus dem Netz voraus. Sofern die Maschinen zusätzlich während des Vorfahrens zu kontrollieren oder zu regulieren sind, wachsen die ausgewiesenen Aufwendungen erheblich.

### 3.3. Rollbare Regnerleitungen (RR) 175/600

Die RR sind als Vergleich zu anderen Beregnungsverfahren in Varianten mit dem U 64, 12-mm-Düse (Var. 3.1.), und G 68, 15-mm-Düse

(Var. 3.2.), angeführt. Die Maschine mit der größeren Wasserabnahme und Regendichte verringert die technologische Einheit; das hat negative Auswirkungen auf den Bedarf an Arbeitskräften. Die mögliche große Vorrölllänge der Variante 3.2. läßt sich nur selten in der Praxis erreichen. Durch Verkürzung der Arbeitsbreite auf durchschnittlich 450 m erhöhen sich die Aufwendungen für Arbeitszeit gegenüber bisherigen Angaben. Die Maschine läßt sich nach beendetem Beregnungsturnus nur mit großem Aufwand in die Ausgangsposition bringen,

was für die Betreiber Nachteile hat. Das Ausrichten der Maschine übernimmt eine spezielle Arbeitsgruppe.

### 3.4. Teilautomatisierte Schlauchtrommelberegnung

Die Standardarbeitsbreiten wurden nicht so stark reduziert wie bei den anderen Verfahren, weil man sich mit den Maschinen örtlichen Standortbedingungen besser anpassen kann. Entsprechend vielen bekannten Konstruktionen werden die kürzeren Arbeitsbreiten mit der

höheren Wasserabnahme kombiniert. Die Maschinen nach Variante 4.2. müssen in jeder Schicht umgesetzt werden. Dadurch erhöht sich die Flächenleistung je Maschine, und die Maschinenkosten verringern sich. Arbeitswirtschaftlich günstiger schneiden die Maschinen mit einer großen Aufstellungsposition ab (Var. 4.1.), die in einer Schicht in Position gebracht werden und bis zu 24 h aufsichtslos arbeiten. Es sind Konstruktionen bekannt, bei denen der Weitstrahlregner einen Ausleger ersetzt, der Schwachregner trägt und ein Vorschubmaß von 60 m erreicht.

### 3.5. Kreisberechnungsmaschinen

Die arbeitswirtschaftlichen Berechnungen unterscheiden sich von bisher besprochenen Verfahren dadurch, daß die Maschinen nur eine Beaufsichtigung verlangen. Die entsprechende Vorschub- und Wegezeit wurde aus der technologischen Einheit zurückgerechnet. Die Variante 5.1. enthält die bisher in der Praxis mit Fregat erreichte Bedienung von 4 Maschinen je Arbeitskraft. Das Umsetzen im Berechnungsturnus, das durch entsprechende Gestaltung des Projekts und der Anbaustruktur weitgehend vermieden werden sollte, benötigt einen erheblichen Arbeitszeitaufwand. Infolge der hohen Wasserabnahme ermöglichen Kreisberechnungsmaschinen ohne Positionswechsel, die Fläche im halben Berechnungsturnus zu beregnen. Um die hohe mögliche Arbeitsproduktivität zu erreichen, muß daher dem Beregnungstechniker in einer Anlage die doppelte Anzahl von Maschinen zur Verfügung stehen.

