

Einsatzmöglichkeiten von Schlauchberegnungsmaschinen mit Regnereinzug in der DDR

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

1. Einleitung

In der internationalen Beregnungspraxis werden vielfach hochmechanisierte Schlauchberegnungsverfahren angewendet, so z. B. in der ČSSR auf 75% und in westeuropäischen Ländern auf 40 bis 60% der Beregnungsfläche. Zur Sicherung der Erfüllung des Bewässerungsprogramms der DDR war deshalb zu prüfen, ob sich weiterentwickelte Schlauchberegnungsmaschinen auf wesentlich größerer Fläche als bisher in den Pflanzenproduktionsbetrieben der DDR anwenden lassen. Untersuchungen [1] ergaben, daß sich für die Bedingungen der intensiven Flächennutzung in der Landwirtschaft der DDR Schlauchberegnungsmaschinen mit Regnereinzug eignen. Solche Maschinen werden vom Betrieb Sigma Olomouc (ČSSR) seit etwa 20 Jahren produziert und weiterentwickelt. Aufgrund entsprechender Importe sind sie auch für die Landwirtschaftsbetriebe der DDR verfügbar.

2. Internationaler Entwicklungsstand und -trend

Von Firmen kapitalistischer Länder werden Maschinen mit PE-Schläuchen mit einem Außendurchmesser bis zu 140 mm und mit einer Länge bis zu 400 m produziert. Der überwiegende Teil (rd. 2/3) der Schlauchberegnungsmaschinen wird durch Turbinen angetrieben, etwa 1/4 verfügt über Kolben- und rd. 1/5 über Membranantriebe. Schlauchberegnungsmaschinen mit Elektroantrieb (Batterie) bedingen höhere Maschinenpreise und werden nur vereinzelt angeboten. Die neuesten Typen von Schlauchberegnungsmaschinen auf dem Weltmarkt haben ein Chassis mit Drehkranz, der das Drehen des Haspelaufbaus und damit das Beregnen einer zweiten Position ohne Umsetzen der Maschine ermöglicht.

Die eingestellte Aufhaspelgeschwindigkeit wird konstant gehalten und ermöglicht Regengabenhöhen von 10 bis 60 mm. Die Regner haben eine Vorrichtung zum Einstellen des zu beregnenden Sektors. Besonders bei großen Maschinen läuft das Regnerstativ bzw. der Regnerkarren auf eine anhebbare Transportbühne auf, wodurch das Umsetzen der Maschine vereinfacht wird. Nach der Beregnung des Flächenstreifens schalten sich die Maschinen automatisch ab. Zur Senkung des Energiebedarfs der Maschinen und zur Verringerung der Windanfälligkeit der Was-

serverteilung wurde versucht, das bisherige Regnerstativ mit Starkregner durch ein Fahrgestell zu ersetzen, das beidseitig Rohrkonsolen und Schwachregner oder Düsen trägt [2, 3]. Neue Detaillösungen in der ČSSR senken den Aufwand für das Abhaspeln des Schlauches. Eine Teilautomatisierung des Maschineneinsatzes mit selbständigem An- und Abkuppeln am Hydranten erscheint möglich [3].

3. Beurteilung und technische Kennwerte der Maschinen

Im Obst- und Gemüsebau der DDR befinden sich seit über 10 Jahren Sigma-Maschinen PP67 im Einsatz. Die technische Leistungsfähigkeit, der Arbeitszeitbedarf und die Zuverlässigkeit dieses Maschinentyps entsprachen anfangs den Anforderungen der Praxis nur unvollkommen. Die neuen Maschinen PZ-67T, PZ-75T, Odra-7528 (weiterentwickelte PZ-75T) und PZT-90T wurden durch konstruktive Umgestaltung entsprechend dem internationalen Entwicklungstrend erheblich verbessert. Die Schlauchberegnungsmaschine PZT-90T (Schlauchdurchmesser 90 mm) kann aber erst nach erfolgter staatlicher Eignungsprüfung durch die Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim in die DDR importiert werden. Aus der Sicht der Produktionsbedingungen in der sozialistischen Landwirtschaft der DDR sind in Tafel 1 die hauptsächlichsten Vorzüge und Nachteile dieser Maschinen aufgeführt. Die im Hinblick auf die Leistung wichtigsten technischen Parameter (Tafel 2) sind die Maße des PE-Schlauches auf der Haspel. Seine Länge wird durch die Zugfestigkeit des PE-Materials und die Verformungsfestigkeit der ersten Schlauchlagen auf der Haspel begrenzt [5]. Solche Verformungen des kreisförmigen Querschnitts des PE-Schlauches können nach mehrjährigem Einsatz, besonders bei hohen Reibungswiderständen im

