

# Weiterentwicklung und Leistungsparameter einiger Baugruppen von Hochdruckspritzgeräten

Dr.-Ing. J. Spillecke, KDT/Dipl.-Ing. L. Demmel/Dipl.-Ing. W. Bergmann  
 Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Anlagenbau Impulsa Elsterwerda

## 1. Einleitung

er Geräte- und Baugruppendimensionierung ist als Grundlage für die im Praxiseinsatz durch funktionelles Zusammenwirken aller Geräteelemente erreichten Anwendungsergebnisse und die gezielte Weiterentwicklung besondere Bedeutung beizumessen. Das statische und dynamische Verhalten der Druckwassersäule und der Geräte bedingt besondere Maßnahmen zur Gewährleistung einer ausreichenden Funktions- und Betriebssicherheit sowie zur Erfüllung ergonomischer Anforderungen, die gerade bei der breiten Praxiseinführung von Hochdruckspritzgeräten verstärkt zu beachten sind. Deshalb sollen anwenderorientierte Fragen in Fortsetzung von [1] sowie in Ergänzung zu [2 bis 4] behandelt, Weiterentwicklungen und Erprobungsergebnisse vorgestellt sowie Hinweise zum effektiven Einsatz gegeben werden. Besonders wird auf Gerätebaugruppen eingegangen.

## 2. Weiterentwicklung von Baugruppen

### 2.1. Strahlpistole

Die in den Bildern 1 und 2 dargestellten Strahlpistolen (für einen Einsatzbereich bis 16 MPa und eine Medientemperatur von 100 °C) mit geteiltem Strahlrohr und Schnellverschlußverbindung beidseitig der Strahlrohrteile gestatten ein schnelles Umrüsten in eine lange oder eine kurze und mit einem speziellen Düsenanschlußstück auch in eine extrem kurze Ausführung. Die druckdichte Verbindung wird mit Hilfe einer Buchse mit aufgezogenem Rundring, die durch eine Überwurfmutter in das Gegenstück eingedrückt wird, erreicht. Damit entfallen die bisher eingesetzten Flachdichtungen, und es ist ohne nennenswerten Verschleiß von Dichtungen ein oftmaliges Lösen und Verbinden der Strahlrohre bei geringem Kraftaufwand möglich. Eine Schlüsselfläche am Gegenstück erlaubt eine richtungssichere Montage.

Weiterhin werden mit dieser Lösung die Gefahr des Undichtwerdens unter rauen Betriebsbedingungen wesentlich vermindert und Querkräfte sicherer aufgenommen als mit dem bisherigen Flachdichtsitz.

### 2.2. Dosierinjektor

Durch den Einsatz eines Preßmessingteils als Mischdüse konnte der Dosierinjektor (Bild 3) konstruktiv verändert werden. Der treibdüsenseitige Anschluß wird mit der auch an der Strahlpistole verwendeten Buchse und Überwurfmutter (Bild 2) vorgenommen, wobei die Treibdüse infolge des anliegenden Drucks in der Mischdüse an einem Anschlag fixiert ist. Durch den Einsatz eines einschraubbaren Saugstutzens, der eine gestauchte Dichtkante an der Planfläche aufweist, wird der saugseitige Anschluß realisiert. Zwei Bohrungen in der Mischdüse stellen die Verbindung zum Saugraum her. Eine Querbohrung in der Mischdüse gestattet eine zusätzliche Befestigung des Dosierinjektors am Gerät oder an stationären Einrichtungen. Abgangsseitig ist der Dosierinjektor mit einem Anschlußgewinde M 16 × 1,5 für einen Schneidring- oder einen Schweiß-Kugelbuchsenanschluß versehen. Eine Hochdruckschlauchleitung der Nennweite 8 kann angeschlossen werden. Die Einbaulage des Dosierinjektors ist beliebig.

## 3. Leistungsparameter

### 3.1. Dosierinjektor

Die Kennlinie des Dosierinjektors nach Bild 4 zeigt, daß die saugseitige Durchflußmenge, angegeben in der prozentualen Zudosierung zum Gesamtstrom, mit steigendem Treibmitteldruck abnimmt, wobei der optimale Betriebszustand im Zusammenwirken mit einer Sprühdüse (Durchmesser 2,8 mm) – im Reinigungsgerät R 208 z. B. bei einem Druck von 3,0 bis 3,5 MPa – gegeben ist. Damit wird der Nenndurchsatz und ein noch ausreichender Sprühdruk gewährleistet. Die