### 4. Vergleich der Verfahren

Die berechneten Kennzahlen zum Bedarf an Arbeitskräften sind in ihren Aussagen sicher, da für die technologische Einheit reduzierte Arbeitsbreiten und ein kurzer Beregnungsturnus angesetzt wurden. Bei den RR 175/600 sind technische Verbesserungen zur Erhöhung der Leistung kaum zu erwarten. Daher werden sie zukünftig zuerst von geradeaus fahrenden Maschinen abgelöst. Das Verfahren der teilautomatisierten Schlauchtrommelberegnung hat im Vergleich zu dem in der DDR angewendeten Verfahren mit der Maschine PP 67 noch ganz entscheidende Leistungsreserven. Gegenüber allen anderen hier besprochenen Verfahren arbeiten die Maschinen nicht schlaggebunden und ermöglichen eine produktive Beregnung auch von kleinen Flächen (10 ha). Bei verkürzt abgehaspelten Schläuchen werden die Maschinen in der zweiten Schicht umgesetzt. Um die technologischen Vorteile des Verfahrens zur Rekonstruktion alter Anlagen und zur Beregnung von Restflächen zukünftig voll nutzen zu können, sind Konstruktionen von Wasserverteilelementen mit niedrigen Druckanforderungen und einer großen Streifenbreite von wirtschaftlicher Bedeutung.

Die höchste Arbeitsproduktivität erreichen kontinuierlich geradeaus fahrende und kreisförmig arbeitende Beregnungsmaschinen. Die Varianten 3.1. und 3.2. unterstellen ein Schwenken im Halbkreis, das einen um 50 bis 70% niedrigeren Aufwand an Arbeitskräften als der Positionswechsel von Kreisberegnungsmaschinen erfordert. Bei annähernd gleichem Zeitaufwand für Vorschub und Wege liegt der Arbeitskräfteaufwand bei der Kreisberegnung niedriger.

### 5. Automatisierung der Verfahren

Von großem Interesse sind solche Verfahren, die sich ohne großen zusätzlichen Aufwand technisch leicht automatisieren lassen. Dabei

wird der Zeitaufwand für Vorschub und Wege durch eine Kontroll- und Wartungszeit ersetzt. Die Anzahl der von einem Beregnungstechniker zu bedienenden Maschinen steigt erheblich. Vorteilhaft für viele Anlagen wäre, wenn eine begrenzte Anzahl von Maschinen nur stundenweise Aufsicht erfordern würde. Kontinuierlich geradeaus fahrende Maschinen verlangen einen hohen technischen Aufwand für eine vollständige Automatisierung der Wasserüberführung Hydrant-Maschine, die Geradeaussteuerung und einen aufsichtslosen Nachtbetrieb. Das Umsetzen der Maschinen läßt sich nicht automatisieren.

Beim Prinzip der Kreisberegnung ohne Positionswechsel sind bessere technisch-technologische Voraussetzungen für eine vollständige Automatisierung gegeben. Ein aufsichtsloser Nachtbetrieb wird bereits praktiziert. Eine Lösung für die funktionstechnische Überwachung liegt vor und wird die Maschinenkontrolle erleichtern. Der große Vorteil der Kreisberegnung liegt in einer leichten Komplettierbarkeit der Anlagen. Eine Kopplung mit Bodenfeuchtemeßgeräten, anderen Meßgebern oder mit Mikroprozessoren bereitet technisch keine Schwierigkeiten. Revolutionierend für die Senkung des Zeitfonds für einen Vorschub und die Automatisierung aller Beregnungsverfahren wäre eine generelle Bereitstellung von elektrischer Energie am Hydranten.