Tafel 1. Hauptvorzüge und -nachteile des Schlauchberegnungsverfahrens mit Regnereinzug

Vorzüge	Nachteile
hohe Anpassungsmöglichkeiten an Flächen-größe und -form (Flurmeliorationen kaum erforderlich)	hoher Investitionsmit-telbedarf
Eignung für Restflächen-erschließung	hoher Energiebedarf
Eignung für hochwach-sende weitreihige Kultu-ren, speziell geeignet für Baumobst und Weidekop-peln	Pflanzenbestände müs-sen mit Traktoren be-fahren werden; be-dingte Eignung für eng-reihige Fruchtarten
hohe Mobilität der Maschinen (nicht alle Be-regnungsschläge müssen mit Maschinen ausgestat-tet werden)	hohe Ansprüche an sorgfältige Bedienung und Wartung; häufig relativ hoher Reparatur-aufwand
Möglichkeit des aufsicht-losen Nachtbetriebs	
vorteilhafte Ergänzungstechnologie für andere Beregnungsverfahren	
Höhe der Einzelgabe be-influßt nicht die Größe der technologischen Ein-heit	

Fortsetzung von Seite 62

Eine konstante, nicht regulierbare Schleuderscheibendrehzahl erweist sich als Nachteil, da ausgehend vom auszubringenden Stickstoffdünger spezifische Anforderungen zu erfüllen sind.

Literatur

- [1] Hannusch, L.: Die funktionelle Überprüfung der LKW-Streuaufsätze D035 und D032/N. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 9, S. 390-391.
- [2] Hannusch, L.; Viehweg, A.: Einflußfaktoren auf Arbeitsqualität und Leistung bei der Mineraldüngung. agrartechnik, Berlin 37 (1987) 1, S. 12-13.
- [3] Bedienanweisung zum LKW-Streuaufsatz D035 zur Ausbringung von Harnstoff und anderen Stickstoffdüngemitteln. Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Landmaschinenbau Güstrow, 1978.
- [4] TGL 33738 Gütevorschriften für Arbeiten der Pflanzenproduktion. Ausg. Februar 1984.
- [5] TGL 24630/01, 02 Landtechnische Arbeitsmittel, Prüfvorschriften Mineraldüngerstreuer. Ausg. Juli 1981. A 5023

Tafel 2. Ausgewählte technische Parameter der Sigma-Maschinen (s. a. Arbeitsblatt Projekt 26/04 [4])

Parameter	Beregnungsmaschine			
	PP-67	PZ-67 T	PZ-75 T	PZT-90 T
PE-Schlauch				
Durchmesser	mm	76 × 6,0	67 × 4,2	75 × 5
Länge	m	240	275	285
Anschlußschlauch	m	20	20	20
...60				289...325
Regner				...60
Typ		PV-2	SP*	SP
Düsendurchmesser	mm	8,5/13	18 und 20	20 und 22
Wurfweite	m	20...21	27...36	27...36
38...49				38...49
Masse der Maschine mit wassergefülltem Schlauch	kg	rd. 2 020	rd. 1 940	rd. 2 170
Druckverlust bis PE-Schlauchende	MPa	0,20...0,31	0,27...0,43	0,30...0,43
Antrieb der Haspel		Hydromotor ¹⁾	Turbine	Turbine
Wasserdurchsatz	m ³ /h	17,4...20,0	21,2...27,4	25,8...31,5
Aufhaspelgeschwindigkeit	m/min	0,20...0,40	0,12...0,40	0,12...0,40
Beregnungsfläche je Position				
Länge	m	250	290	300
Breite	m	30	48	50
Größe	ha	0,75	1,4	1,5
2,0				2,0

