

Gummiteil (Verdränger) in der Pumpe zu vermeiden, sollten keine spitzen oder scharfen Gegenstände dabei verwendet werden. Am besten eignet sich hierzu Fitwasser oder Talkum. Als Konservierungsmittel sind Talkum bzw. säurefreies Fett zu verwenden.

### Vorbereitung auf die Erntesaison

In Vorbereitung auf die Erntesaison sollte von allen Anwenderbetrieben rechtzeitig die Funktionstüchtigkeit der konservierten Baugruppen überprüft werden, besonders trifft das für die Förderpumpe zu. Der VEB KfL Rügen stellt im Bedarfsfall Kapazität für die Prüfung und Instandsetzung der Pumpen zur Verfügung. Eine mehrmalige Spülung der Vorratsbehälter mit Wasser vor dem Einsatz sollte auch dann vorgenommen werden, wenn im Herbst eine gute Abstimmung und Konservierung erfolgte. Erstanwender soll-

ten sich unbedingt an den in den einzelnen Bezirken stattfindenden Anwenderseminaren beteiligen. Vor dem Einsatz sind alle am Erntekomplex beteiligten Personen mit den Bedien- und Anwendungsvorschriften vertraut zu machen. Die notwendige Arbeitsschutzbekleidung ist bereitzustellen.

### Zusammenfassung

Der gegenwärtige Stand der Technik für die Applikation von flüssigen Siliermitteln auf Feldhäckslern in der DDR und die vorgesehene technische Weiterentwicklung werden dargestellt. Die gegebenen Einsatzhinweise bilden eine wesentliche Voraussetzung für eine störungsarme und effektive Siliermittelapplikation in der Praxis mit der vorhandenen Applikationstechnik.

### Literatur

[1] Weißbach, F., u. a.: Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des Verfahrens der Welksilagepro-

- duktion durch den Einsatz von Siliermitteln. *Feldwirtschaft*, Berlin 27 (1986) 4, S. 160–166.
- [2] Weißbach, F., u. a.: Verkürztes Welken kombiniert mit dem Einsatz von Siliermitteln – geringeres Witterungsrisiko bei der Welksilageproduktion. *Agrarwissenschaftliche Gesellschaft der DDR, Bezirksverband Rostock, Broschüre* 1987.
- [3] Weißbach, F., u. a.: Bessere Grassilagen – eine Forderung von entscheidender volkswirtschaftlicher Bedeutung. *Tierzucht*, Berlin 42 (1988) 2, S. 55–59.
- [4] Scherbarth, L.; Köhler, E.: Erfahrungen mit dem Einsatz eines Applikationsgerätes für flüssige Siliermittel am Feldhäcksler E280. *Feldwirtschaft*, Berlin 26 (1985) 4, S. 167–169.
- [5] Scherbarth, L., u. a.: Erfahrungen mit dem Einsatz eines Applikationsgerätes für flüssige Siliermittel am Feldhäcksler E280. *Feldwirtschaft*, Berlin 27 (1986) 4, S. 167–169.
- [6] Pneumatisches Ausbringen von flüssigen Siliermitteln im „E280“. *Wir machen es so*, Leipzig (1988) 8, S. 129.

A 5583

# Zur Bestimmung des Bedeckungsgrades von Tropfenniederschlägen auf Halmgut

Dr.-Ing. G. Wartenberg, Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR

### Verwendete Formelzeichen

$A_{\text{bed}}$	$\text{m}^2$	tropfenbedeckte Strohoberfläche
$B_A$	%	Bedeckungsgrad
$d_T$	$\mu\text{m}$	Tropfendurchmesser
$I_f$	$\mu\text{A}$	Fotostrom
$\dot{m}_S$	$\text{t/h}$	Massedurchsatz Stroh
$p_D$	$\text{MPa}$	Druck an der Düse
$s\%$	%	Variationskoeffizient
$V_s$	$\text{l/t}$	spezifisches Aufwandsvolumen

### 1. Problemstellung

Flüssige Silier- und Aufschlußmittel werden in der Landwirtschaft bereits seit mehr als einem Jahrzehnt großtechnisch angewendet. Die Analyse von Silier- und Aufschlußergebnissen aus der Praxis läßt jedoch häufig Qualitätsabweichungen erkennen, deren Ursachen in komplex wirkenden Dosier- und Bedienfehlern zu suchen sind. So bestätigen zum Beispiel bei der Silierung von feuchtem Stroh gewonnene Praxiserfahrungen nicht die Annahme, daß inhomogen verteilter Harnstoff im Halmgut über das entstehende gasförmige Ammoniak umverteilt wird.