fertigungstechnisch bedingte Schwankungsbreite der Dosieranteile wird durch ein saugseitig vorgeschaltetes Dosierventil, das werksseitig vorgeprüft ist, teilweise kompensiert. Voraussetzung für eine maximale Saugleistung des Dosierinjektors ist ein Treibmittelstrom mit geringen Druckschwankungen und damit annähernd konstanter Strömungsgeschwindigkeit. Die Saugleistung vermindert sich um rd. 30 bis 40 % beim Einsatz einer einfachwirkenden Zweizylinderpumpe bei ungedämpftem Förderstrom im Vergleich zum Einsatz einer einfachwirkenden Vierzylinderpumpe, die ebenfalls ungedämpft arbeitet. Die Druckschwankungen bewirken einen pulsierenden Treibdüsenaustritt des Treibmittelstroms und damit einen ebenso pulsierenden Saugstrom. Die Energie zum Ansaugen geht somit durch hochfrequentes Beschleunigen des Saugstroms verloren. Der im Reinigungsgerät R 208 eingesetzte Injektor hat eine maximale Saugleistung bei einem konstanten Treibmittelstrom von  $90 \pm 10$  l/h, während diese Saugleistung im Gerät infolge der dortigen Druckschwankungen nicht erreicht wird.

Im Bild 5 ist der im Saugraum des Dosierinjektors entstehende Unterdruck in Abhängigkeit vom Druck nach dem Injektor – einschließlich einer Schlauchleitung mit einer Länge von 15 m und einer Strahlpistole – dargestellt. Damit ist ein zusätzlich zum Injektordruckabfall vorhandener Druckabfall von rd. 0,1 MPa einbezogen. Beim Betreiben von Dosierinjektoren ist somit unter dem Gesichtspunkt eines möglichst geringen Druckabfalls und hoher Saugleistung ein Verhältnis von Injektoreinspeisedruck zu Injektorausgangsdruck von  $\geq 2,4$  empfehlenswert.

### 3.2. Dosierventil

Aus der Kennlinie des Dosierventils [4] nach Bild 6 geht das günstige, d. h. mit annähernder Proportionalität zum Drehwinkel verlaufende Durchsatzverhalten hervor. Dadurch ist auch für Dosieranteile um 2 %, wie sie zur

Bild 1. Strahlpistolen in verschiedener Ausführung

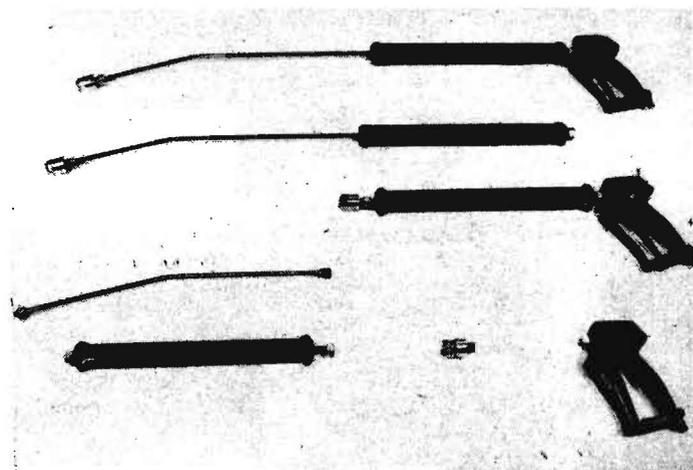
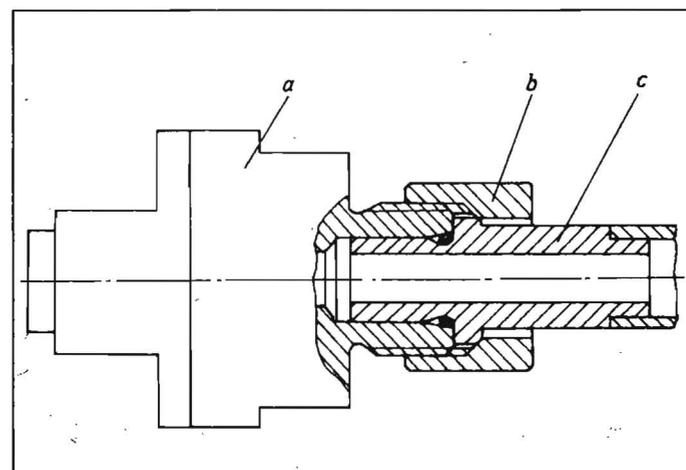


Bild 2. Schnittdarstellung des Düsenkopfanschlusses; a Düsenkopf, b Überwurfmutter, c Anschlußbuchse



