

# Untersuchungen zur Leistungsoptimierung profilierter Untersiebe in der Getreidereinigung

Prof. Dr. sc. techn. H. Regge, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik  
Dr. sc. techn. V. N. Minaev, Allunions-Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der UdSSR, Moskau

## Verwendete Formelzeichen

$A_s$	mm	Siebamplitude
$\omega^2 \cdot A_s$	$m/s^2$	Siebbeschleunigung
$a$	$min^{-1}$	Konstante der optimalen Antriebsfrequenz
$b$	$dm^2/kg$	Koeffizient der optimalen Antriebsfrequenz
$E$	%	Trenneffekt
$L$	mm	Sieblänge
$l_s$	mm	Schlitzlochlänge
$n_1$	$min^{-1}$	Antriebsfrequenz des Siebes auf die Einheit der Siebbreite bezogener spezifischer Siebdurchsatz
$q_B$	$kg/h \cdot dm$	auf die Einheit der Siebbreite bezogener spezifischer Siebdurchsatz
$q_s$	$kg/h \cdot dm^2$	auf die Einheit der Siebfläche bezogener spezifischer Siebdurchsatz
$w_1$	mm	Schlitzlochweite
$\alpha$	°	Siebneigungswinkel
$\beta$	°	Schwingungsrichtungswinkel
$\beta_1$	°	Profilwinkel
$\omega$	$s^{-1}$	Winkelgeschwindigkeit des Siebtriebes

## Einleitung

Die zunehmende Getreideproduktion verlangt nach der Ernte mit dem Mährescher eine schnelle Bearbeitung, um bei geringsten Verlusten und Kosten die geforderten Gebrauchswerte zu sichern. Hierbei nimmt die Getreidereinigung einen herausragenden Platz ein.

Die Getreideaufbereitung ist einer der zeitaufwendigsten Arbeitsgänge in der Getreideproduktion (bis zu einem Drittel des Gesamtarbeitsaufwands). Deshalb ist es das Ziel der Entwicklung und Einführung neuer leistungsfähiger Getreidereinigungsmaschinen, die Aufwendungen zu reduzieren und die Produktqualität aller Gebrauchswerte zu verbessern.

In der Getreideaufbereitung stellt das Sieben ein vorrangiges Verfahren zur Beimengungsabscheidung dar. Die Auslegung des Siebwerks und die Gestaltung der Untersiebe bestimmen die Bearbeitungsleistung und die Qualität der Reinigung einer Getreidereinigungsmaschine [1]. Deshalb sind Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Intensivierung des Siebens in Siebsichtern sowohl von relevanter wissenschaftlicher als auch praktischer Bedeutung.

## Erkenntnisstand

### Über die zweckmäßige Auswahl von kinematischen Siebparametern

Die Intensität der Abscheidung von Durchgangsteilchen durch die Sieböffnungen hängt ganz wesentlich von der Wahl der kinematischen Siebparameter ab. Von Kupric [2] angestellte experimentelle Untersuchungen führten zu der Erkenntnis, daß bei schwingend angetriebenen Flachsieben (Bild 1) unabhängig von den übrigen Betriebsparametern dann ein optimales Regime vorliegt, wenn das Produkt aus Winkelgeschwindigkeit und Siebamplitude einer ganz bestimmten Hyperbelfunktion genügt. Vasil'ev [3] und Kožuchovskij [4] vertreten die Auffassung, daß mit zunehmender Siebbelastung durch höheren Durchsatz oder grö-

ßere Schichthöhe die Siebfrequenz steigen muß, damit die Feingutteilchen auch aus den oberen Siebgutbereichen der Siebfläche sicher zugeführt werden. Für jede Belastung existiert ein optimaler Wert für die Siebeschleunigung, der aber siebgutabhängig ist. Für wenig verunreinigten, trockenen Weizen ergibt sich nach Vasil'ev die optimale Siebeschleunigung eines schwingenden Flachsiebes mit Schlitzlöchern entsprechend Gl. (1):

$$\omega^2 A_s = 18 + 0,047 q_B \quad (1)$$

Der Einfluß des Feinkornanteils im Aufgabegut ist von untergeordneter Bedeutung und wurde demzufolge in dieser Beziehung vernachlässigt. In Gl. (1) wird der beachtliche Durchsatz einfluß auf die Größe der einzustellenden Optimalbeschleunigung wiedergegeben. Da in einer gegebenen Konstruktion die Siebamplitude nicht variierbar ist, hat die Anpassung an den Durchsatz über die Änderung der Winkelgeschwindigkeit zu erfolgen.