### 6. Flächenleistung in Abhängigkeit von den Standortbedingungen

Die mögliche Schlaggröße für den Maschineneinsatz korrespondiert mit den natürlichen Standortbedingungen. Verringerte Arbeitsbreiten und Vorfahrlängen erhöhen bei schlaggebundenem Einsatz der Maschinen den Bedarf an Arbeitskräften und die Investitionsaufwendungen für die Maschinen sowie erfordern gleichzeitig mehr Material- und Investitionsaufwendungen für die Druckrohrleitungen. Bild 1 zeigt ein Beispiel für den höheren Bedarf an Arbeitskräften bei schlechter werdenden Standortbedingungen und der dadurch bedingten Reduzierung der Arbeitsbreiten der Maschinen und Schlaglängen auf den Beregnungsflächen. Den Aufwendungen für die Flurmelioration sind daher vor allem die Verringerung der Flächenleistung sowie die Erhöhung der Investitionen für die Beregnungsanlage gegenüberzustellen. Bei einer zukunftsorientierten Trassenführung der Druckrohrleitung läßt sich ein erheblicher Teil der dafür notwendigen Flurmeliorationen nach dem Bau der Anlage als Winterarbeit der Beregnungstechniker ausführen. Trotzdem gibt es häufig noch Flächenteile, auf denen keine fahrenden Maschinen mit entsprechender Arbeitsbreite ökonomisch arbeiten können. Für solche unregelmäßig geformten Schläge und Restflächen eignet sich das Verfahren der teilautomatisierten Schlauchtrommelberegnung. Besondere Überlegungen erfordert die Rekonstruktion bestehender Anlagen durch produktivere Maschinen. Die Arbeitsbreiten und die Wasserabgabe der Hydrantenleitungen sind vorgegeben, das erfordert sehr variabel einsetzbare Maschinen mit einer aus Gründen der Arbeitsproduktivität (Arbeitsbreite) notwendigen Wassereinspeisung in der Maschinenmitte bei geradeaus verlaufendem Vorschub. Die Betriebsdrücke vorhandener Rohrnetze lassen sich nur begrenzt erhöhen, sie bestimmen daher die Art der Wasserverteilelemente der Maschinen.

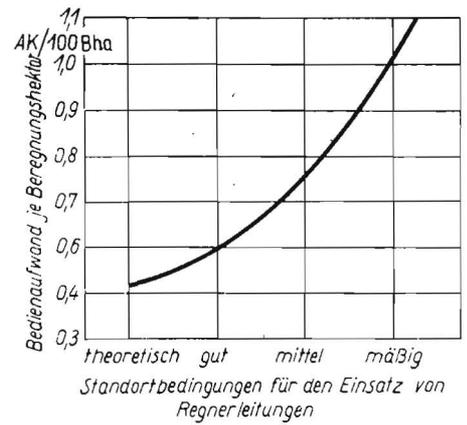


Bild 1. Erhöhung des Arbeitskräftebedarfs durch schlechtere Standortbedingungen für einen Beregnungsschlag bei Arbeitsbreiten von 300 m bis 600 m und Schlaglängen von 1 000 m bis 1 400 m

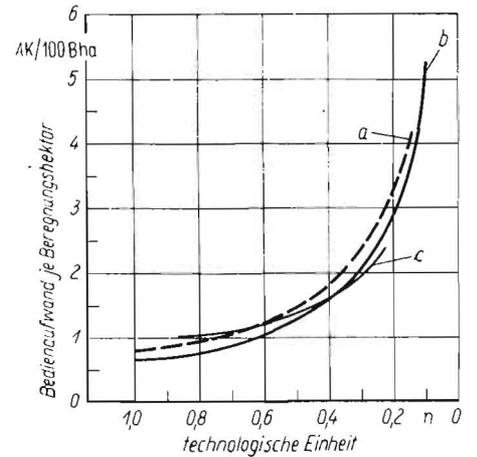


Bild 2. Erhöhung des Arbeitskräftebedarfs bei Verringerung der technologischen Einheit  $n$ :  
a geradeaus fahrende Regnerleitung ( $n = 6$ )  
b Schlauchberegnung ( $n = 9$ )  
c Kreisberegnung ( $n = 4$ )

### 7. Mindestgröße einer teilbeweglichen Anlage

Der Einsatz der Maschinen verlangt zur Erreichung einer hohen Arbeitsproduktivität eine der technologischen Einheit entsprechende Größe des Beregnungsgebiets  $F_B$ . Unter Berücksichtigung des Schichteinsatzes beträgt sie (Tafel 2, Betreuungsfläche):

$$F_B = 2 F_{AK}$$

oder

$$F_B = n F_{RI.}$$

$F_{RI.}$  Fläche je Regnerleitung in einem Turnus in ha  
 $n$  technologische Einheit.