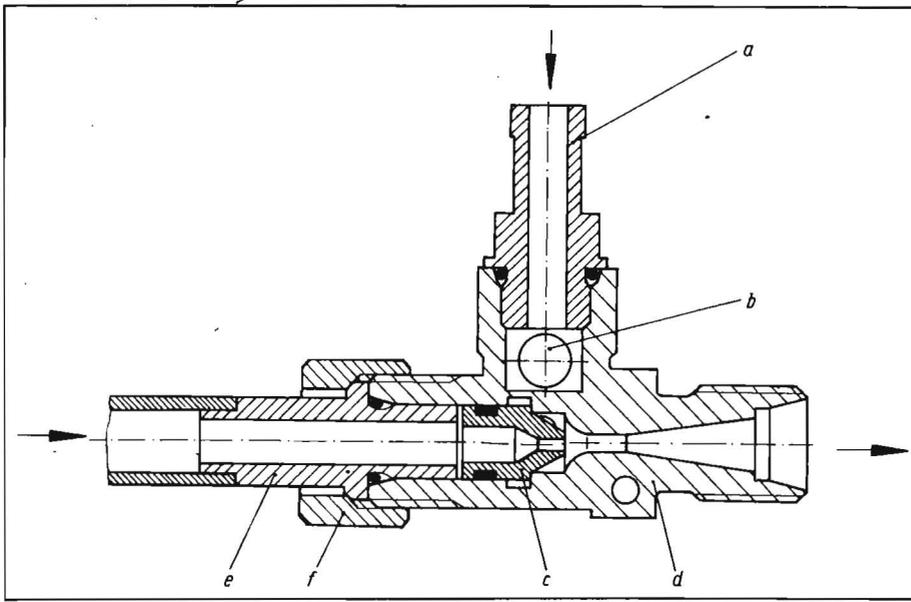


Bild 3. Schnittdarstellung des veränderten Dosierinjektors;  
a Saugstutzen, b Rückschlagelement, c Treibdüse, d Mischdüse, e Anschlußbuchse, f Überwurfmutter

Bild 4. Streubreite verschiedener Dosierinjektoren einer Losgröße bei der prozentualen Zudosierung zum Gesamtstrom in Abhängigkeit vom Treibmitteldruck (Dosierinjektor ohne zwischengeschaltetes Dosierventil)

Bild 5. Unterdruck im Saugraum eines Dosierinjektors (Treibdüsendurchmesser 2 mm, Mischdüsendurchmesser 3 mm) in Abhängigkeit vom Druck nach dem Injektor (15 m Schlauchleitung einschließlich Strahlpistole mit Sprühdüse, Durchmesser 3 mm) nach [5];

a Treibmitteldruck 2 MPa, Durchsatz 663 l/h, b Treibmitteldruck 3 MPa, Durchsatz 795 l/h, c Treibmitteldruck 4 MPa, Durchsatz 909 l/h, d Treibmitteldruck 5 MPa, Durchsatz 1110 l/h, e Treibmitteldruck 6 MPa, Durchsatz 1167 l/h

