

Ein Beitrag zur Applikation von Fungiziden für die Halmbruchbekämpfung im Getreidebau.

Von Eberhard Moser, Friedrich Großmann,
Heinz Ganzelmeier und Reinhard Janicke,
Stuttgart-Hohenheim*)

Mitteilung aus dem Sonderforschungsbereich 140 – Landtechnik "Verfahrenstechnik in der Körnerfruchtproduktion"
der Universität Hohenheim

DK 632.9:632.982:633.1

In den letzten Jahren hat der Einsatz von Fungiziden zur Bekämpfung von Getreidemykosen, wie parasitärer Halmbruch, Echter Mehltau und Spelzenbräune, stark zugenommen. Dies dürfte einerseits eine Folge der Intensitätssteigerung – gezielte Ausnutzung des vorhandenen Ertragspotentials – andererseits der Bereitstellung von Fungiziden mit entsprechenden biologischen Wirkungen seitens der Industrie sein. Mit diesen Fortschritten hat die Applikationstechnik bisher nicht Schritt halten können.

Fungizide werden bislang wie Herbizide, d.h. mit derselben Ausbringetechnik und Flüssigkeitsmenge, ausgebracht, obwohl die Zielflächen völlig anders sind und sich von Krankheit zu Krankheit unterscheiden. Mit Applikationstechniken, welche die spezifischen Anforderungen der Getreidemykosen berücksichtigen, können diese Pflanzenschutzverfahren hinsichtlich der biologischen Wirkung, der Stoffeinsparung und der Umweltbelastung verbessert und optimiert werden.

1. Einleitung

Bedingt durch die starke Zunahme des Getreidebaues, insbesondere des Anteils von Weizen und Gerste, haben die Getreidefußkrankheiten in den letzten Jahrzehnten eine große wirtschaftliche Bedeutung erlangt [1]. Unter ihnen nimmt die Halmbruchkrankheit, verursacht durch den Pilz *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton, eine dominierende Stellung ein, zumal sie gerade auf gut weizenfähigen, lehmhaltigen Böden am weitesten verbreitet ist. Hinzu kommt, daß sie nicht nur zu erheblichen Ertragsverlusten, sondern infolge des Lagerns des Getreides auch zu Ernteschwernissen führt.

*) Prof. Dr.-Ing. E. Moser ist Leiter des Fachgebietes "Verfahrenstechnik für Intensivkulturen" des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim; Dipl.-Ing. H. Ganzelmeier ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Sonderforschungsbereiches 140 an diesem Institut. Prof. Dr. F. Großmann ist Leiter des Fachgebietes "Phytopathologie und Pflanzenschutz" des Instituts für Phytomedizin der Universität Hohenheim; Dipl. agr. biol. R. Janicke ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Sonderforschungsbereiches 140 an diesem Institut.

Während zur Verminderung der Halmbruchschäden bis vor etwa 10 Jahren nur vorbeugende Maßnahmen (Fruchtfolge, Saatzeit, Düngung usw.) zur Verfügung standen, eröffnete die Einführung der sogenannten systemischen Fungizide zum ersten Mal die Möglichkeit einer wirksamen Direktbekämpfung. Erste Erfolge wurden mit dem Wirkstoff Benomyl erzielt [2].

Inzwischen sind mehrere Fungizide, vorwiegend auf Benzimidazol-Basis, zur Halmbruchbekämpfung zugelassen. Als günstigster Bekämpfungszeitraum hat sich das Stadium H–J erwiesen, d.h. vom Beginn des Schossens bis zum Fühlbarwerden des 2. Halmknotens. In dieser Phase hat der Weizen eine Höhe von etwa 30 cm erreicht. Da der Erreger den Halm in der Nähe der Bodenoberfläche angreift, besteht das Problem darin, in diesem relativ späten Wachstumsstadium noch einen ausreichenden Schutz des Halmgrundes zu erreichen, wobei für die z.Zt. verfügbaren Fungizide nicht mit einem nennenswerten Transport aus den Blättern zur Basis hin gerechnet werden kann.

Kenndaten über die erforderliche Fungizidmenge und über die optimale Belagsstruktur am Halmgrund liegen nicht vor. Einige Versuchsansteller variierten in Feldversuchen bei Verwendung üblicher Geräte die Flüssigkeitsmenge, die Tropfengröße, den Spritzdruck und die Fahrgeschwindigkeit [3]. Dabei wurden zwar Unterschiede in der Belagsmasse festgestellt, doch ergaben sich keine signifikanten Einflüsse auf den Bekämpfungserfolg und den Ertrag.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es zunächst, verschiedene applikationstechnische Einflußgrößen im Hinblick auf die Anlagerung an die Halmbasis und die Bekämpfung der Halmbruchkrankheit zu bewerten. Zur besseren Durchdringung und Anlagerung in verhältnismäßig hohen Getreidebeständen wurden dann neuartige Verteil- bzw. Konstruktionselemente erprobt. Schließlich wurde in die Untersuchungen auch die Kombination von Pflanzenschutz- und Düngemaßnahmen einbezogen.

2. Versuchsgeräte und -durchführung

Die Freilandversuche, die im Jahre 1977 angestellt wurden, sind mit einem konventionellen Pflanzenschutzgerät durchgeführt worden, wobei der Spritzdruck p_D von 1,5 bis 16 bar, die mittlere Tropfengröße d_m von 150 bis 470 μm und die Fahrgeschwindigkeit v_F von 2,5 bis 12 km/h, also in einem sehr weiten Bereich variiert wurde, Tafel 1. Die Aufwandmenge an Trägerflüssigkeit wurde auf 550 l/ha, die des Fungizides Derosal auf die empfohlene Menge von 300 g/ha festgelegt. Jeweils zwei Varianten der 12 Versuchsglieder umfassenden Feldversuche am Standort Ihinger Hof (A) und der 9 Versuchsglieder auf dem Karlsruhof (B) sollten zeigen, inwieweit eine Gabe von Blattdünger (50 kg N/ha) kombiniert mit der Halmbruchbekämpfung beim Weizen (Stadium I/J) die Pflanzenschutzmaßnahme beeinflusst und zu einer Ertragssteigerung führt. Die Versuche wurden in randomisierter Blockanlage mit vierfacher Wiederholung durchgeführt, wobei die Einzelparzelle eine Größe von 5 m x 10 m besaß.