1) Brauchwasseranfall 1,0 bis 1,2 m³/h

Pflanzenbestand (z. B. über 7 kN in einem Knaulgrasbestand), auftreten. Für die Berechnung in der DDR genügen Schlauchlängen von 275 bis 350 m. An den Druckverlusten zwischen Maschineneingang und PE-Schlauchende ist die Turbine i. allg. mit 60 kPa beteiligt [6]. Im wesentlichen resultiert die Wasserdruckminderung aus den Reibungsverlusten im PE-Schlauch (0,1 bis 0,15 MPa je 100 m Schlauch), die für den hohen Energiebedarf dieses Berechnungsverfahrens ausschlaggebend sind. Zur Senkung des Energiebedarfs sind deshalb technische Lösungen entwickelt worden, die zur Wasserverteilung Auslegerwagen mit kleineren Regnern oder Düsen vorsehen [2, 5]. Da der Aufwand für das Umsetzen dieser Wagen, der Arbeitskräftebedarf (AK-Bedarf) und die Kosten steigen, werden solche Lösungen nur beschränkt für die Obst- und Gemüseberechnung angewendet.

4. Einsatzeignung und -erfordernisse

Der Einsatz von Schlauchberechnungsmaschinen ist bei Geländeneigungen bis zu 10% quer zum PE-Schlauch und bis zu $\pm 5\%$ in Richtung des ausgelegten PE-Schlauches möglich. Flächen mit höheren Geländeneigungen in Schlauchrichtung können in Ausnahmefällen durch kürzere Arbeitsbreiten (Streifenlängen) erschlossen werden. Auf abflußgefährdeten Teilflächen ist zu beachten, daß sich durch Benutzung der Regnersektorschaltung die Regendichte von ≤ 12 mm/h (bei Vollkreisberechnung) auf über 24 mm/h erhöhen kann. Schlauchberechnungsmaschinen sind mit Einschränkungen in allen landwirtschaftlichen Fruchtarten einsetzbar. Die Einsatzbeschränkungen ergeben sich in engereihigen geschlossenen Pflanzenbeständen (hohe Bestandesschäden auf 3,5 bis 5% der Fläche durch das Befahren mit dem Umsetztraktor) bzw. durch die Bestandeshöhe (begrenzte Bodenfreiheit von Regnerstativ und Umsetztraktor). In der ČSSR werden deshalb die Maschinen im Getreide nach dem Ährenschieben meist nicht mehr eingesetzt. Im Mais sind ab einer Bestandeshöhe von etwa 1 m Schneisen erforderlich, und der Regner ist auf das lieferbare Aufsatzrohr (Länge 0,8 m) zu setzen [7]. Als Anlagentyp ist für den Einsatz von Schlauchberechnungsmaschinen grundsätzlich nur die teilbewegliche Berechnungsanlage geeignet, wobei eine große Anpassungsmöglichkeit an die Größe der Schläge und an die Größe der gesamten Erschließungsfläche besteht. Aus Gründen des Material- und Kostenaufwands kann das ortsfeste Grundrohrnetz nur für einen Nenndruck von maximal 1,0 MPa ausgelegt werden. Häufig ist hiermit auf einer Fläche von rd. 450 ha an den Hydranten ein Wasserdruck von 0,7 MPa gewährleistet. Soll an den Hydranten ein Wasserdruck von 0,8 MPa verfügbar sein, reduziert sich die mit einer Pumpstation erschließbare Fläche auf etwa ein Drittel.

Für das rationelle Arbeiten mit den Maschinen ist ein Hydrantenabstand am günstigsten, der der Breite des berechneten Streifens entspricht.