Vor allem beim Einsatz von fahrenden Beregnungsmaschinen läßt sich nicht in jeder teilbeweglichen Anlage diese Größe erreichen, weil häufig standortgegebene Restriktionen in bezug auf die verfügbare Wassermenge und die Erschließungsfläche vorhanden sind. Mit Verringerung der technologischen Einheit steigt der Bedarf an Arbeitskräften stark an und überdeckt vollkommen den unterschiedlichen Arbeitskräftebedarf hochproduktiver Verfahren.

Abgeleitet aus Bild 2 muß folgende Mindestgröße dieser Anlagen beim Einsatz hochproduktiver Maschinen gewährleistet werden:

Tafel 2. Auswertung der Parameter von Hauptberechnungsverfahren

Nr.	Berechnungsverfahren	AK/100 Berechnungs- hektar einschl. Umsetzen <sup>1)</sup>	AKh/ Berechnungs- hektar <sup>1)</sup>	ha/Ma- schine <sup>2)</sup>	opti- male Schlag- länge <sup>3)</sup> m	Betreuungs- fläche <sup>4)</sup> ha
1.	RL (positionsweise)					
1.1.		0,78	0,59	54	1200	324
1.2.		0,86	0,63	135 <sup>5)</sup>	3456	270
2.	RL (kontinuierlich)					
2.1.		0,60	0,45	85	1877	506
2.2.		0,52	0,39	89	1966	619
3.	RR 175/450					
3.1.		1,46	1,11	52	1146	155
3.2.		1,55	1,17	70	1560	140
4.	teilautomatisierte Schlauchtrommel					
4.1.		0,65	0,49	20	560	176
4.2.		0,71	0,54	36	1200	324
5.	Kreisberegnung					
5.1.		0,98	0,74	122	880	488
5.2.		0,84	0,64	122	880	732
5.3.		0,27	0,19	61	880	732

1) Berechnungstechniker plus Personal zum Umsetzen

2) im Berechnungsturnus

3)  $L_{\text{Schlag}} = 2 \text{ m V}$ 

4) Fläche zur vollen Auslastung der Arbeitskräfte beim Bedienen eines Komplexes

5) begrenzte Größe (Schlaglänge  $2 \times 1500 \text{ m}$  angenommen), ein dreimaliges Umsetzen geht nicht
$$F_B \cong F_{AK}$$
 bzw.

$$F_B \cong \frac{n}{2} F_{RL}$$

Auch wenn in einer großen Anlage ein Hauptverfahren vorherrscht, gilt für ein zweites ergänzendes Berechnungsverfahren diese Unterstellung. Arbeitsgruppen betreuen eine größere Anzahl von Maschinen, was eine größere Mindestfläche erfordert. Ein von den technischen Voraussetzungen her notwendiger Einsatz von Arbeitsgruppen zur Bedienung der Beregnungsmaschinen sollte aus diesem Grund und vor allem auch wegen einer niedrigeren Arbeitsproduktivität vermieden werden. Der Einsatz von Arbeitsgruppen ist dann effektiv, wenn dadurch Produktionsmittel ökonomischer ausgelastet werden können. Bei weitgehend automatisierten Maschinen, deren Arbeit nicht an einen festen Rhythmus gebunden ist, wie z. B. Vorschub bzw. Neuherstellung der Verbindung Hydrant-Maschine, Fahrkorrekturen usw., braucht die Auslastung der Arbeitskräfte nicht im Vordergrund zu stehen. Die Maschinen werden zusammen mit der Pumpstation je Tag nur stundenweise gewartet und kontrolliert.

### 8. Ausstattung teilbeweglicher Beregnungsanlagen mit Beregnungsmaschinen

Die Anzahl der RL muß der Fördermenge der Beregnungsanlagen entsprechen (Tafel 3). Das bestimmt unter Beachtung der jeweils vorzuschubenden oder umzusetzenden Maschinen die Mindestausstattung. Sie liegt bei Maschinen mit einer niedrigen Wasserabnahme hoch. RL mit großer Abnahme erreichen eine hohe Arbeitsproduktivität. Der überwiegende Teil der Maschinen arbeitet schlaggebunden, d. h., es erfolgt nur ein Umsetzen auf die andere Seite der Hydrantenleitung bzw. bei Kreisberegnungsmaschinen auf eine Nachbarposition. Demontieren und Transport zu einem anderen Schlag mit anschließender Neumontage entfallen.