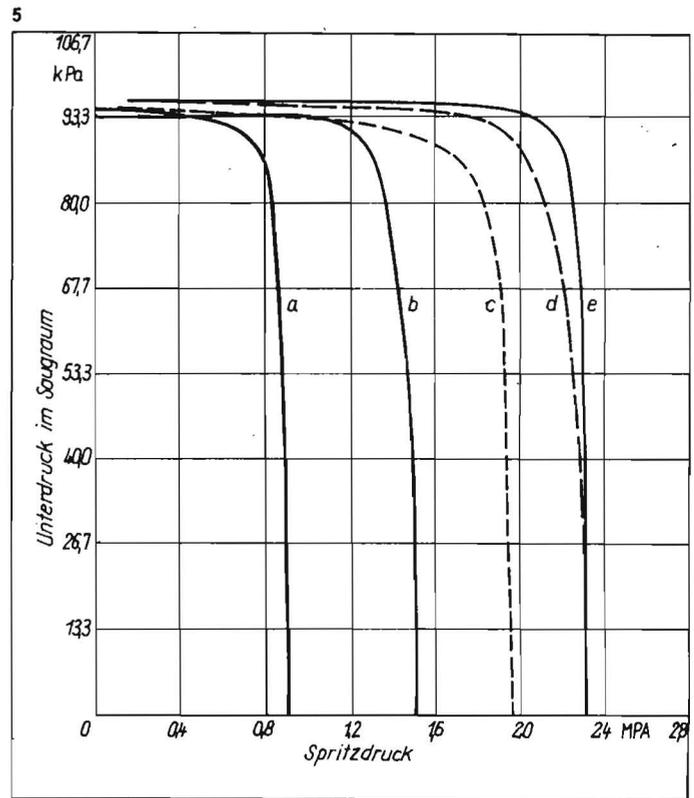
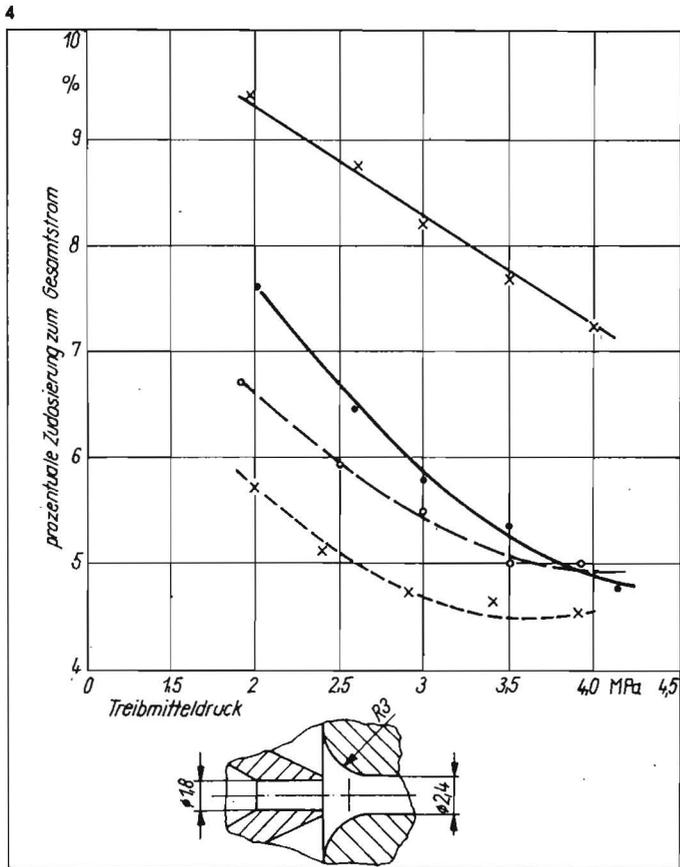


Bild 6. Kennlinien zum Dosierventil (10%  $\cong$  60 l/h Saugstrom); a Saugstrom unverdünnt, b Saugstrom 1:1 verdünnt, c Saugstrom 1:5 verdünnt

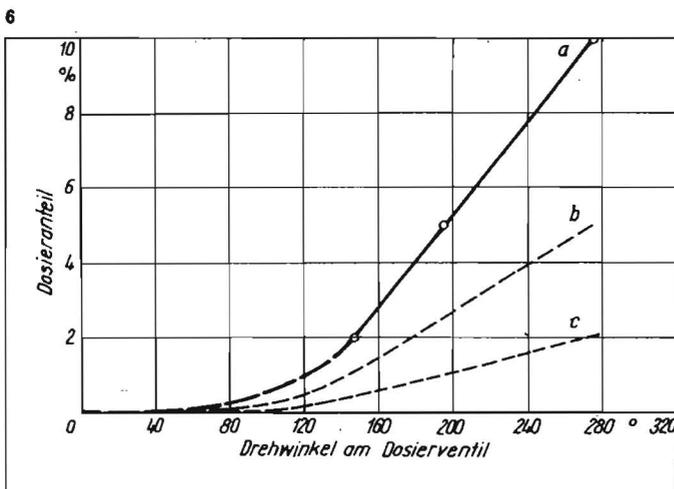
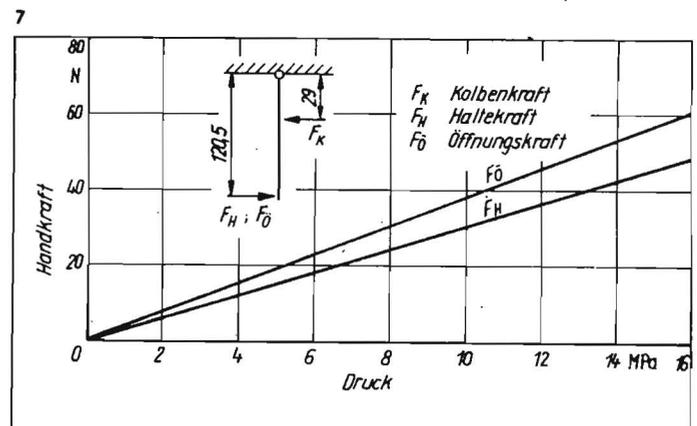


Bild 7. Handkraft an der Strahlpistole in Abhängigkeit vom Betriebsdruck



Desinfektion in der Tierproduktion gefordert werden, eine ausreichend genaue Einstellbarkeit gegeben. Sollte die erreichte Genauigkeit den Anforderungen bei Spezialmitteln dennoch nicht genügen, ist es ratsam, mit vorverdünnten Chemikalien zu arbeiten und mit Hilfe von Dosierventil und Dosierinjektor die weitere Verdünnung vorzunehmen. Bild 6 gibt auch dazu die Kennlinie an. Bei einer maximalen Nennweite des Dosierventils im geöffneten Zustand von 3 mm ergibt sich beim Anschluß an o. g. Injektor, der einen Unterdruck von rd. 93 kPa im Saugstutzen erzeugt, der im Bild 4 angegebene Durchsatz.