| Versuchsglied Nr. | Applikationsbedingungen, Standorte A, B | | | | Wirkstoff | Spritzbelag, Standort A | | | |
|-------------------|--|-----------------------|--|--|-----------|---|--------------|------------------------------------|---|
| | Fahrgeschw. v _F km/h | Spritzdruck PD bar | mittl. vol. Tropfen ϕ d _m ¹⁾ µm | Teejet-Flachstrahl-Düse Nr. | | Objektträger | | Halmbasis | |
| | | | | | | Belagsmasse B | | Bedeckungsgrad f _g % | Wirkstoffmenge A _s ng/3 cm Halm |
| | | | | | //ha | % | % | | |
| 1 | 3,1 | 10,0 | 150 | 11002 | D | 156,4 | 28,4 | 59,1 | 86,0 |
| 2 | 2,8 | 3,6 | 250 | 11003 | D | 107,2 | 19,5 | 62,2 | 70,9 |
| 3 | 5,7 | 8,4 | 250 | 11004 | D | 142,8 | 26,0 | 68,4 | 98,7 |
| 4 | 11,6 | 16,0 | 250 | 11006 | D | 118,9 | 21,6 | 63,9 | 73,2 |
| 5 | 3,1 | 2,5 | 330 | 11004 | D | 121,0 | 22,0 | 66,7 | 95,2 |
| 6 | 2,5 | 1,5 | 350 | 11004 | D | 125,6 | 22,8 | 46,4 | 88,5 |
| 7 | 6,5 | 5,0 | 350 | 11006 | D | 166,6 | 30,3 | 58,3 | 95,9 |
| 8 | 12,0 | 9,6 | 350 | 11008 | D | 149,4 | 27,2 | 58,2 | 83,6 |
| 9 | 6,2 | 2,5 | 470 | 11008 | D | 179,3 | 32,6 | 57,8 | 111,8 |
| 10 | 6,2 | 2,5 | — | 11008 | AHL | 172,3 | 31,3 | 32,0 | 2,2 |
| 11 | 6,2 | 2,5 | — | 11008 | D+AHL | 182,9 | 33,2 | 60,9 | 167,3 |
| 12 | Kontrolle | | | | | Kontrolle | | | 2,2 |
| | biologische Wirkung, Standort A | | | | | biologische Wirkung, Standort B | | | |
| | Befallswert B _c ²⁾ | | Ertrag K _E ²⁾ (86 % TS) dt/ha | Befallswert B _c ²⁾ | | Ertrag K _E ²⁾ (86 % TS) dt/ha | | | |
| | 1. Intern. % | 2. Intern. % | | 1. Intern. % | | | 2. Intern. % | | |
| 1 | 14,2 bc | 25,9 | 75,0 | D | — | — | — | | |
| 2 | 10,6 bc | 17,9 | 69,1 | D | 30,2 c | 15,5 bc | 75,1 | | |
| 3 | 13,4 bc | 19,6 | 72,5 | D | 41,7 ab | 18,1 b | 73,4 | | |
| 4 | 9,4 bc | 14,7 | 72,0 | D | 32,3 c | 16,6 bc | 71,6 | | |
| 5 | 7,6 c | 17,6 | 71,2 | D | — | — | — | | |
| 6 | 10,4 bc | 22,4 | 72,0 | D | — | — | — | | |
| 7 | 9,4 bc | 20,2 | 74,2 | D | 32,2 c | 14,1 bc | 72,4 | | |
| 8 | 16,9 b | 27,4 | 72,2 | D | 28,7 c | 10,6 c | 70,9 | | |
| 9 | 11,5 bc (b) | 21,0 | 73,1 (c) | D | 33,4 bc | 13,2 bc (b) | 72,9 | | |
| 10 | 34,0 (a) | 33,8 | 78,9 (b) | AHL | 46,6 | 46,6 (a) | 75,9 | | |
| 11 | 9,8 (b) | 20,5 | 76,6 (bc) | D+AHL | 36,0 | 16,2 (b) | 79,4 | | |
| 12 | 34,0 a (a) | 27,8 | 68,8 (a) | — | 49,8 a | 56,2 a (a) | 70,8 | | |

1) Firmenunterlagen entnommen
D = Derosal AHL = Ammonitrat-Harnstoff-Lösung

2) Werte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant, dagegen solche mit verschiedenen Buchstaben signifikant unterschiedlich (p > 5 %). Buchstaben in Klammern beziehen sich auf eine getrennte Verrechnung der Versuchsglieder 9 bis 12.

Tafel 1. Applikationsbedingungen, Spritzbeläge und biologische Wirkung für konventionelle Applikationsverfahren an unterschiedlichen Standorten (1977).

Zur Beurteilung der Pflanzenschutzmaßnahme wurde der im Bestand auf dem Boden erzielte Spritzbelag fluorometrisch mit horizontal ausgelegten Objektträgern quantitativ (Belagsmasse) und qualitativ (Bedeckungsgrad) erfaßt. Zusätzlich wurden 3 cm lange Halmbasisabschnitte entnommen und die hier am Zielort angelagerte Wirkstoffmenge mit Hilfe eines Biotestes ermittelt.

Die Bewertung der biologischen Wirkung der Applikationsvarianten erfolgte nach Entnahme von etwa 100 Weizenhalmen im Stadium R/S diagonal aus jeder Parzelle durch Bonitierung des *Pseudocercospora*-Befalls an den beiden untersten Internodien.

Das Bonitierunggschema unterscheidet:

- 0 keine Symptome
- 1 geringfügige Verbräunung
- 2 halbstengelumfassendes Krankheitsbild
- 3 vollstengelumfassendes Krankheitsbild.

Der Befallswert ist folgendermaßen definiert:

$$B_c = \frac{\text{Summe der Bonitierungswerte} \times 100}{3 \times \text{Anzahl der Halme}}$$

Für die Varianzanalyse wurden die Befallswerte nach $\arcsin \sqrt{x}$ transformiert. Der Kornertrag wurde auf 22 m² bestimmt und auf 86 % Trockensubstanzgehalt umgerechnet.