Dreimaliges Umsetzen einer Maschine in einem Beregnungsturnus ist als Ausnahme anzusehen.

Tafel 3. Ausstattung einer teilbeweglichen Beregnungsanlage mit Beregnungsmaschinen; Förderleistung 1200 m<sup>3</sup>/h, Beregnungsfläche 1000 ha

		Wasserabnahme der RL <sup>1)</sup>			
		50 m <sup>3</sup> /h	100 m <sup>3</sup> /h	200 m <sup>3</sup> /h	
<i>Mindestausstattung an RL</i>					
an das Netz angeschl. RL	St.	24	12	6	
Mindestanzahl an RL zur Auslastung der Förderleistung <sup>2)</sup>	St.	32	16	8	
Mindestausstattung mit Rohrleitungen (ohne Schaltleitung)	m/ha	9,4	4,6	4,7	
<i>Flächenzuordnung je RL</i>					
		20 ha/ Masch.	36 ha/ Masch.	72 ha/ Masch.	
<i>Besatz an RL bei schlaggebundenem Einsatz</i>					
erforderl. Anzahl an Maschinen	St.	50	28	14	
durchschn. Besatz an Rohrleitungen	m/ha	14,7	8,1	8,2	
<i>rel. Besatz an Rohrleitungen bei schlaggebundenem Einsatz gegenüber Mindestausstattung an RL</i>					
		%	157	176	174

1) bei 50 m<sup>3</sup>/h und 100 m<sup>3</sup>/h Wasserabnahme Arbeitsbreite 300 m, bei 200 m<sup>3</sup>/h Wasserabnahme Arbeitsbreite 600 m2) berücksichtigt die gesamten RL, geteilt durch  $\frac{A+U}{A}$ 

bei diesen Beregnungsmaschinen entspricht das einem Faktor von 1,3

Technisch eignet sich die Konstruktion der Maschinen nur selten dafür, und auch die Standortbedingungen erlauben dies nicht immer. Der Arbeitskräftebedarf wächst erheblich. Durch den schlaggebundenen Einsatz erhöht sich gegenüber der Mindestausstattung der Bedarf an Beregnungsmaschinen ebenfalls erheblich (Tafel 3). Bei nicht schlaggebundenen Verfahren, wie z. B. der teilautomatisierten Schlauchberegnung, braucht unter Berücksichtigung von Reservematerial nur die Mindestausstattung an RL angeschafft zu werden.

### 9. Zielstellung für ökonomische und effektive Beregnungsanlagen

Die Effektivität der Beregnung hängt mehr denn je von einer hohen Arbeitsproduktivität und geringen Aufwendungen an Investitionen, Material und Energie ab. Die komplexe Berücksichtigung der Forderungen läßt sich vor allem durch eine rapide Senkung des Einspeisedrucks an den Maschinen erfüllen. Dazu müssen die mit hohem Betriebsdruck arbeitenden Regner durch neu zu entwickelnde Verteilelemente, verschiedene Düsen usw. ersetzt werden. Eine Senkung des Einspeisedrucks am Hydranten um 0,2 bis 0,3 MPa verringert die Förderhöhen an der Pumpstation um 25 bis 35%. Das ermöglicht, zukünftig den überwiegenden Teil des unterirdischen Druckrohrnetzes mit Rohren eines Nenndrucks von 0,6 MPa zu bauen und den Aufwand an Rohren in kg/ha sowie die Investitionen für das Druckrohrnetz zu senken.