### 3.3. Strahlpistole

Als dem eigentlichen Arbeitswerkzeug von Hochdruckspritzgeräten kommt den Strahlpistolen als Düsenräger und Sicherheitseinrichtung zugleich eine besondere Bedeutung zu.

Sie gewährleisten das Wirksamwerden der vom Hochdruckgerät abnehmbaren Spritzleistung. Charakteristisch für die Praxiseignung der Strahlpistole sind folgende Merkmale: Masse, Längensvarianten, Handlichkeit, Wärmeisolierung, Öffnungs- und Haltekraft am Betätigungshebel, Düsenaufnahme und Düsenwechselart. Entscheidend für die Bedienbarkeit der Strahlpistole im Dauerbetrieb ist neben der druck- und durchsatzabhängigen Rückstoßkraft die erforderliche Öffnungs- und Haltekraft am Betätigungshebel. Bild 7 gibt die Handkraft, getrennt für Öffnen und Halten, in Abhängigkeit vom Druck an.

Die Geraden ergeben sich rechnerisch aus den dargestellten Kraftangriffspunkten und den konstruktiven Lösungen des Absperrventils der Strahlpistole [1, 2, 3]. Die Kraft  $F_K$  resultiert aus der durchbeaufschlagten Fläche des Vorsteuerkolbens des Absperrventils. Die Eigenmasse der Strahlpistole beträgt 1,6 kg. Von der Bedienperson ist zusätzlich ein rd. ein Meter langes Stück Schlauchleitung mit einer Masse von 1 kg zu tragen.

Für die auftretende Rückstoßkraft bei einer Flachstrahldüse ( $\cong$  Düsendurchmesser 1,35 mm) nach [6], in Abhängigkeit vom Druck, sind dem Bild 8 Angaben zu entnehmen. Zum Vergleich sind die Rückstoßkräfte weiterer Düsen eingetragen. Die zulässigen Werte werden dabei nicht überschritten. Zum Zweck einer günstigen Handhabung der Strahlpistole beim Reinigen und einer teilweisen Entlastung der Bedienperson von der auftretenden Rückstoßkraft ist das lange Strahlrohr um 15° nach unten abgelenkt.

### 3.4. Düsen

Die im Bild 9 angegebenen Düsenkennlinien verschiedener Hochdruckdüsen des VEB Kombinat Fortschritt Landmaschinen zur Reinigung sind sowohl für den Einsatz im Hochdruckspritzgerät als auch für die Einordnung in stationären Hochdruckanlagen von Interesse. Der ausgewiesene Druck ist der Düseneingangsdruck. Ein Vergleich von Angaben über Linien gleicher Kraftwirkung im aus der Düse austretenden Wasserstrahl ergibt, daß sowohl bei Rund- als auch bei Flachstrahldüsen bei einer Vergrößerung des Abstands vom zu reinigenden Objekt um nur 10 cm der Wasserstrahl in der Kraftwirkung um jeweils 50 % verliert. Daraus leitet sich die unbedingte Einhaltung minimaler Abstände zum Reinigungsobjekt im Praxiseinsatz ab. Oftmals werden diese Vorgaben nicht berücksichtigt.

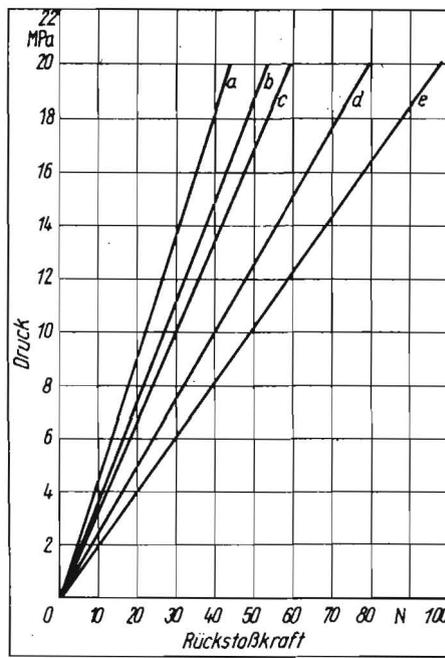


Bild 8. Rückstoßkraft an Düsen;  
a Flachstrahldüse,  $\cong$  Durchmesser 1,35 mm  
b Flachstrahldüse,  $\cong$  Durchmesser 1,50 mm  
c Flachstrahldüse,  $\cong$  Durchmesser 1,60 mm  
d Rundstrahldüse, Durchmesser 1,60 mm  
e Flachstrahldüse,  $\cong$  Durchmesser 2,10 mm