| Applikations-Geräte | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | Kontrolle |
|--|------------------------------|--|-----------|--|-----------|--|---------------|--|-------------|--|--------------|--|--------------|--|-------------|--|-------------|--|------------|
| | Kenndaten | | Kenndaten | | Kenndaten | | Kenndaten | | Kenndaten | | Kenndaten | | Kenndaten | | Kenndaten | | Kenndaten | | |
| Versuchsglied Nr. | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 |
| Applikationsbedingungen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trägerstoffmenge | l/ha | | 400 | | 400 | | 400 | | 400 | | 400 | | 80 | | 100 | | 100 | | — |
| Wirkstoffmenge | g/ha | | 150 | | 150 | | 150 | | 150 | | 150 | | 150 | | 150 | | 150 | | — |
| Fahrgeschwindigkeit | km/h | | 5,9 | | 6,4 | | 12,6 | | 5,1 | | 5,1 | | 6,1 | | 5,0 | | 5,0 | | 5,0 |
| Düsenbezeichnung | — | | 11004 | | 11003 | | 11006 | | D 4 | | D 4 | | D 3 | | E 240 1/4 J | | C 340 1/4 J | | — |
| Zerstäubungsart ¹⁾ | — | | h | | h | | h | | h | | h | | h | | p | | p | | p |
| Zerst.-druck pFL/PL | bar | | 5/— | | 10/— | | 10/— | | 3,5/— | | 3,5/— | | 10/— | | 4,0/4,6 | | 0,7/1,4 | | 1,5/3,0 |
| Mittl. vol. Tropfen ϕ ²⁾ | μm | | 280 | | 190 | | 280 | | 280 | | 280 | | 190 | | 20–60 | | 20–60 | | — |
| Trägerluftgeschw. | m/s | | — | | — | | $\approx 3,5$ | | ≈ 8 | | ≈ 15 | | ≈ 15 | | — | | — | | — |
| Trägerluftmenge ³⁾ | m ³ /m min | | — | | — | | — | | 60 | | 110 | | 110 | | 0,75 | | 0,15 | | 0,36 |
| Spritzbelag ⁴⁾ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wirkstoffmenge C | $\mu\text{g}/20\text{ g FM}$ | | 7,8 a | | 6,0 a | | 7,9 a | | 5,5 a | | 8,8 a | | — | | 12,9 ab | | 38,2 c | | 23,6 b |
| D | | | 32,7 ab | | 33,4 ab | | 34,8 ab | | 31,5 ab | | 29,4 a | | 27,9 a | | — | | 56,7 c | | 46,9 bc |
| Bedeckungsgrad C | % | | 9,6 ab | | 12,9 abcd | | 15,8 cd | | 10,7 abc | | 17,6 d | | — | | 7,7 a | | 13,8 bcd | | 12,8 abcd |
| D | | | 12,3 a | | 13,8 a | | 16,6 ab | | 15,6 ab | | 16,9 ab | | 20,0 b | | — | | 13,9 a | | 14,8 ab |
| Biol. Wirksamkeit ⁴⁾ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Befallswert C | % | | 9,4 | | 8,4 | | 11,4 | | 16,3 | | 15,0 | | — | | 10,1 | | 10,0 | | 11,3 |
| D | | | 31,3 g | | 44,5 bcde | | 50,9 ab | | 50 abc | | 37,6 efg | | 48,8 abcd | | — | | 34,8 g | | 44,3 bcdef |
| Ertrag C ⁴⁾ | dt/ha | | 52,9 | | 57,6 | | 51,4 | | 51,5 | | 53,7 | | 53,4 | | — | | 50,2 | | 54,2 |

1) Zerstäubungsart: h $\hat{=}$ hydraulisch p $\hat{=}$ pneumatisch

2) Werte nach Firmenunterlagen

3) Auf die Einheit der Arbeitsbreite bezogen

4) C Standort Köngen, D Standort Klein-Hohenheim
Kleinbuchstaben: Werte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant, dagegen solche mit verschiedenen Buchstaben signifikant unterschiedlich ($p > 5\%$).

Tafel 2. Applikationsbedingungen, Spritzbeläge und biologische Wirkung für verschiedene Geräteausführungen an unterschiedlichen Standorten (1978).

In der Vegetationsperiode 1978 wurden verbesserte bzw. modifizierte Applikationsgeräte eingesetzt, die in **Tafel 2** mit den jeweiligen Versuchsbedingungen zusammengefaßt sind. Der Transport von der Düse zum Pflanzdach, die Durchdringung des Pflanzenbestandes in seiner vertikalen Ausdehnung und die Anlagerung von Wirkstoffteilchen an der Halmbasis kann durch passive und aktive Luftunterstützung positiv beeinflußt werden [4]. Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse wurden die Gerätevarianten 3 bis 6 mit üblicher Druckzerstäubung ins Versuchsprogramm aufgenommen, wobei unterschiedliche Trägerluftströmungen und Tropfengrößen zugrunde liegen. Eine Annäherung der Düse bis dicht über das Pflanzdach zum verlustarmen Tropfentransport unter Verwendung von pneumatischen Zerstäubern mit dem Vorteil der Erzeugung sehr kleiner Tropfen und die Nutzbarmachung der dabei austretenden Luft als Transportmittel führte zur Gerätevariante 7 [5].

Eine Heranführung der Düse an den Zielort mit dem Ziel der Wirkeinsparung führte zu Gerätevariante 8 und 9. Mit dem eingebauten pneumatischen Zerstäuber mit Rundumverteilung werden die sehr kleinen Tropfen unter Ausnutzung der Zerstäuberluft senkrecht an den Zielort aufgebracht und tragen damit zur Verbesserung der Anlagerung bei. Die Versuchsvarianten 1 und 2, die

mit konventionellen Geräten durchgeführt wurden, lassen einen Vergleich mit dem derzeitigen Stand der Applikationstechnik und mit den vorjährigen Versuchen zu.

Die Versuche, die 10 Versuchsglieder mit 4 Wiederholungen umfaßten, wurden an zwei Standorten — Köngen (C) und Klein-Hohenheim (D) durchgeführt, wobei die empfohlene Derosal-Aufwandmenge von 300 g/ha auf 150 g/ha reduziert wurde, um gerätespezifische Auswirkungen auf den Befall und den Ertrag besser differenzieren zu können.

Die Aufwandmenge an Trägerflüssigkeit wurde bei den Geräten 1–6 mit hydraulischer Zerstäubung auf 400 l/ha konstant gehalten. Bei den anderen Ausführungen 7–9 mit pneumatischer Zerstäubung mußte wegen der geringen Flüssigkeitsdurchsätze und der Forderung nach möglichst konstanter Fahrgeschwindigkeit bei diesen Geräten die Trägerstoffmenge entsprechend verändert werden.

Zur Beurteilung der modifizierten Applikationstechniken wurden neben fluorometrischen Belagsmessungen eine Bonitierung, wie im Jahre 1977, im Stadium R/S und eine Bestimmung der Erträge der Versuchsflächen durchgeführt.