Aus landtechnischer Sicht ist bei der Zusammenführung von Halmgut und Flüssigkeit ohne die Anwendung von Meß- und Regelungseinrichtungen ein großer Dosierfehler zu erwarten, da beide Stoffströme unabhängigen stochastischen Schwankungen unterliegen. Die Arbeitsqualität der Flüssigkeitsapplikation stützt sich im wesentlichen auf folgende technisch zu beeinflussende Faktoren:

#### – Dosiergenauigkeit

Sie beinhaltet die Annäherung der realen Masseströme über einen längeren Zeitraum an den Sollwert entsprechend der biowissenschaftlichen Vorgabe [1]. Voraussetzung für die technische Realisierung ist die Gewinnung eines Masse-

stromsignals, nach dem die Flüssigkeitszugabe geregelt wird. Die Kontrolle des Prozeßablaufs kann durch Homogenitätsuntersuchungen erfolgen.

#### – Verteilgenauigkeit

Sie ist ein Maß für die Verteilung des Wirkstoffs im Haufwerk und auf der Pflanzenoberfläche. Relevante Einflußgrößen der Flüssigkeitsverteilung sind Viskosität, Dichte und Oberflächenspannung der Flüssigkeit, Durchmesser, Anzahl und Abstand der Düsen sowie Druck und Volumendurchsatz des Applikators.

Daraus wird ersichtlich, daß die Bestimmung der Mikroverteilung auf der Pflanzenoberfläche als Regelgröße für die Beeinflussung der Applikationsqualität große Bedeutung erlangt.

Es fehlt jedoch ein spezifisches Meßverfahren, das die benetzte Pflanzenoberfläche direkt auf dem Halm erfaßt. Die Meßwertgewinnung auf Futterstoffoberflächen ist kompliziert und gekennzeichnet durch

– geringe Flächenausdehnung der Einzelteilchen

– zylindrische Oberflächenform bei der Mehrheit aller Einzelteilchen

– unterschiedliches Lichtabsorptionsverhalten

– zerklüftetes Mikrorelief

– hohen Deformationswiderstand der Halmteile

– heterogene, grobe Haufwerksstruktur

– große Meßwertstreuung am Einzelteilchen.

Deshalb ergibt sich für die Bedeckungsgradmessung auf Halmgut die Forderung nach einer großen Untersuchungsfläche zur Einengung der Streuung des Anzeigewerts.

### 2. Meßverfahren

Ein geeignetes Meßverfahren zur Ermittlung der Chemikalienverteilung ist die Bestimmung des tropfenbedeckten Anteils der Pflanzenoberfläche. Daraus resultiert ein Flächenbedeckungsgrad  $B_A$ , der den relativen Anteil flüssigkeitsbedeckter Fläche zur gesamten Pflanzenoberfläche kennzeichnet.

Die Ausbreitung des Tropfenniederschlags wird neben den o. g. Faktoren auch von verschiedenen Stoffeigenschaften der Pflanzenteile, u. a. der Wachsschicht, Mikrostruktur sowie der absoluten Größe und Anordnung von Pflanzenteilen, beeinflußt. Der reale Bedeckungsgrad kann deshalb – wie Untersuchungen [2] ergaben – nur an der Originalwirkpaarung, der tropfenbedeckten Halmgutoberfläche, ermittelt werden. Ein geeignetes Meßprinzip ist die fotooptische Erfassung des von der bespritzten Halmgutoberfläche reflektierten Lichts. Das setzt ein Anfärben der Spritzflüssigkeit mit lichtabsorbierenden Stoffen, wie schwarzen, wasserlöslichen Farben (z. B. Nigrosin oder Columbia 400), voraus.

Handelsübliche optische Reflexionsmeßgeräte [3, 4] sind aufgrund ihrer zu kleinen Meßfläche für die Untersuchung von Halmgut ungeeignet.