Sich beim Beregnen kontinuierlich bewegende Maschinen bieten für den Einsatz neuer Verteilelemente viel bessere Einsatzchancen als positionsweise arbeitende Regnerleitungen. Neben einer umfassenden wissenschaftlichen Untersuchung neuer Verteilelemente müssen daher zukünftig vor allem kontinuierlich arbeitende Maschinen mit einer hohen Arbeitsproduktivität vorrangig Gegenstand der weiteren Entwicklung und Forschung sein. Der Bedarf an Beregnungsmaschinen (ausgedrückt in Meter Rohrleitung je Hektar) und die Investitionen lassen sich senken, wenn sehr mobile Maschinen zur Verfügung stehen, die nur eine Mindestausstattung der Anlagen mit

Regnerleitungen verlangen (Tafel 3). Je nach Maschinentyp entspricht das einer Einsparung an Investitionen von 360 bis 1000 M/ha. Einzelne Beregnungsmaschinen haben eine höhere Wasserabnahme, als die Sicherung der Zusatzwassermenge von 3,5 mm/d und Schlag verlangt. Da sich die Flächenzuordnung für eine Maschine nicht willkürlich vergrößern läßt, wären durch eine den vorhandenen Standortbedingungen angepaßte Wasserabnahme der Maschine noch Reserven in der Verringerung der Dimension der Hydrantenleitungen zu erschließen (z. B. Kreisberegnung)[3]. Viele technologische Parameter wurden ökonomisch bewertet und liegen als aus Optimierungen abgeleitete Kennzahlen vor[4]. Weitere Einsparungen an Investitionen ergeben sich aus der Substitution von kostengünstigen Baumaterialien und dem Einsatz von verbesserten Bautechnologien, die hier nicht betrachtet werden.

### 10. Zusammenfassung

Die ausgewiesenen arbeitswirtschaftlichen Berechnungen für die einzelnen Beregnungsverfahren sind in ihrer Aussage für die Praxis gesichert. Vordringlicher Gegenstand weiterer Forschungen und Entwicklungen müssen sich kontinuierlich bewegende Maschinen sein, die weniger als 0,7 AK auf 100 ha Beregnungsfläche Bedienungsaufwand benötigen und einen geringen Betriebsdruck verlangen. Dadurch sind Investitionen, Material und Energie zu sparen. Beregnungsverfahren, die sich mit geringem Aufwand zukünftig leicht automatisieren lassen, wie z. B. das Prinzip der Kreisberegnung, haben Vorteile für die Nutzer. Die teilbeweglichen Anlagen sollten möglichst eine solche Größe haben, daß produktive Maschinen mit höchster Leistung arbeiten können.

### Literatur

- [1] Kappes, R.; Schirach, F.: Arbeitsproduktivität und Ökonomik von ortsfesten und teilbeweglichen Beregnungsanlagen. Melioration und Landwirtschaftsbau (1976) H. 5, S. 223—227.
- [2] Kappes, R.: Einfluß der Gabenhöhe auf die Arbeitsproduktivität in teilbeweglichen Beregnungs-

Fortsetzung auf Seite 82

# Anforderungen an zukünftige Verfahren der Applikation von Mineraldüngern

Dr. sc. agr. W. Heymann, Institut für Düngungsforschung Leipzig—Potsdam der AdL der DDR

Das erreichte Niveau des Mineraldüngereinsatzes in der Pflanzenproduktion der DDR erfordert sowohl eine disziplinierte Einhaltung der optimalen agrotechnischen Anwendungszeitpunkten als auch eine weitere Verbesserung der Arbeitsqualität bei der Düngerapplikation, vor allem bei Stickstoffdüngern. Die Applikationsverfahren sind ferner so zu entwickeln, daß eine ausreichende Nährstoffversorgung aller Fruchtarten in den für eine hohe Ertragsbildung entscheidenden Entwicklungsstadien gewährleistet wird.

Daraus ergeben sich an die zukünftigen Verfahren der Applikation von Mineraldüngern und besonders an deren leistungsbestimmende Maschinen wesentliche Anforderungen in folgenden drei Hauptrichtungen:

- bedeutende Erhöhung der Flächenleistung
- Eignung für den Einsatz in höheren Pflanzenbeständen und Reihenkulturen
- sichere Einhaltung einer hohen Arbeitsqualität unter allen Einsatzbedingungen.