Die Belagsmessungen im Rahmen dieses Gerätevergleiches beschränken sich primär auf den Zielort, die Halmbasis, wobei auf den Bio-test — im Gegensatz zu den 1977 durchgeführten Versuchen — zugunsten der genaueren fluorometrischen Belagsmassenbestimmung verzichtet wurde. Zu diesem Zweck wurde pflanzliches Halmbasis-Material entnommen — pro Wiederholung 6 x 20 g von den untersten 3 cm — und mit Hilfe eines Fluorometers die dort angelagerte Wirkstoffmasse bestimmt. Die qualitative Belagsbestimmung (Bedeckungsgrad) erfolgte mittels Membranfiltern, die an zylindrischen Holzstäbchen (6 mm ϕ) befestigt und in Höhe der Halmbasis positioniert wurden.

3. Versuchsergebnisse und Diskussion

3.1 Konventionelles Applikationsverfahren

Bei Flüssigkeits-Druckzerstäubern, wie sie in der Pflanzenschutztechnik eingesetzt werden, ist bei ein und derselben Düsendgröße die quantitative und qualitative Ausbildung des Spritzbelags abhängig vom Spritzdruck, der Applikationsgeschwindigkeit und der Tropfengröße. Die Variation auch nur einer dieser Spritzbedingungen führt, wenn eine konstante Belagsdichte erhalten bleiben soll, zu einer Veränderung der anderen Applikationsbedingungen, die dann gemeinsam zu der veränderten Belagsstruktur und der daraus resultierenden biologischen Wirkung führen. Mit Hilfe einer multiplen Regressionsanalyse ist es möglich, den Einfluß jedes einzelnen dieser Parameter auf den Belag und die biologische Wirkung durch die entsprechenden Koeffizienten anzugeben, wenn eine entsprechende Anzahl von Versuchsgliedern zur Verfügung steht. Diese Größen (Spritzbelag, biologische Wirkung) können, wie die folgenden Darstellungen zeigen, graphisch in Abhängigkeit von einzelnen Applikationsparametern dargestellt werden, wobei die Veränderung des 3. Applikationsparameters (z.B. Spritzdruck) in seinen Auswirkungen berücksichtigt wird. Aufgrund des etwas geringeren Versuchsumfanges am Standort B konnte diese regressionsanalytische Verrechnung nur mit den Meßdaten des Standortes A durchgeführt werden.

3.1.1 Spritzbelag auf Objektträgern (quantitativ, qualitativ)

Die im Pflanzenbestand auf horizontal ausgelegten Objektträgern erfaßte Belagsmasse ist in **Bild 1** in Abhängigkeit von Fahrgeschwindigkeit und Tropfengröße (d_m = mittlerer volumetrischer Tropfendurchmesser) dargestellt. Daraus geht hervor, daß mit abnehmender Tropfengröße die Belagsmasse verringert wird und Fahrgeschwindigkeiten von $v_F = (6, 8, 10)$ km/h einen größtmöglichen Belag erwarten lassen. Überhöhte Fahrgeschwindigkeiten führen zu größerer Abdrift, geringere vermutlich zu größerer Filterwirkung im Pflanzdach. Dabei kommt man zu der Feststellung, daß größere Tropfen mit zwangsweise größeren vertikalen Bahngeschwindigkeiten in der Lage sind, unter bestimmten Voraussetzungen tiefer in den Bestand einzudringen [4, 6].

Obwohl durch kleinere Tropfen eine geringere Belagsmasse erzielt wird, ist infolge der größeren Gesamtoberfläche kleinerer Tropfen mit dem größten Bedeckungsgrad bei kleinen Tropfen zu rechnen, **Bild 2**. Zur Erzielung eines größtmöglichen Bedeckungsgrades ist ebenfalls eine Fahrgeschwindigkeit $v_F = 8$ km/h anzustreben.

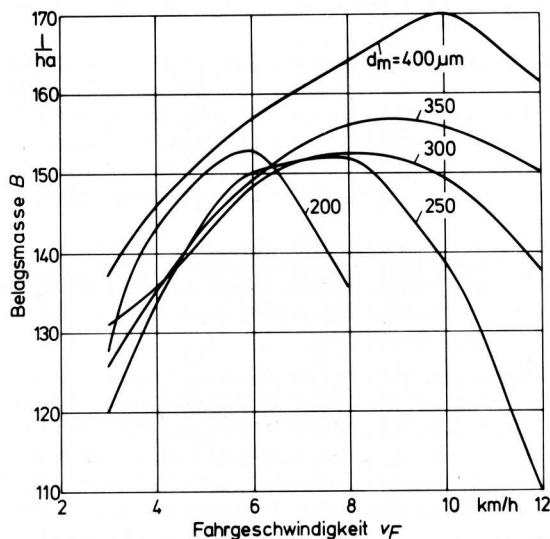


Bild 1. Belagsmasse auf horizontal angeordneten Objektträgern am Boden des Bestandes in Abhängigkeit von den Applikationsbedingungen Fahrgeschwindigkeit und Tropfengröße.

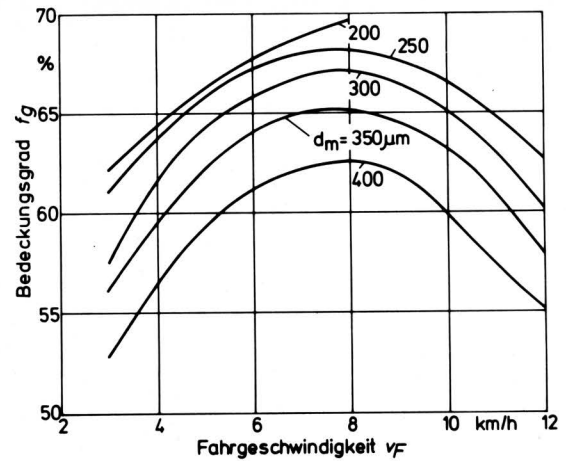


Bild 2. Bedeckungsgrad auf horizontal angeordneten Objektträgern am Boden des Bestandes in Abhängigkeit von den Applikationsbedingungen Fahrgeschwindigkeit und Tropfengröße.

3.1.2 Spritzbelag an der Halmbasis (quantitativ)

Im Hinblick auf die biologische Wirksamkeit dürfte der an der Halmbasis angelagerte Spritzbelag von entscheidender Bedeutung sein. Die Ergebnisse, die über einen Biotest ermittelt wurden, sind starken Schwankungen unterworfen, so daß die Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsgliedern varianzanalytisch nicht gesichert werden konnten ($p > 5\%$).