Im Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben wurde ein neues Bedeckungsgradmeßgerät entwickelt [5], das die vorliegenden komplizierten Meßbedingungen am Halmgut weitgehend berücksichtigt durch

– das Einbeziehen einer großen Teilchenanzahl bei einem Meßgang und

– das Zusammenpressen des räumlich aus-

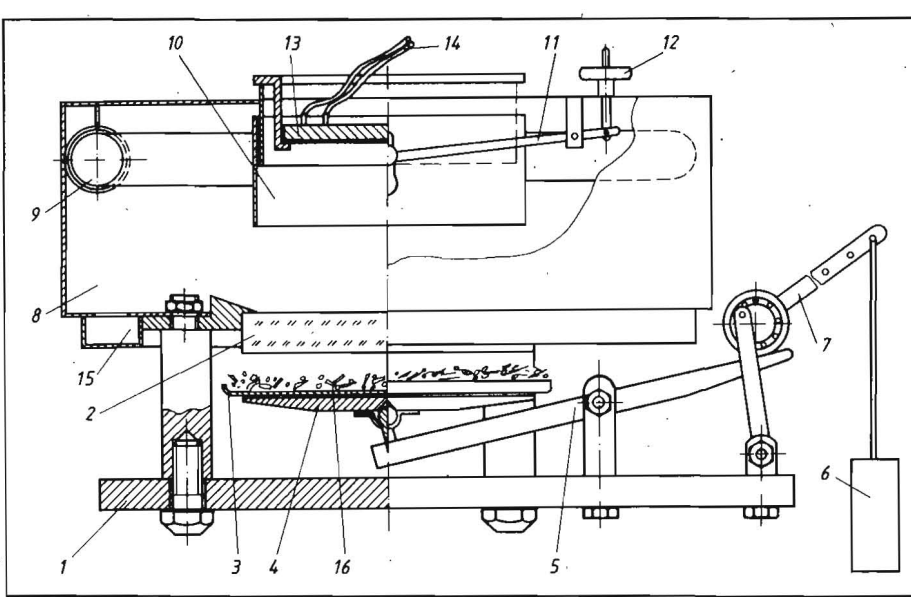


Bild 1. Prinzipdarstellung des Bedeckungsgradmeßgeräts;

1 Grundplatte; 2 planparalleler Glaskörper, 3 Probenschale mit Meßgut, 4 Druckplatte, 5 Hebel für Kraftübertragung, 6 Massestück, 7 Exzenter-Schnellspannhebel, 8 Lichtgehäuse, 9 ringförmige Lichtquelle, 10 verstellbarer Abblendschacht, 11 Halterung für Abblendschacht, 12 Feineinstellung für Abblendschacht, 13 Se-Fotозelle, 14 Kabelanschluß für Fotostrom, 15 Kühlluftkanal, 16 Meßgut

gedehnten Probenhaufwerks zu einem Halmgutblock mit ebener Probenoberfläche.

Das optische Meßprinzip entspricht bekannten Lösungen der Lichtreflexionsmessung. Das Bedeckungsgradmeßgerät (Bild 1) besteht aus einer massiven Grundplatte 1, in die eine planparallele lichtdurchlässige Scheibe 2 eingelassen ist. Eine stoffartenabhängige Kraft preßt das auf einem Probenhalter befindliche Halmguthaufwerk 16 mit Hilfe einer gelenkig befestigten Druckplatte 4 und Waagebalken 5 flächig gegen die lichtdurchlässige Scheibe. Auf die 80 cm<sup>2</sup> große Probenoberfläche gelangt von rund um die Meßfläche angeordneten Lampen 9 ein Lichtstrom, dessen Stärke durch Streuung und Reflexion vermindert ist. Die Selen-Fotозelle 13 am Ende eines Abblendschachtes 10 über der Probe empfängt den Anteil des nicht durch Absorption eliminierten Lichtstroms. Die Verstellung des Abblendschachtes 10 bewirkt den Abgleich des auf die Probe einfallenden Lichts.

Durch das Zusammenpressen der Halmgutteilchen entsteht eine quasilplane Meßfläche. Dabei bleibt die zufällige Anordnung der Einzelteilchen erhalten. Damit wird auch die Fehlprojektion der flüssigkeitsbedeckten Tropfenhaftfläche auf runden Halmoberflächen aufgehoben.

### 3. Meßvorgang

Das registrierte Signal von der behandelten Probe ist ein relativer Wert, der im Verhältnis zur Meßbereichspreizung zwischen dem Nullwert des unbehandelten Halmguts und einer völlig bedeckten Pflanzenoberfläche liegt. Nullwertmessungen sind immer dann erforderlich, wenn das Halmgut durch Witterungs-, Wachstums- und Bearbeitungseinflüsse veränderte Reflexionseigenschaften aufweist.