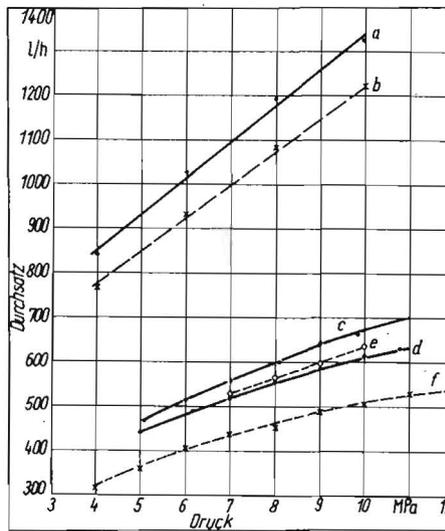
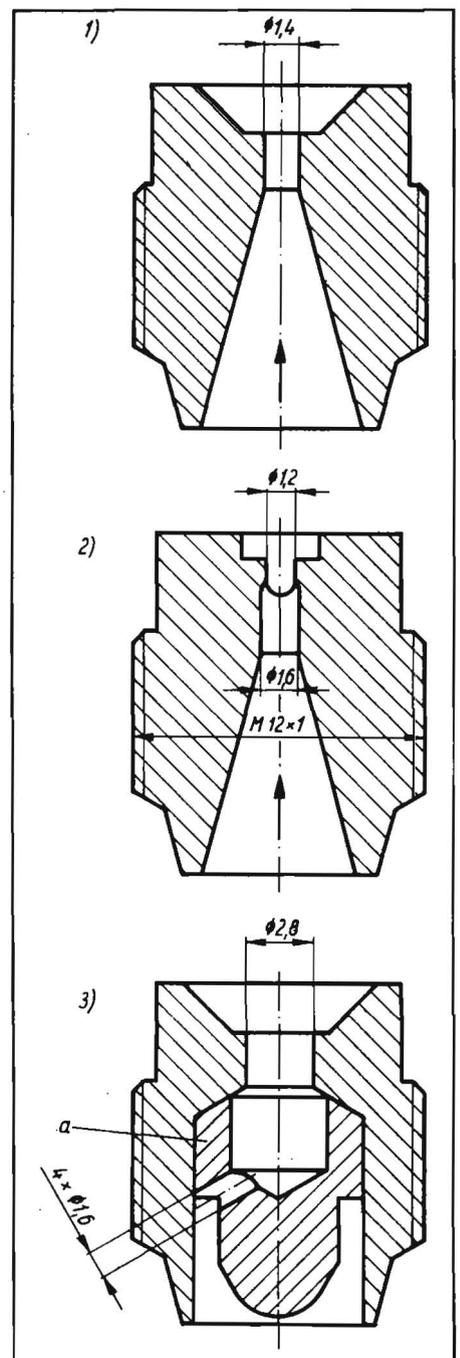
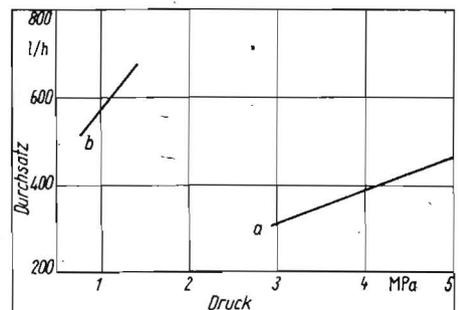


Bild 9. Kennlinien von Rund- und Flachstrahldüsen;  
a Rundstrahldüse, Durchmesser 1,90 mm  
b Flachstrahldüse,  $\cong$  Durchmesser 1,85 mm  
c Rundstrahldüse, Durchmesser 1,40 mm  
d Flachstrahldüse,  $\cong$  Durchmesser 1,35 mm  
e Rundstrahldüse, Durchmesser 1,30 mm  
f Rundstrahldüse, Durchmesser 1,20 mm