Das Umsetzen bei Dunkelheit setzt große Arbeitserfahrung, einen einwandfreien technischen Zustand der Maschinen und sehr gute Ortskenntnisse voraus und ist als Ausnahme anzusehen. Für die Einsatzvorbereitung von Schlauchberechnungsmaschinen in der DDR ist das Arbeitsblatt Projekt 26/04 [4] verbindlich.

Tafel 3. Vergleich mittlerer Aufwands- und Leistungskennwerte (Berechnungsturnus 8 d, Gabenhöhe 25 mm)

Kennwerte	Berechnungsmaschine		
	RR 125/300 V ¹⁾	PZ-75 T	PZT-90 T
Maschinenbedienung	AK 1	2	2
Anzahl der bedienten Maschinen	St. 3	11	11
Flächenleistung je AK und Schicht	ha 7,8	7,8	9,8
AK-Bedarf für die Bedienung	AK/100 ha 2,19	1,71	1,38
Wassermengenleistung	m ³ /AKh 179	196	242
Berechnungsfläche je Maschine	ha 32	15	20
Energiebedarf am Hydranten	W/m ³ Wasser 180	321	342
Investitionsbedarf für die Berechnungsmaschine einschließlich Traktor	M/ha 733	2 000	2 000

1) Rollregneranlage

5. Aufwands- und Leistungskennwerte

Die Höhe der Regengabe wird bei Schlauchberechnungsmaschinen über die Wahl der Aufhaspelgeschwindigkeit eingestellt (möglicher Einstellbereich s. Tafel 2). Die Aufhaspelgeschwindigkeit kann überschlägig wie folgt berechnet werden:

$$v_H = \frac{1000 Q_{SBM}}{V G} \quad (1)$$

v_H Aufhaspelgeschwindigkeit in m/h
 Q_{SBM} Wasserabnahme der Schlauchberechnungsmaschine in m³/h
 V Vorschubmaß (Streifenbreite) in m
 G Gabenhöhe in mm.

In Abhängigkeit von der jeweiligen Länge des berechneten Streifens ist dann der Zeitbedarf für die Berechnung des Streifens:

$$A = \frac{AB}{v_H} \text{ oder } A = \frac{V AB G}{1000 Q_{SBM}} \quad (2)$$

A Aufstelldauer der Schlauchberechnungsmaschine für eine vorgegebene Gabenhöhe in h

AB Arbeitsbreite (technische Länge des abgehaspelten Schlauches plus halbes Vorschubmaß) in m.

Für die in der DDR meist erforderlichen Regengabenhöhen von 25 bis 35 mm beträgt die Aufstelldauer der Schlauchberechnungsmaschinen bei maximaler Streifenlänge und mittlerem Wasserdruck am Maschineneingang 10 bis 20 h (s. a. Tafel 2). Die Arbeitsorganisation beim Einsatz von Schlauchberechnungsmaschinen entspricht unter den Einsatzbedingungen der sozialistischen Landwirtschaft dem Prinzip der Mehrmaschinenbedienung.

Die Flächenleistung einer Arbeitskraft oder Arbeitsgruppe berechnet sich nach Standard TGL 39 477/01 [8] (Tafel 3). In der DDR werden Schlauchberechnungsmaschinen gegenwärtig vornehmlich von Arbeitsgruppen bedient, d. h. ein Traktorist und eine Hilfskraft setzen bei Feldfrüchten entsprechend der täglichen effektiven Schichtarbeitszeit von 7,5 bis 8,5 h 11 bis 13 Schlauchberechnungsmaschinen um, wobei die oberen Werte einer 10-Stunden-Schicht entsprechen. Arbeitsgruppen verursachen einen um 40% höheren AK-Bedarf als die Einmannbedienung und haben aus folgenden Gründen eine Berechtigung:

- Bei Arbeitsgruppen wird der Umsetztraktor besser genutzt, d. h. bei Einmannbedienung müssen demgegenüber im Mittel 35% mehr Traktorenstunden aufgewendet werden (höherer DK-Bedarf/ha).
- Nur einzelne Fabrikate von Schlauchberechnungsmaschinen sind technisch konsequent für die Erfordernisse der Ein-

mannbedienung unter Dauerbelastungsbedingungen eingerichtet.