Aus der Darstellung in **Bild 3**, die den an der Halmbasis deponierten Wirkstoff für unterschiedliche Tropfengrößen in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit zeigt, wird deutlich, daß bei größeren Fahrgeschwindigkeiten $v_F > 6$ km/h mit kleineren Tropfen eine bessere Anlagerung an der Halmbasis zu erzielen ist. Die Unterschiede bei kleineren Fahrgeschwindigkeiten scheinen jedoch zu gering, um nochmals differenzieren zu können.

Diese Ergebnisse stehen mit den vorher ermittelten Zusammenhängen – bessere Durchdringung und größere Spritzbelagsmasse am Boden des Pflanzenbestandes bei zunehmender Tropfengröße – nicht im Widerspruch, da kleinere Tropfen, insgesamt betrachtet, zu einer besseren Wirkstoffanlagerung an der Pflanze insbesondere an den senkrechten Zielflächen führen. Ein Vergleich der angelagerten Belagsmasse zeigt, daß beispielsweise bei einer Fahrgeschwindigkeit von $v_F = 6$ km/h auf waagrechten Flächen (Boden) etwa 38 mal mehr Wirkstoff als an senkrechten Zielflächen (Halmbasis) angelagert wird.

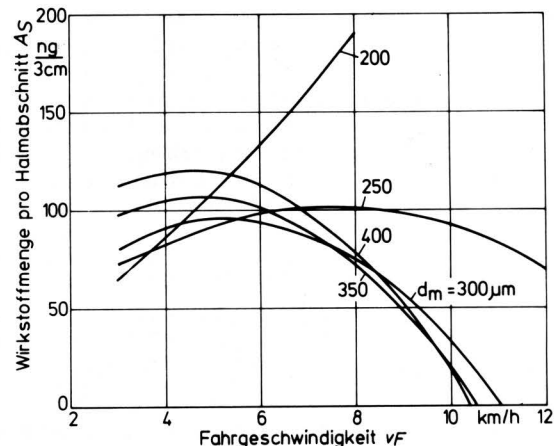


Bild 3. Wirkstoffmenge pro Halmbabschnitt aus dem gefährdeten Pflanzenbereich in Abhängigkeit von den Applikationsbedingungen Fahrgeschwindigkeit und Tropfengröße.

Es ist demnach nicht möglich, mit Hilfe waagrecht ausgelegter Objektträger den Belag an der Halmbasis zu charakterisieren.

3.1.3 Biologische Wirkung: Pseudocercospora-Befall, Kornertrag

Der Befall der Weizenpflanzen mit *Pseudocercospora herpotrichoides* wurde im Jahre 1977 auf den beiden Standorten A und B getrennt für das 1. und 2. Internodium der ährentragenden Halme bonitiert. Wie aus den Werten von Tafel 1 hervorgeht, weisen die mit Fungizid behandelten Parzellen einen signifikant reduzierten Befall auf. Unterschiede im Bekämpfungserfolg, die durch die Variation der Applikationsbedingungen hervorgerufen werden, lassen sich, bis auf wenige Ausnahmen, nicht sichern. Die Auswirkungen einzelner Applikationsparameter auf den Befall des 2. Internodiums der Halme auf der Versuchsfläche Standort A sind durch eine multiple Regressionsanalyse ausgewertet worden und in Bild 4 dargestellt. Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten $v_F > 6$ km/h kommt der ungünstige Einfluß größerer Tropfen in einer Zunahme der Befallswerte deutlich zum Ausdruck. Ein Vergleich dieser Befallswerte mit den Werten der Spritzbeläge an der Halmbasis zeigt eine enge Beziehung zwischen angelagerter Wirkstoffmenge, der Tropfengröße und dem Befall. Neben dem günstigen Einfluß kleinerer Tropfen auf die angelagerte Wirkstoffmenge, wirkt sich sicher auch die größere spezifische Oberfläche der kleineren Tropfen, die, wie Bild 3 zeigt, zu einer Erhöhung des Bedeckungsgrades führen, auf die biologische Wirkung vorteilhaft aus.

Bei allen Applikationsverfahren waren bei dem geringen Ausgangsbefall vermutlich ausreichende Fungizidmengen an der Halmbasis vorhanden. Ausgehend von 100 ng Wirkstoffmenge pro Halmabschnitt (s. Bild 3) und einer mittleren Bestandsdichte von $5 \cdot 10^6$ Halme/ha, ergibt sich, daß nur ein Anteil von ungefähr 0,3 % der mit handelsüblichen Geräten ausgebrachten Wirkstoffmenge an die optimale Zielfläche, die Halmbasis, gelangt.

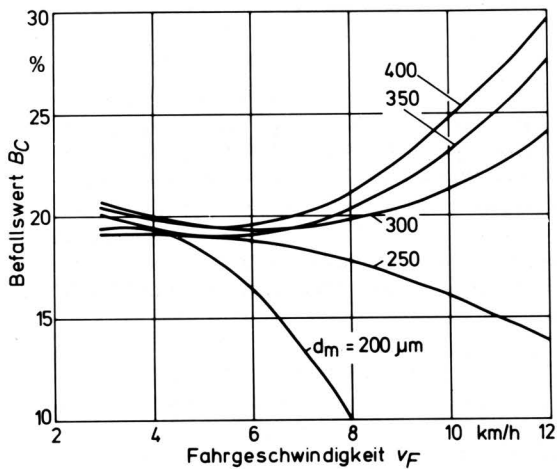


Bild 4. Befallswerte des 2. Internodiums in Abhängigkeit von den Applikationsbedingungen Fahrgeschwindigkeit und Tropfengröße.

3.1.4 Halmbruchbekämpfung – Blattdüngung

Neben der Düngewirkung selbst kann der Flüssigdünger Ammonitrat-Harnstoff-Lösung (AHL), wenn er in Kombination mit dem Wirkstoff ausgebracht wird, auch die Verdunstung wirksam einschränken [7]. Infolge der Hygroskopizität des Flüssigdüngers besteht die Möglichkeit, das Eindringvermögen des Fungizides in die Pflanze zu verbessern und damit auf die Wirkung des Präparates einen positiven Einfluß zu nehmen. Dieser Effekt wirkt sich im vorliegenden Versuch jedoch nicht befallsmindernd aus, während der Düngeeffekt selbst zu einem signifikant höheren Kornertrag führt, Tafel 1.

Durch den Flüssigdünger werden außerdem die physikalischen Eigenschaften der Spritzflüssigkeit verändert, welche die Tropfenbildung und das Anlagerungsverhalten beeinflussen. Durch die Kombination erhöhte sich die in der Halmbasis angelagerte Wirkstoffmenge, Tafel 1.