Der Absorptionswert ist ein normalverteiltes Merkmal. Versuche mit Roggenstroh ergeben bei  $\geq 50$  Messungen einen gut gesicherten Mittelwert. Je Meßstelle führen 3 bis 5 Einzelergebnisse in Abhängigkeit von der

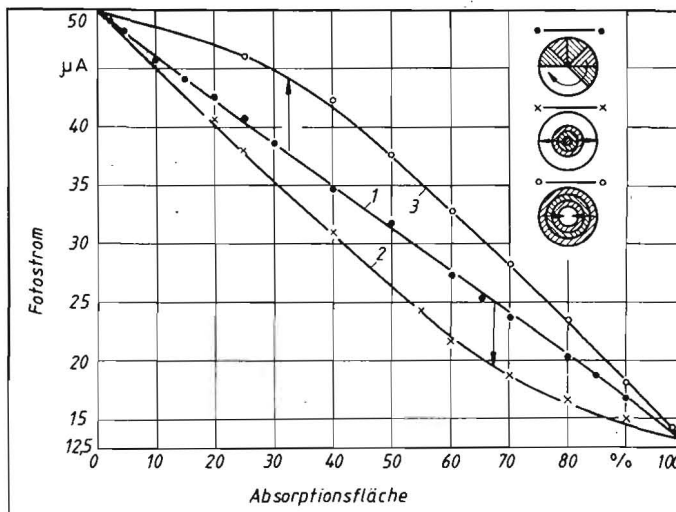


Bild 2  
Reflexionsverhalten der Probenoberfläche des Bedeckungsgradmeßgeräts;  
1 Kreissegmente umlaufend zunehmend, 2 Kreisflächen zum Umfang zunehmend, 3 Kreisringflächen zum Mittelpunkt zunehmend

Streuung des Bedeckungsgrades auf den Einzelteilchen zu brauchbaren Meßwerten. Zur Eliminierung einer geräteabhängigen Meßwertdrift werden Kalibriernormale mit bekannten und konstanten Lichtabsorptionswerten verwendet. Die Häufigkeit ihres Einsatzes hängt von der Stromversorgung des Meßgeräts, der Alterung der Lichtquelle, dem Verstaubungsgrad und der Temperatur in der Meßkammer ab.

### 4. Untersuchungsergebnisse

Zur Untersuchung der 80 cm<sup>2</sup> großen Probenoberfläche hinsichtlich gleichmäßiger Ausleuchtung und Reflexion kommen vermessene Absorptionsflächen unterschiedlicher geometrischer Form zur Anwendung (Bild 2). Die Anordnung von Kreissegmenten mit zunehmenden Zentriwinkeln der Kurve 1 zeigt umlaufend ein gleichförmiges Reflexionsverhalten der Meßebene. Dagegen weichen Kurve 2 (vom Mittelpunkt zunehmende Kreisflächen) und Kurve 3 (vom Rand zunehmende Kreisringe) aufgrund veränderter Reflexionsbedingungen von der Kurve 1 ab. Daraus ist abzuleiten, daß rd. 35% der Randfläche eine verminderte Lichtreflexion aufweisen. Das erklärt die Lage der Kurven 2 und 3 zur Geraden. Diese Abweichung bewirkt, daß z. B. 20% der Meßfläche im Zentrum – mit schwarzer Absorptionsfläche belegt – eine höhere Signalschwächung hervorrufen als 20% der Randfläche. Der kontinuierliche Signalabfall am Außenrand der Meßfläche ist optisch bedingt. Eine Auswirkung auf die Meßgenauigkeit tritt nicht auf, wenn eine Zufallsverteilung von benetzten Halmteilen über den gesamten Probenquerschnitt vorliegt.

Zur Untersuchung der Proportionalität zwischen der Tropfenbenetzungsfäche auf dem Halmgut und der Signalgröße des Meßgeräts eignen sich Strohoberflächenplatten, die mit verschiedenen Tropfenverteilungen bespritzt sind (Bild 3). Zwischen dem registrierten Fotostrom und manuell vermessenen Tropfenbenetzungsfächen gilt eine lineare Beziehung (Bild 4). Die Fotostromwerte sind normalverteilt. Die Meßwertdifferenz zwischen Kurve 1 der Tropfenbenetzungsfächen und Kurve 2 der Absorptionsflächen liegt im unterschiedlichen Absorptionsverhalten der Farbstoffe begründet. Das heißt, daß die dargestellte Kalibrierfunktion der Bedeckungswerte nur der jeweilig benutzten chemischen Absorptionssubstanz, also dem verwendeten Farbstoff, entspricht.