Aus technologischen Gründen ist unbedingt zu fordern, Schlauchberechnungsmaschinen mit einem Schlauchdurchmesser bis 90 mm ohne Kompromisse unter Dauerbelastungsbedingungen für die Einmannbedienung zu konstruieren.

Schlauchberechnungsmaschinen mit einem Schlauchdurchmesser von 125 mm und 140 mm erreichen einen Wasserdurchsatz von 114 bzw. 160 m³/h und müssen zweimal je Tag und bei Tageslicht umgesetzt werden. Dies bereitet bei der Bedienung von 1 bis 3 Maschinen keine Schwierigkeiten. Bei einer größeren Anzahl von Schlauchberechnungsmaschinen, die annähernd einer technologischen Einheit entspricht, kann nach durchgeführten arbeitswirtschaftlichen Berechnungen die Aufstelldauer nur 7,5 bis 8,5 h betragen.

Nach Gl. (2) ergibt sich aus der relativ kurzen Aufstelldauer eine hohe Wasserabnahme der Schlauchberechnungsmaschinen.

Das zweimalige Umsetzen erhöht die Flächenleistung der Bedienkräfte nicht.

Ein Maschinenkomplex von Schlauchberechnungsmaschinen mit größerer Wasserabnahme (Nennweite des PE-Schlauches ≥ 110 mm) läßt sich nicht so universell einsetzen, wie das die technischen Parameter der einzelnen Maschine versprechen. Die Investitionsvorbereitung und der Einsatz eines solchen Maschinenkomplexes müssen daher sehr sorgfältig geplant werden, da sich an nur ein bis zwei Schlauchberechnungsmaschinen diese Probleme nicht erkennen lassen.

6. Technologischer Vergleich von Schlauchberechnungsmaschinen mit Rollregneranlagen

Tafel 3 zeigt den Vergleich von Schlauchberechnungsmaschinen mit Regnerinzug aus der ČSSR mit Rollregneranlagen. Die Flächenleistungen von RR 125/300 V und PZ-75T liegen gleich hoch, der AK-Bedarf ist bei der RR 125/300 V durch das Ausrichten und den größeren Umsetzaufwand höher. Der AK-Bedarf der Schlauchberechnungsmaschinen bezieht sich auf die Feldberechnung, da die Obst-, Gemüse- und Restflächenberechnung einen höheren Aufwand verlangt. Der Investitionsbedarf (einschließlich Traktor) und der Wasserdruckbedarf liegen bei Schlauchberechnungsmaschinen höher als bei Rollregneranlagen. Höhere Drücke bedingen im Mittel der Anlagen größere Aufwendungen für das unterirdische Druckrohrnetz, die sich wegen der Vielfalt der Einflußgrößen nicht allgemein bewerten ließen.

7. Schlußfolgerungen

- Schlauchberegnungsmaschinen mit Regnereinzug haben sich für spezifische Einsatzbedingungen in der DDR bewährt und ergänzen in notwendiger Weise das Angebot an Beregnungsmaschinen.
 - Spezifische Einsatzvorteile haben Schlauchberegnungsmaschinen im Obst- und Gemüsebau und zukünftig in neuen teilbeweglichen Beregnungsanlagen mit einem hohen Anteil an unregelmäßig begrenzten Schlägen mit Flurhindernissen auf der Erschließungsfläche oder mit nur kleiner Erschließungsfläche.
 - Im Arbeitskräftebedarf, in der Flächen- und Wassermengenleistung je AKh sind Schlauchberegnungsmaschinen mit anderen Maschinen zur Großflächenberegnung vergleichbar, wobei jedoch der Investitionsmittel- und Energiebedarf wesentlich höher sind.
 - Der Bedienkomfort, die Zuverlässigkeit und die Qualität der Wasserausbringung der Schlauchberegnungsmaschinen werden international durch die Verwendung mikroelektronischer Bauelemente weiter erhöht.
- Die Sigma-Maschinen der Baureihe PZ sind gegenüber den alten Maschinen

PP-67 wesentlich leistungsfähiger. Die Weiterentwicklung sollte die Gewährleistung der Einmannbedienung unter Dauerbelastungsbedingungen, die Verbesserung der Qualität der Schläuche mit einer technischen Länge bis zu 350 m sowie die Senkung des Betriebsdrucks und der Ausfallquote berücksichtigen.