10



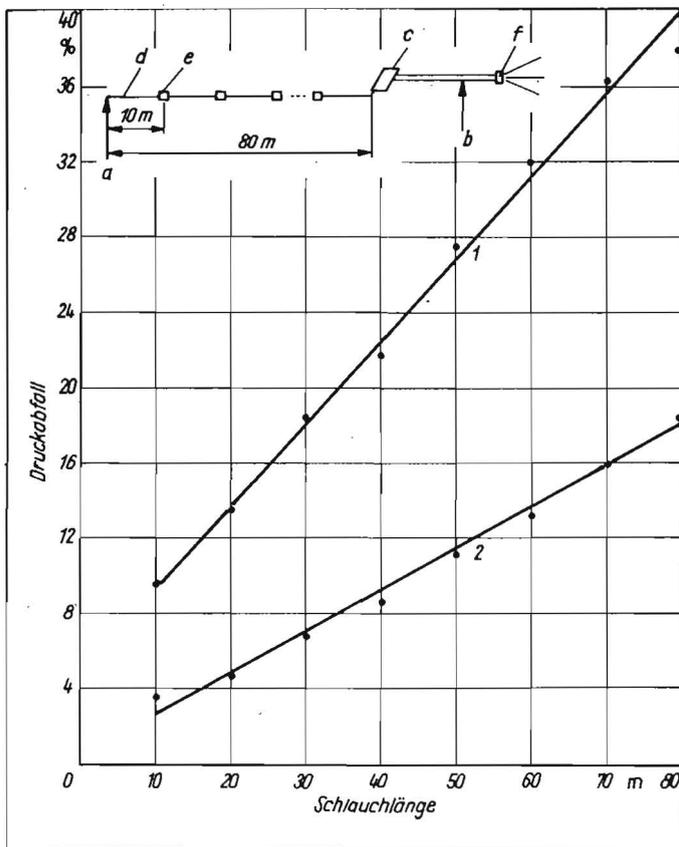
11

Bild 10. Schnittdarstellung von Düsen;  
1) Rundstrahldüse, 2) Flachstrahldüse, 3) Sprühdüse (a Drallkörper)

Bild 11. Kennlinien von Sprühdüsen;  
a Sprühdüse, Durchmesser 2,2 mm  
b Sprühdüse, Durchmesser 2,8 mm

Bild 10 stellt die drei Düsenausführungen im Aufbau und in den Hauptabmessungen dar. Die Kennlinien zweier Sprühdüsen sind im Bild 11 angegeben. Die Sprühdüse mit der Kennlinie b ist im Reinigungsgerät R 208 im Einsatz, wobei im Gerät der Treibdüsendurchmesser des Injektors 1,8 mm beträgt. Diese Kombination führt zu einem Sprüh-

druck von 1,5 MPa. Würde die Sprühdüse mit der Kennlinie a zum Einsatz kommen, wäre ein Treibdüsendurchmesser von 1,3 mm erforderlich, der jedoch im Reinigungsbetrieb einen zu großen Druckabfall aufweist. Der hierbei mögliche Sprühdurchdruck von 4 MPa ist dagegen sehr von Vorteil in bezug auf die Wurfweite.



**Bild 12**  
 Druckabfall in Abhängigkeit von der Länge des Hochdruckschlau- ches einschließlich der Strahlpistole (1 bei Rundstrahl- düse, Durch- messer 1,9 mm, und max. Durchsatz von 1 350 l/h, 2 bei Flach- strahl- düse,  $\approx$  Durch- messer 1,35 mm, und max. Durchsatz von 650 l/h);  
 a Druckmeßstelle I  
 b Druckmeßstelle II  
 c Strahlpistole  
 d Schlauchleitung (10 m, Stück NW 8)  
 e Verschraubung E 10-320 (kleinster Durchmesser 7 mm)  
 f Düsenkopf

- Hochdruckwasserstrahl niemals auf Men- schen oder Tiere richten (Ausnahme: Tier- wäsche mit rd. 2,5 MPa)
  - Strahlpistole nicht zum mechanischen Ent- fernen (Abstoßen) von Schmutzschichten nutzen
  - Düsenreinigung nur mit weichen Gegen- ständen vornehmen
  - saugseitige Dichtheit von Dosierinjektor und Dosierventil bei Druckbeaufschla- gung gewährleisten.
- Bevorzugte Einsatzgebiete der Hochdruckdü- sen sind:
- Rundstrahl- düse durch Bündelung des Strahls hoher Reini- gungseffekt bei besonders hartnäckigen Verschmutzungen
  - Flachstrahl- düse für Flächenreinigung bei normaler Ver- schmutzung
  - Sprühdüse für das Versprühen von Reinigungs- bzw. Desinfektionsmitteln in einem Vollkegel- strahl.