## 1. Erhöhung der Flächenleistung

Die Flächenleistung von Applikationsmaschinen der Düngung wird im wesentlichen durch folgende technologische Faktoren beeinflusst:

- Nutzmasse des Streufahrzeugs  $Q_s$  (bei Luftfahrzeugen  $Q_f$ )
- erforderliche Düngeraufwandmenge  $Q$  in kg/ha
- nutzbare Arbeitsbreite des Streuers  $b$
- Arbeitsgeschwindigkeit  $v$
- Feldgröße bzw. Feldlänge  $L$
- Transportentfernung des Düngers  $a$
- Belade- bzw. Versorgungszeit der Streufahrzeuge  $T_v$ .

Um die absolute und relative Größe der Effektivitätsbeeinflussung jedes einzelnen Faktors zu ermitteln, wurden auf der Grundlage technologischer Untersuchungen mit Düngerstreuern der DDR sowie mit dem Agrarflugzeug Z-37 aus der ČSSR Modellkalkulationen durchgeführt. Im Rahmen der gegenwärtig bzw. in naher Zukunft gegebenen Möglichkeiten wurden die einzelnen Effektivitätsbestimmenden Einflußfaktoren variiert und die damit erreichbare Veränderung der Flächenleistung (Streuleistung) in der Operativzeit  $T_{02}$  bestimmt. Nach anschließender Berechnung von Polynom-Regressionen für die Ergebnisreihen

konnten daraus die relativen Wirkungsanteile der einzelnen Faktoren abgeleitet werden. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen (Tafel 1):

- Sowohl das Wirkungs-niveau als auch die Relationen der Einflußstärke der untersuchten technologischen Faktoren sind bei Bodenmaschinen und Agrarflugzeugen unterschiedlich.
- Bei Bodenmaschinen hat die Arbeitsbreite, unmittelbar gefolgt von der Arbeitsgeschwindigkeit, den mit Abstand stärksten Einfluß auf die erzielbare Streuleistung. Beide Faktoren bestimmen zusammen rd. 60% des Leistungspotentials. Mit rd. 18% haben Veränderungen der Transportentfernung den drittstärksten Einfluß auf die Effektivität, während die Höhe der Düngeraufwandmenge und die Größe des Streufahrzeugs mit 7 bis 9% einen deutlich geringeren Wirkungsanteil aufweisen. Demgegenüber spielen die Versorgungszeit der Streufahrzeuge und die Feldlänge nur eine untergeordnete Rolle (Bild 1).
- Bei Agrarflugzeugen wird die Effektivität eindeutig an erster Stelle durch die Höhe der Düngeraufwandmenge (Wirkungsanteil rd. 33%) bestimmt. Den nächststärksten Einfluß übt die Transport- oder Anfluggentfernung zum Feld (17,6%) aus, es folgen mit je rd. 14% fast gleichrangig die Höhe der Nutzmasse des Flugzeugs und die Arbeitsbreite. Im Gegensatz zu Bodenmaschinen übt die Veränderung der Arbeitsgeschwindigkeit nur einen unbedeutenden Einfluß auf die Streuleistung aus und nimmt hier die letzte Position ein (Bild 2).

Klammert man bei einer Gesamtbetrachtung die Düngeraufwandmenge als landwirtschaftlich vorgegebene Größe aus, dann ergeben sich für die künftige Verfahrensgestaltung der Applikation in bezug auf die Leistungssteigerung folgende Anforderungen:

### 1.1. Bodenmaschinen

Bei der Weiterentwicklung von Bodenmaschinen (selbstfahrende Düngerstreuer) muß auf die optimale Kombination von größerer Arbeitsbreite und entsprechender Arbeitsgeschwindigkeit geachtet werden. Im Zusammenhang mit dem jeweiligen Applikationsprinzip sind spezielle Untersuchungen zur technischen Beherrschbarkeit und zu den Folgeproblemen, besonders zu den Beziehungen zur Applikationsqualität im Zusammenhang mit Bodenbeschaffenheit und Pflanzenbestand, erforderlich.