- Die Einsatzvorbereitung von Schlauchberegnungsmaschinen verlangt wegen der hohen Druckanforderungen Variantenvergleiche für die Kosten des unterirdischen Druckrohrnetzes und bezüglich des Energiebedarfs. Für einen effektiven Betrieb von Maschinenkomplexen mit großer Wasserabnahme (Schlauchdurchmesser ≥ 90 mm) müssen zusätzlich spezielle technologisch-arbeitswirtschaftliche Berechnungen durchgeführt werden.
- Aufgrund der ungünstiger werdenden Standortbedingungen bei neu zu erschließenden Beregnungsflächen steigen die Einsatzmöglichkeiten für Schlauchberegnungsmaschinen mit Regnereinzug vor allem für kleinere und mittlere teilbewegliche Beregnungsanlagen. Ihr entsprechender Erschließungsflächenanteil wird voraussichtlich 20 % erreichen. Für Vorhaben zur Rekonstruktion vorhandener Beregnungsanlagen bleiben wegen des hohen Druckbedarfs von Schlauchberegnungsmaschinen die Einsatzmöglichkeiten gering.

Literatur

- [1] Kappes, R.: Einsatzmöglichkeiten von Schlauchberegnungsmaschinen zur Sicherung des Bewässerungsprogrammes 1986-1990. Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Studie 1986 (unveröffentlicht).
- [2] Sourell, H.; Schön, H.: Beregnungsverfahren, wasser- und energiesparend. Landtechnik, Lehre 38 (1983) 9, S. 356-361.
- [3] Voigt, D.: Weiterentwicklung der Technik und Technologie der Gemüseberegnung. Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim, Studie 1984.
- [4] Bemessung und Einsatz von Schlauchberegnungsmaschinen der Typen PZ-67T und PZ-75T. VEB Ingenieurbüro für Meliorationen Bad Freienwalde, Arbeitsblatt Projekt 26/04, 1987.
- [5] Sindt, P.: Technische Daten von Feldberegnungsmaschinen. Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft Kiel, RKL-Schrift 1977.
- [6] Haß, W.: Prüfberichte Nr. 715, 866 und 865. Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim 1975, 1981.
- [7] Steinkopf, H.: Beregnung in der ZBE Werneuchen. Persönliche Mitteilungen 1986.
- [8] TGL 39477/01 Verfahren der Pflanzenproduktion; Beregnung; Arbeitswirtschaftliche Grundlagen. Ausg. 1983 A 5140

Erhöhung der Wurfweite des Drehstrahlregners U64

Dipl.-Ing. O. Dietrich, KDT/Dr. agr. H. Balla, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR
Ing. M. Schwartze, KDT, VEB MAW-Armaturenwerk Herzberg

1. Einleitung

In der DDR werden auf rd. 78 % der Beregnungsfläche Mittelstrahlregner U64 eingesetzt. Sie kommen zum überwiegenden Teil auf rollbaren Regnerleitungen im Regnerverband von 22 m x 30 m zum Einsatz. Daraus ergibt sich eine erforderliche Wurfweite von rd. 24 m, um eine Überdeckung der Vorschubpositionen mit einer ausreichenden Verteilungsqualität des Niederschlags zu gewährleisten. Diese Forderung wird von den Regnern U64 seit längerem nicht mehr ausreichend erfüllt, wobei der internationale Vergleich zeigt, daß mit Regnern der Größenklasse des U64 die geforderte Wurfweite bei einem Druck von 0,30 MPa erzielbar ist. Deshalb bestand die Aufgabe, Möglichkeiten für die Verbesserung der Wurfweite durch kurz- bzw. mittelfristige Maßnahmen zu erarbeiten. Dabei war zu berücksichtigen, daß für diese Maßnahmen keine Veränderungen an den Spritzgießwerkzeugen vorgenommen werden können. Aus der Vielzahl der Leistungsfähigkeit von Regnern beeinflussenden Faktoren [1, 2, 3] sollen im vorliegenden Beitrag die Leistungsreserven im Antriebssystem, bestehend aus Schlaghebel und Drehfeder, ermittelt und technische Lösungen zur Erhöhung der Wurfweite abgeleitet werden.