Weitere Meßfehler ergeben sich aus größenabhängigen Streulichtverlusten der Benetzungsfächen und dem Streubereich der Absorptionsbedingungen am Halmgutteilchen. Die Erfassung dieser Abweichungen erfordert zusätzlich Tropfenklassierungen. Da der Fehler  $\leq 10\%$  beträgt, kann bei Serienmessungen auf eine Korrektur verzichtet werden.

Bei Getreidestroh ist die Nullmessung mit einem stoffabhängigen Fehler ( $s\% = 2,8 \pm 0,7\%$ ) behaftet, der als systematischer Fehler in die Berechnung des Bedeckungsgrades eingeht. Die Meßzeit einschließlich der Probenvorbereitung, Probenabführung und Meßwertregistrator beträgt etwa 30 s. Für eine Einzelprobe sind rd. 50 bis 100 g Halmgut bzw. rd. 0,5 dm<sup>3</sup> Haufwerkvolumen bereitzustellen. Die Temperaturabhängigkeit der Fotозelle wird durch Kühlluftzuführung weitgehend gemindert.

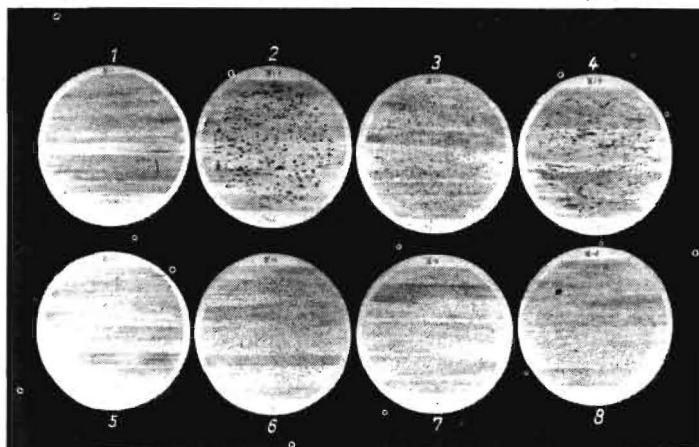


Bild 3. Strohoberflächenplatten mit Tropfenverteilungen bespritzt

Probe-Nr.	Oberfläche	Tropfen-durchmesser $\mu\text{m}$	Bedeckungs-grad $B_A$ %
1	Halmoberseite (HO)	562	1,0
2	Halmunterseite (HU)	565	2,2
3	Spreitenoberseite (SO)	565	1,4
4	Spreitenunterseite (SU)	565	1,2
5	Halmoberseite	176	0,9
6	Halmunterseite	176	1,5
7	Spreitenoberseite	176	1,4
8	Spreitenunterseite	176	1,8

Probe-Nr. 1 bis 4:  $\bar{d}_T = 562 \pm 162 \mu\text{m}$ ;  $s \% = 9,83 \%$

Probe-Nr. 5 bis 8:  $\bar{d}_T = 176 \pm 90 \mu\text{m}$ ;  $s \% = 19,11 \%$

## 5. Anwendung

Das einfach zu handhabende Bedeckungsgradmeßgerät ermöglicht nach entsprechendem Anfärben der Spritzflüssigkeit umfangreiche Serienmessungen zur Beurteilung der Applikationsqualität auf der Halmguthoberfläche. Neben der Homogenitätsuntersuchung fortlaufend gezogener Einzelproben kann bei der räumlich reproduzierbaren Probenahme aus dem Haufwerk das Eindringvermögen eines Tropfenschwarms, z. B. in den Gutstrom eines Rauhfutterdosierers, nachgewiesen werden (Bild 5). Aus diesen Meßergebnissen sind näherungsweise biowissenschaftlich relevante Rückschlüsse auf die Wirksamkeit variierteter Konstruktions- und Betriebsparameter der Applikationseinrichtung abzuleiten. Die im Bild 5 eingezeichneten Bedeckungsgrad-Kennlinien vermitteln das Eindringvermögen in das Halmguthaufwerk. Die Kurven lassen auch erkennen, daß die Tropfenanlagerung von einer Reihe Faktoren beeinflusst wird, die nur durch Bedeckungsgradmessungen bestimmt werden können. So ist z. B. die Erhöhung des verspritzten Aufwandvolumens über einen bestimmten Schwellenwert durch einen stark degressiven Verlauf des Bedeckungsgradzuwachses gekennzeichnet [6], der auch durch den zunehmenden Anstieg der Kurven hoher Aufwandvolumina ( $V_A \geq 500 \text{ l/t}$ ) sichtbar wird. Eine weitere Anwendung als Routineverfahren bietet der Feldeinsatz. Durch Stichprobenmessungen ergibt sich die Möglichkeit der Optimierung von Betriebsparametern des Applikators nach den jeweiligen stark witterungsabhängigen Stoffparametern des Halmguts.