Verfahrenstechnologisch ergibt sich die Notwendigkeit, die Transportentfernungen z. B. durch Anlage zentraler Feldumschlagplätze zu minimieren, weil hiervon die stärksten Auswirkungen auf die künftigen Verfahrensleistungen erwartet werden können.

### 1.2. Agrarflugzeuge

Beim Einsatz von Agrarflugzeugen haben die systematische Verringerung der Anfluggentfernung vom Arbeitsflugplatz zu den Feldern sowie die weitere Vergrößerung der Arbeitsbreite den stärksten Einfluß auf die Steigerung

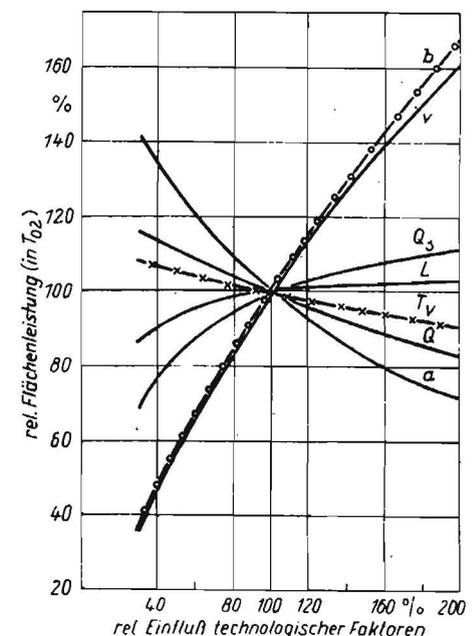
der Effektivität. Eine Reduzierung der Anfluggentfernung von 6 km auf 3 km führt z. B. bei Agrarflugzeugen mit geringer Tragfähigkeit (Z-37) zur Erhöhung der Streuleistung um 50 bis 60%, bei Agrarflugzeugen mit höherer Tragfähigkeit um 37 bis 50%.

Der starke Einfluß der Arbeitsbreite auf die Flächenleistung ist aus Bild 3 ersichtlich. So führt eine Verdopplung der nutzbaren Arbeitsbreite von 20 m (derzeitiger Stand) auf 40 m

Tafel 1. Relative Wirkungsanteile effektivitätsbestimmender Faktoren an der Steigerung der Flächenleistung (in  $T_{02}$ ) bei der Applikation von Mineraldüngern, abgeleitet aus Polynom-Regressionen

Einflußfaktor	Symbol	selbstfahrende Düngerstreuer		Agrarflugzeuge	
		Anteil %	Rangzahl	Anteil %	Rangzahl
Nutzmasse des Streufahrzeugs $Q_s$ bzw. $Q_f$	7.3	5	13.9	3	
Düngeraufwandmenge $Q$	8.6	4	33.4	1	
Arbeitsbreite $b$	30.9	1	13.7	4	
Arbeitsgeschwindigkeit $v$	28.5	2	4.7	7	
Feldlänge $L$	2.6	7	9.3	5	
Transportentfernung $a$	17.8	3	17.6	2	
Versorgungszeit $T_v$	4.3	6	7.4	6	

Bild 1. Einfluß der Veränderung technologischer Faktoren auf die Flächenleistung bei der Applikation von Mineraldüngern mit selbstfahrenden Düngerstreuern (verwendete Symbole s. Tafel 1)



Fortsetzung von Seite 81

- anlagen. Vortrag auf dem Symposium der AdL der DDR zum 30. Jahrestag der DDR, Leipzig 1979.
- [3] Kappes, R.; Tischer, H.: Zusatzwasserbedarf für die Bemessung teilbeweglicher Beregnungsanlagen. Melioration und Landwirtschaftsbau (1979) H. 7, S. 317—321.
- [4] Kappes, R.: Auswertung optimierter unterirdischer Druckrohrnetze von teilbeweglichen Beregnungsanlagen. Archiv f. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde 17 (1973) H. 9, S. 751—762.
- A 2487