3.2 Modifizierte Applikationsverfahren

Diese Versuche wurden an zwei Standorten (C Köngen und D Klein-Hohenheim) durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Applikation war jedoch der Pflanzenbestand am Standort D nicht so einheitlich und in der Bestockung nicht so dicht, so daß den Belagsmengen am Standort C eine größere Aussagekraft zukommt.

3.2.1 Spritzbelag an der Halmbasis (quantitativ)

Eine varianzanalytische Verrechnung der fluorometrisch ermittelten Belags- bzw. Wirkstoffmengen der verschiedenen Gerätevarianten für jeden Standort zeigt, daß signifikante Unterschiede in der Anlagerungsmasse zwischen einzelnen Geräteausführungen auftreten, Bild 5 und 6.

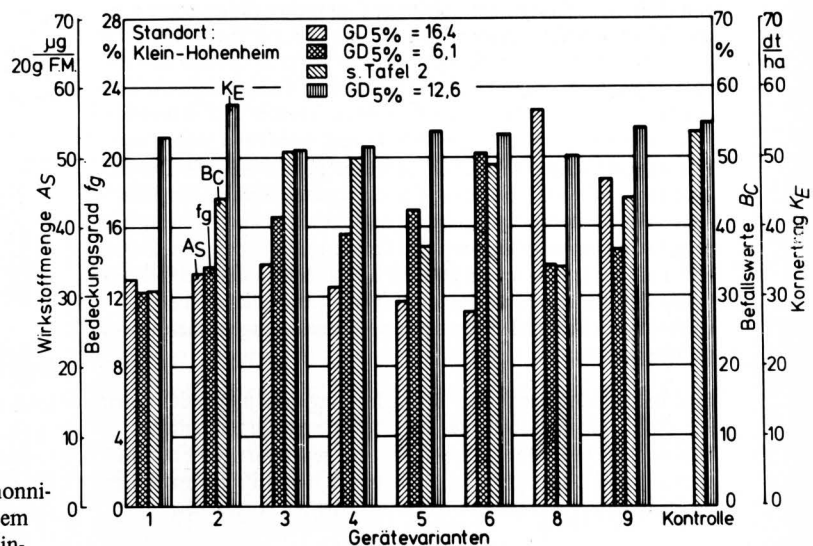
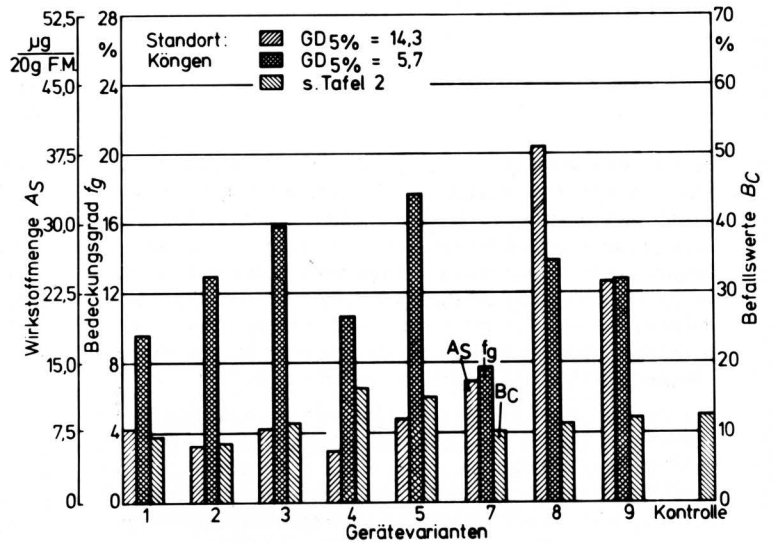


Bild 5 und 6. Wirkstoffmenge, Bedeckungsgrad an der Halmbasis, Befallswert sowie Kornertrag bei Fungizid-Applikation mit verschiedenen Gerätevarianten bei Winterweizen auf unterschiedlichen Standorten.

Bild 5. Standort Köngen (C)

Bild 6. Standort Klein-Hohenheim (D)

Die Einbeziehung von passiver und aktiver Trägerluft in den Varianten 3–6 führt an beiden Versuchsorten bezüglich der Anlagerung an der Halmbasis nicht zu einer Zunahme der Retention. Die Tendenzen, die sich zwischen den einzelnen Varianten abzeichnen, sind an den Standorten teilweise unterschiedlich. Die Messung der Belagsmasse auf dem Boden, der Bodenbelastung, mit waagrecht Objektträgern lediglich für die Varianten 1 und 2 ermittelt und zur Überprüfung der letztjährigen Versuche gedacht, zeigt, daß die Bodenbelastung mit zunehmender Tropfengröße zunimmt und bestätigt so die Richtigkeit dieser bereits 1977 dargestellten Zusammenhänge.

Lediglich eine Annäherung der Düsen an das dichte Pflanzendach in Verbindung mit pneumatischen Zerstäubern, Gerätevariante 7, bzw. eine Zerstäubung des Mittels im pflanzlichen Bestand mit einer geeigneten Luftführung, Variante 8 und 9, führen zu teilweise signifikant höheren Spritzbelägen am optimalen Applikationsort. Diese Ergebnisse zeigen, daß die Ausführungen 7, 8 und 9 durchaus eine Möglichkeit der gezielteren Deponierung und der Einsparung von Träger- und Wirkstoff aufzeigen, die im Rahmen von Laborversuchen eingegrenzt werden sollten. Allerdings ist dabei nicht zu verkennen, daß die Einhaltung einer gleichmäßigen Wirkstoffverteilung im Pflanzenbestand mit diesen Einrichtungen sehr viel schwieriger zu erreichen ist.

3.2.2 Belagsstruktur an der Halmbasis

Die Struktur des Belages an der Halmbasis wurde mit speziellem Filtermaterial (Membranfilter) erfaßt und durch den Bedeckungsgrad charakterisiert, Bild 5 und 6. Der Bedeckungsgrad, der die mit einem Spritzbelag belegte Fläche als Anteil an der Gesamtfläche in Prozent angibt, liegt bei den einzelnen Varianten am Standort Köngen (C) zwischen 7,5 und 18 %, in Klein-Hohenheim (D) im Bereich von 12 bis 20 %. Zwischen den einzelnen Gerätetypen treten teilweise gesicherte Unterschiede im Bedeckungsgrad auf, wobei in D infolge des zu diesem Zeitpunkt geringeren Pflanzenwuchses insgesamt geringfügig höhere Werte erzielt wurden.