## 6. Zusammenfassung

Silier- und Aufschlußergebnisse weisen häufig Fehler der Agrochemikalienapplikation auf. Deshalb werden Untersuchungsergeb-

nisse zur Anwendung eines einfach zu handhabenden quantitativen Nachweises der Flüssigkeitsverteilung auf der Pflanzenoberfläche dargestellt und das entwickelte optische Bedeckungsgradmeßgerät vorgestellt. Der Beitrag enthält neben einer Meßgerätebeschreibung und -beurteilung kurz Beispiele der Anwendung in Forschung, Entwicklung und Praxis.

## Literatur

- [1] Michaelis, G.: Beschreibung und Bewertung des Dosierergebnisses mit mathematischen Methoden. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Dissertation B 1982.
- [2] Wartenberg, G.: Bedeutung der Pflanzenoberfläche für die Spritzapplikation. agrartechnik, Berlin 38 (1988) 11, S. 514-516.
- [3] Falta, W.: Über Messungen an reflektierenden Oberflächen und das neue Jena-Leukometer. Jena-Nachrichten 7 (1955) 1, S. 5-38.
- [4] Specol-Einstrahl-Spektrofotometer. Druckschrift Nr. 32-315-b-1. VEB Carl Zeiss JENA 1972.
- [5] Wartenberg, G.: Verfahren und Einrichtungen zur fotometrischen Untersuchung grobstrukturierter Probenmaterials. Patent-Nr. 237 903 A 1. Ausgabetag: 3. Juni 1985.
- [6] Wartenberg, G.: Untersuchungen zur Applikation von Flüssigkeiten auf Strohoberflächen. Arbeiten zur Mechanisierung der Pflanzen- und Tierproduktion, Schlieben 6 (1989) 36. A 5570

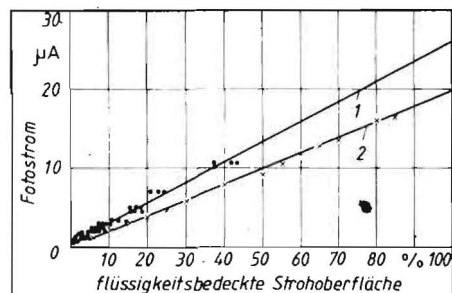


Bild 4. Fotostrom in Abhängigkeit vom Anteil der tropfenbedeckten Strohoberfläche bzw. der Adsorptionsfläche;

- 1  $I_f = f(A_{\text{bed}})$  für ausgemessene Tropfenprüfverteilungen auf Strohoberflächen HO, HU, SO, SU;  $A_{\text{bed}} = 2,35 + 3,95 I_f$ ,  $B = 0,97$
- 2  $I_f = f(\text{Absorptionsgrad})$

Bild 5. Durch Spritzapplikation in ein abgefrästes und fallendes Roggenhäckselstrohaufwerk erreichter Bedeckungsgrad

Kennlinie	$p_0$ MPa	$V_A$ l/t	$\dot{m}_s$ t/h
1	0,2	250	1,5
2	0,5	500	0,5
3	0,12	500	2,0
4	0,5	500	2,0
5	0,12	500	0,5
6	0,2	125	1,0
7	0,4	250	1,5
8	0,4	250	1,0
9	0,5	62,5	0,5
10	0,4	125	1,5
11	0,2	125	1,0
12	0,2	125	1,5
13	0,4	125	1,0
14	0,5	62	2,0
15	0,12	62	0,5
16	0,12	62	2,0