### 5. Zusammenfassung

Für den Anwender von Geräten der Hoch- druckspritztechnik werden Hinweise zur Weiterentwicklung, zu Leistungsparametern und zum Einsatz der Baugruppen Strahl- pistole mit Düsen, Dosierinjektor und Dosier- ventil geben. Deren Leistungsbereich wird in Kennlinien dargestellt und kann in mobi- len und stationären Anlagen über die ge- samte Breite genutzt werden. Angaben zu Strömungsverlusten in diesen Baugruppen vervollständigen die Information zur Praxis- wirksamkeit. Weiterhin werden Einsatzhin- weise für eine effektive Nutzung gegeben.

### 3.5. Strömungsverluste

Das verlustarme Zusammenwirken zwischen dem einer Hochdruckpumpe saugseitig nachgeschalteten Dosierinjektor mit dem Dosierventil, dem Hochdruckschlauch und der Strahlpistole mit den Düsen ist Voraus- setzung für einen hohen Wirkungsgrad des Gesamtgeräts. Strömungsverluste treten bei allen genannten Baugruppen auf. Sie werden konstruktiv so gering wie möglich gehalten. Aus Bild 12 geht der Druckabfall in Abhän- gigkeit von der Schlauchlänge einschließlich der Strahlpistole hervor. Die üblicherweise zu Hochdruckspritzgeräten mitgelieferten Schlauchleitungen weisen Längen zwischen 10 und 20 m auf, bei deren Einsatz der Druckabfall unterhalb 10 % des Betriebs- drucks liegt. In Ausnahmefällen sind Schlauchlängen bis rd. 40 m noch vertret- bar, während zum Überbrücken größerer Entfernungen das Hochdruckspritzgerät um- gesetzt werden muß.

Ein deutlicher Unterschied besteht zwischen den Kurven 1 und 2 des Bildes 12, die den Druckabfall von 1 350 l/h bei 10 MPa und von 650 l/h bei 10 MPa darstellen, wobei die Messungen jeweils in den Druckstufen 5, 8 und 10 MPa vorgenommen wurden.

Ein Injektor mit einem Treibdüsendurchmes- ser von 1,3 mm weist bei einem Durchsatz von 600 l/h nach [7] einen Druckabfall von rd. 5,4 MPa für den Fall auf, daß er dabei als Blende wirkend durchströmt wird und nicht dem Ansaugen dient. Dieser Fall tritt ein, wenn der Injektor auch beim Reinigungs- betrieb voll durchströmt wird und keine Injek- torumgehung vorhanden ist. Beim Reini- gungsgerät R 208 tritt bei einem Treibdüsen- durchmesser von 1,8 mm und einem Durch- satz von 800 l/h beim Reinigungsbetrieb mit einer Reinigungsdüse mit einem Durchmes- ser von 1,4 mm ein Druckverlust über den Injektor von fast 4 MPa auf.

### 4. Einsatzhinweise

Berücksichtigt werden muß bei der Anwen- dung der genannten Baugruppen in Geräten oder stationären Anlagen folgendes:

- Düsenabstand zum Reinigungsobjekt bis maximal 15 cm
- Düsenabstand vom Desinfektionsobjekt von rd. 1 bis 3 m einhalten
- Anschluß der Strahlpistole nur bei vorher- igem Durchspülen von Gerät und Schlauchleitung vornehmen
- Undichtheiten sofort beseitigen

### Literatur

- [1] Spillecke, J.; Bergmann, W.; Wetzel, H.: Geräte zur Hochdruckreinigung und Spritzdesinfek- tion. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 3, S. 105-108.
- [2] Absperrventil für hohe Drücke. WP 150 008, B 05 B 7/02, 1980.
- [3] Leicht lösbare Handbellagerung. WP F 16 B/ 242 367.5, 1981.
- [4] Dosierventil. WP F 16 K/246 805.1, 1983.
- [5] Bernaschek, W.: Berechnung und konstruktive Bearbeitung des Dosierinjektors für Desinfek- tions- und Aerosolgeräte. Ingenieurschule für Maschinenbau Leipzig, Ingenieurarbeit 1979 (unveröffentlicht).
- [6] Prospektunterlagen der Firma Woma, 1980.
- [7] Grafe, B.: Konstruktion einer Regel- und Dosier- einheit. Ingenieurschule für Maschinenbau Leipzig, Ingenieurarbeit 1981 (unveröffentlicht).

A 3840

## KATALOG

über die lieferbare und in Kürze erscheinende Literatur des VEB VERLAG TECHNIK.kostenlos erhältlich durch jede Fachbuchhandlung oder direkt durch den Verlag, Abteilung Absatz-Werbung