Ein Vergleich zeigt, daß die Gerätevarianten mit hydraulischer Zerstäubung (s. Tafel 2) und Aufwandmengen von 400 l/ha gegenüber den Varianten 7, 8 und 9 mit pneumatischer Zerstäubung und wesentlich geringeren Trägerstoff-Aufwandmengen von 80 bzw. 100 l/ha trotzdem nur in wenigen Fällen signifikant höhere Bedeckungsgrade erzielen. Dies hängt überwiegend mit den bei der Applikation auftretenden Verlusten zusammen, die in erster Linie durch den Tropfentransport von der Düse bis zur Halmbasis verursacht werden. Eine Parallelität zwischen Wirkstoffmenge und Bedeckungsgrad in der Form, daß eine höhere Anlagerungsmasse zumindest bei konstanten Tropfengrößen (Variante 1, 3, 4 und 5) auch zu einer Steigerung des Bedeckungsgrades führt, kann, von einigen Ausnahmen abgesehen, nicht festgestellt werden. Der Bedeckungsgrad wird bei konstantem Tropfendurchmesser sicher neben der Spritzflüssigkeitsmenge entscheidend durch die Anlagerungsbedingungen (Flugrichtung, Tropfengeschwindigkeit, Zusatzluft u.a.) bestimmt, so daß anhand der unterschiedlichen Gerätevarianten (mit und ohne Trägerluft) eine tendenzielle Übereinstimmung zwischen Belagsmasse und Bedeckungsgrad nicht erwartet werden kann.

Eine Beurteilung, inwieweit der Bedeckungsgrad neben der sicherlich dominierenden Rolle der Wirkstoffmenge die biologische Wirksamkeit beeinflusst, kann nach dem gegenwärtigen Erkenntnisstand noch nicht erfolgen. Arbeiten zu dieser Problematik sind im Rahmen der laufenden Forschungsarbeiten vorgesehen.

3.2.3 Biologische Wirkung; Pseudocercospora-Befall, Kornertrag

In Köngen lagen die Befallswerte der Kontrollparzellen und bei allen Behandlungsvarianten so niedrig, daß Ertragsunterschiede nicht auf Unterschiede im Pilzbefall infolge unterschiedlicher Wirkung der Applikationsverfahren zurückgeführt werden können. Es

erschien deshalb auch nicht angebracht, eine Ertragsauswertung vorzunehmen. Bei der Beurteilung der Bekämpfung von *Pseudocercospora herpotrichoides* in Klein-Hohenheim ist zu beachten, daß bei allen Varianten nur 50 % der empfohlenen Fungizidmenge ausgebracht wurde. Diese Konzentration ist nicht ausreichend, um den Befall deutlich unter den der Kontrolle zu senken. Die Varianzanalyse macht dennoch deutlich, daß einzelne Applikationsbedingungen anderen signifikant überlegen sind (Variante 1, 5 und 8). Obwohl bei den Behandlungen 8 und 9 im Mittel die 3- bis 4fache Wirkstoffmenge im Vergleich zu den anderen Verfahren an die Halmbasisabschnitte angelagert wurde, schlägt sich dieses Ergebnis nicht in einem signifikant reduzierten Befall nieder.

Einflüsse der Applikationsverfahren auf den Kornertrag sind statistisch nicht zu sichern.

4. Zusammenfassung

Der Einsatz von Fungiziden hat infolge der Intensivierung des Getreidebaues in den letzten Jahren stark zugenommen. Für die Applikation dieser Pflanzenbehandlungsmittel liegen – von gewissen Erfahrungswerten abgesehen – bisher keine ausreichenden Erkenntnisse darüber vor, welche Wirkstoffmengen und Belagsstrukturen am Zielort (Halmbasis) erforderlich sind und inwieweit durch gerätetechnische Maßnahmen bei konventionellen Applikationsverfahren eine gezieltere Wirkstoffanlagerung möglich ist. Im Rahmen mehrjähriger Feldversuche zur Halmbruchbekämpfung wurde diese Fragestellung untersucht und folgendes festgestellt:

Mit den üblichen Applikationsverfahren wird weniger als 1 % des ausgebrachten Wirkstoffes an die Halmbasis angelagert. Diese Mengen reichen in der Regel für eine ausreichende Minderung des Befalls aus. Die Wirkstoffablagerung an der Halmbasis ist bei konventionellen Applikationsverfahren bis zu mittleren Fahrgeschwindigkeiten $v_F = 6, (8) \text{ km/h}$ weitgehend unabhängig von der Tropfengröße. Darüber hinaus wird eine bessere Wirkstoffanlagerung an der Halmbasis mit kleinen Tropfengrößen erreicht. Die Auswirkungen einiger Behandlungsvarianten auf den Pilzbefall konnten statistisch gesichert werden, wohingegen signifikante Unterschiede im Kornertrag wegen des niedrigen Gesamtbefalls nicht auftraten.

Eine kombinierte Ausbringung von Fungizid- und Düngelösungen (AHL) führt infolge des "Dünger-effektes" zu einer Ertragssteigerung. Außerdem kann durch eine Veränderung der physikalischen Eigenschaften der Spritzflüssigkeit die Anlagerung des Wirkstoffes positiv beeinflusst werden.

Applikationsgeräte, die mit einem zusätzlichen passiven oder aktiven Trägerluftstrom arbeiten, führen bei der vorliegenden Konstellation zu keiner signifikanten Erhöhung der Wirkstoffanlagerung an der Halmbasis.

Erst eine Annäherung der Zerstäuber an die unteren Regionen des Pflanzenbestandes erbrachte eine signifikant höhere Belagsmasse an den unteren Internodien, die ungefähr das 3fache dessen, was mit konventionellen Geräten erreicht wird, ausmacht. Ertragssteigerungen konnten infolge des verhältnismäßig geringen Befalls nicht abgesichert werden.

Schrifttum

- [1] Moser, E. u. D. Backes: Arbeitszeitanalyse für Pflanzenschutzmaßnahmen im Körnerfruchtbau. Landtechnik Bd. 29 (1979) Nr. 6, S. 277/80.
- [2] Fehrmann, H.: Bekämpfung der Halmbruchkrankheit des Weizens mit Benomyl. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 22 (1970) 9, S. 136/39.
- [3] Hanuß, K. u. B. Niklas: Applikationstechnische Versuche zur Halmgrund- und Ährenbehandlung von Winterweizen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem H. 178 (1977) S. 204/205.
- [4] Göhlich, H.: Voraussetzungen für eine Weiterentwicklung von Pflanzenschutzverfahren. Grundl. Landtechnik Bd. 27 (1977) Nr. 4, S. 114/18.