2. Durchgeführte Untersuchungen

Für die Untersuchungen wurden Regner U64 aus der laufenden Serienproduktion des VEB MAW-Armaturenwerk Herzberg mit entgratetem Wasserdurchlauf verwendet. Aus einer Stichprobe von 12 Regnern wurde für

die Untersuchungen am Antriebssystem ein Regner mit mittleren Parametern ausgewählt, an dem Experimente zur Ermittlung des Einflusses der Drehfedern auf die Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Wurfweite erfolgten. Die Drehfedern unterscheiden sich hinsichtlich der Windungszahl und des Drahtdurchmessers. Der Drahtdurchmesser variierte zwischen 1,4 und 2,0 mm in Stufen von 0,2 mm, und die Windungszahl betrug 11,5, 13 bzw. 18 Windungen. Je Federgröße standen drei Federn zur Verfügung, von denen die mit den mittleren Parametern für die weiteren Versuche ausgewählt wurde. Die Auswahl der mittleren Feder erfolgte nach der Bestimmung der Federkraft mit Hilfe eines Federkraftmessers. Die Untersuchung der Drehstrahlregner wurde auf einem Segment der rollbaren Regnerleitung RR 125/300 bei Windstille ($v_w < 0,5$ m/s) durchgeführt. Zum Einsatz kam eine Düse mit einem Durchmesser von 11,8 mm, da sie in der Praxis am häufigsten angewendet wird. Die Umdrehungszeit wurde mit Stoppuhr gemessen. Als Wurfweite galt der Abstand zwischen dem Regner und dem Hellmann-Regenmesser, in dem eine mittlere Regenintensität von 0,5 mm/h gemessen wurde.

Zur Ermittlung des Einflusses der Umdrehungsgeschwindigkeit des Regners auf seine Wurfweite wurde mit den experimentell ermittelten Werten die Regressionsanalyse durchgeführt. Dabei wurden die vier folgenden verschiedenen Regressionsansätze verwendet:

$$y = ax + b \quad y = a \ln x + b$$

$$y = b e^{ax} \quad y = b x^a$$

3. Ergebnisse

Der mittlere Düsendurchmesser betrug 11,76 mm bei einem Variationskoeffizienten von 0,07 %. Die daraus resultierende geringe Streuung des Volumenstroms mit einem Variationskoeffizienten von rd. 2,5 % befindet sich im Bereich der Meßgenauigkeiten (Tafel 1).

Die mittlere Federspannung der 12 Versuchsregner (Drehfeder mit einem Drahtdurchmesser von 2,0 mm und 13 Windungen) betrug 1,4 N. Als Federvorspannung der Drehfeder gilt die Kraft, die für die Auslenkung des Schlaghebels um 90° bei einer Hebelarmlänge von 165 mm benötigt wird. Obwohl die Vorspannung jeder Drehfeder so genau wie möglich auf diesen mittleren Wert von 1,4 N eingestellt wurde, lag der Variationskoeffizient der Federvorspannung bei 14 %. Eine genauere Einstellung ist nicht möglich, da die Drehfeder je Einstellraster

Tafel 1. Mittlerer Durchsatz der 12 untersuchten Regner U64 bei einem Düsendurchmesser von 11,8 mm und verschiedenen Betriebsdrücken

Druck MPa	mittlerer Durchsatz m ³ /h	Standard- abweichung m ³ /h	Variations- koeffizient %
0,15	5,31	0,14	2,66
0,20	6,16	0,12	1,88
0,25	6,92	0,24	3,54
0,30	7,68	0,17	2,20
0,35	8,31	0,19	2,32
0,40	8,91	0,22	2,48