- [5] *Howitt, A.J.*: Controlled porosity. New approach to ULV spraying. *Farm. Chem., Willoughby, Ohio* 136 (1973) 9, S. 79/80.
- [6] *Zaske, J.*: Tropfengrößenanalyse unter besonderer Berücksichtigung der Zerstäubung im chemischen Pflanzenschutz. *Diss. TU Berlin*, 1973.
- [7] *Norden, J. u. K.G. Hippe*: Einfluß flüssiger Dünger auf die Verdunstung von Pflanzenschutzbrühen. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forschwirtsch. Berlin-Dahlem* H. 178 (1977) S. 219.
- [8] *Fehrmann, H., P. Reinecke u. H. Weihofen*: Yield increase in winter wheat by unknown effects of MBC-fungicides and captafol. *Phytopath. Z.* Bd. 93 (1978) Nr. 4, S. 359/62.

Vergleichende Untersuchungen eines Tangential- und eines Axialdreschwerkes für Körnermais.

Von Arnoldus Lo, Wolfgang Seitz und Alfred Stroppel, Stuttgart-Hohenheim*)

Mitteilung aus dem Sonderforschungsbereich 140 – Landtechnik "Verfahrenstechnik in der Körnerfruchtproduktion" der Universität Hohenheim

DK 631.355:631.361.2

Für die Körnermaisernte werden heute zwei unterschiedliche Dreschwerkzeuge eingesetzt: Das Tangentialsystem des Schlagleistendreschwerkes und das Axialsystem des Reblerwerkzeuges. In dieser Arbeit wird über Versuche berichtet, bei denen diese beiden Werkzeuge unter vergleichbaren Bedingungen im Labor untersucht wurden. Dabei wird unter anderem der Einfluß der Trommelumfangsgeschwindigkeit, des Gutdurchsatzes und der Gutfeuchte ermittelt.

1. Einleitung

Maiserntemaschinen dreschen das Erntegut nicht unter allen Bedingungen zufriedenstellend. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Feuchte des Erntegutes hoch ist. Der überwiegende Anteil des Körnermais wird in der Bundesrepublik Deutschland mit Mähdreschern geerntet, die eine Schlagleistentrommel besitzen, d.h. nach dem Tangentialdruschsystem dreschen. Daneben werden in speziellen Maiserntemaschinen Reblerwerkzeuge eingesetzt, die nach dem Axialdruschsystem arbeiten. Diese sind in den bisher verwendeten Formen für den Getreidedrusch ungeeignet.

Über die Vor- und Nachteile der genannten Werkzeuge wird viel diskutiert. Die große Mehrheit der Landwirte hat sich bisher wegen des Vorteils der universellen Verwendbarkeit klar zugunsten des Schlagleistendreschwerkes entschieden, wenn auch dem Axialdreschwerk eine schonendere Behandlung des Erntegutes nachgesagt wird.

So verglich *Morrison* [1] die beiden Druschsysteme bei Kornfeuchten zwischen 13 und 25 %. Er stellte unter anderem fest, daß bei Kornfeuchten unter 20 % der Axialdrusch geringere Werte für den Körnerbruch ergab. Bei höheren Feuchten war es umgekehrt. *Byg* und *Hall* [2] untersuchten die beiden Systeme ebenfalls hinsichtlich der Körnerbeschädigungen. Die Ergebnisse zeigten einen geringeren Körnerbruch beim Axialdruschsystem für Kornfeuchten

zwischen 14 und 37 %. Gleiche Ergebnisse erhielt auch *Maquet* [3] bei Feldversuchen, und zwar für verschiedene Erntejahre und Maissorten.

Um die beiden Werkzeugarten umfassend vergleichen zu können, genügt es nicht, nur die Körnerbeschädigungen zu betrachten. Weitere Kriterien müssen hinzukommen: Ausdruschverlust, Abscheidungsverlust, Abscheidungsgrad. Auch sind die Abhängigkeiten dieser Beurteilungskriterien von der Trommelumfangsgeschwindigkeit, der Durchsatzmenge und der Kornfeuchte interessant.

Bisher sind nur sehr wenige wissenschaftliche Ergebnisse veröffentlicht worden, die einen derartigen Vergleich der beiden Werkzeugarten bei Erntefeuchten, die in Mitteleuropa üblich sind (30 bis 40 %), ermöglichen.

Im folgenden soll über Labor-Untersuchungen berichtet werden, die zu diesem Themenkreis am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 140 der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt wurden. Nach der Erläuterung der beiden Werkzeuge, des Versuchsaufbaus mit Versuchsdurchführung und der Beurteilungskriterien werden die Ergebnisse bezüglich des Ausdruschverlustes, des Abscheidungsverlustes, des Abscheidungsgrades und des Beschädigungsgrades diskutiert, und zwar in Abhängigkeit von der Trommelumfangsgeschwindigkeit, vom Körnerdurchsatz und von der Kornfeuchte.

2. Untersuchte Dreschwerkzeuge

Bild 1 und 2 zeigen schematisch den Aufbau der beiden Dreschwerkzeuge, eingebaut in die entsprechenden Versuchsstände¹⁾.

Das Axialdreschwerk, Bild 1, beinhaltet zwei parallel angeordnete Dreschwerkzeuge, die jeweils aus einer Axialdreschtrommel und einem Dreschkorb bestehen. Die etwa 1000 mm langen Dreschtrommeln haben einen Außendurchmesser von etwa 350 mm. Sie sind in axialer Richtung in drei Abschnitte unterteilt: Zuführschnecke (375 mm), Stiftenteil (500 mm) und Auswurfschnecke (125 mm). Der Stiftenteil hat drei Stiftenreihen. In diesem Bereich soll der eigentliche Dreschvorgang stattfinden. Eine eingehendere Erläuterung dieses Werkzeuges findet man in [4].

*) Prof. Dr.-Ing. Alfred Stroppel ist Inhaber des Lehrstuhls für Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim. Dr. agr. Dipl.-Ing. Arnoldus Lo und Dipl.-Ing. agr. Wolfgang Seitz waren wiss. Mitarbeiter des Sonderforschungsbereichs 140 am gleichen Institut.

¹⁾ Der Firma Claas, Harsewinkel, sei an dieser Stelle dafür gedankt, daß sie die beiden Werkzeuge für die Versuche zur Verfügung gestellt hat.