Tafel 1. Untersuchte Systemparameter

Schlitzloch-Proflilsieb (Schlitzlochweite $\times$ Schlitzlochlänge)	2,25 mm $\times$ 25 mm
Profilwinkel	105°
Sieblänge	1 200 mm
Schwingungsrichtungswinkel	0°
Schwingungsamplitude	5...20 mm
Antriebsfrequenz des Siebes	200...900 $min^{-1}$
untersiebspezifischer Besatz	5 %
spezifischer Durchsatz	12,5; 25; 50; 75; 100 $kg/h \cdot dm^2$
Siebneigungswinkel	6; 7; 8; 10; 12°

Bild 1. Antriebsschema eines Schwingsiebes

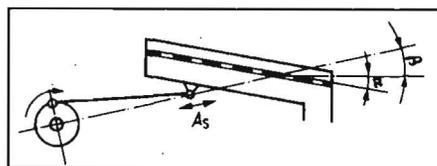
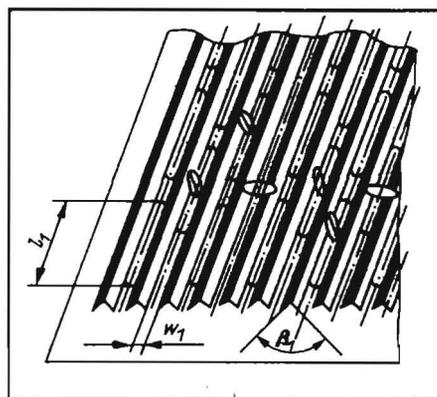


Bild 2. Trennfläche eines profilierten Schlitzlochsiebes



Für die Feinkornabscheidung in der Maisreinigung mit Hilfe eines Schlitzloch-Proflilsiebes (ähnlich dem im Bild 2) fand Vasil'ev die Beziehung

$$\omega^2 A_s = 18 + 0,100 q_B \quad (2)$$

Konstruktions- und wohl auch stoffparameterbedingt hat hier im Vergleich zur Weizenreinigung auf einem Flachsieb der Durchsatz einen reichlich doppelt so hohen Einfluß auf die optimale Siebeschleunigung, und er verlangt bei gegebener Siebamplitude eine bedeutend höhere Winkelgeschwindigkeit zum Erreichen einer optimalen Betriebsweise.

Auch den Siebneigungswinkel und den Schwingungsrichtungswinkel berücksichtigend, schlägt Kožuchovskij zur Bestimmung der Optimalbeschleunigung eines Schlitzloch-Flachsiebes (Weizenreinigung) die folgende empirische Gleichung vor:

$$\omega^2 A_s = 4,2 \sqrt{\frac{q_B}{(\alpha + \beta)}} \quad (3)$$

Diese Beziehung veranschaulicht, daß ein sich ändernder Durchsatz sowohl durch die Änderung der Winkelgeschwindigkeit als auch durch die Änderung der Richtungswinkel berücksichtigt werden kann, um ein optimales Arbeitsregime aufrecht zu erhalten.

Ksifil'nov [5] kam nach Vergleichsuntersuchungen mit Schlitzloch-Flachsieben (2,25 mm  $\times$  25 mm), bei denen die Schlitzlöcher quer und längs zur Bewegungsrichtung des Siebgutes angeordnet waren, zu dem Schluß, daß das Optimum der Siebeschleunigung zwischen 18 und 20  $m/s^2$  liegt. Als Versuchsgut diente Weizen mit einem spezifischen Durchsatz von 60  $kg/h \cdot dm$ . Zum anderen stellte er fest, daß quer angeordnete Sieböffnungen selbst bei optimaler Schwingfrequenz nur einen um etwa 5 % geringeren Trenneffekt erreichen.

Batel [6] gibt, aus experimentellen Untersuchungen abgeleitet, den Bereich optimaler Siebeschleunigung mit 13,7 bis 23,0  $m/s^2$  an. Nach Untersuchungen mit Schlitzloch-Flachsieben (Schlitzlochweite 2,2 mm) empfehlen Lanka und Konopasek [7] folgende Einstellwerte für das Siebwerk:

$A_s = 20$  bis 23 mm,  $\omega = 30$  bis 35  $s^{-1}$ ,  $\alpha = 4,5^\circ$ . Unter diesen Bedingungen werden Beschleunigungswerte von 20,7 bis 24,5  $m/s^2$  erreicht, und diese liegen im Bereich jener Optimalwerte, die in [4, 5, 6] angegeben worden sind.

Auf profilierten Untersieben (Bild 2) mit Schlitzlochweiten von 2,0 mm erzielte Ermol'ev [8] bei der Abscheidung von Unkrautsamen und mineralischen Bestandteilen im Vergleich zu Flachsieben eine um 40 % höhere Leistung, wobei sich zeigte, daß ein zunehmender spezifischer Durchsatz zwar den Trenneffekt herabsetzt, aber die Optimalparameter des Systems nicht verändert. Gerade aus diesen Untersuchungen kann man schlußfolgern, daß Profilsiebe vor allem für

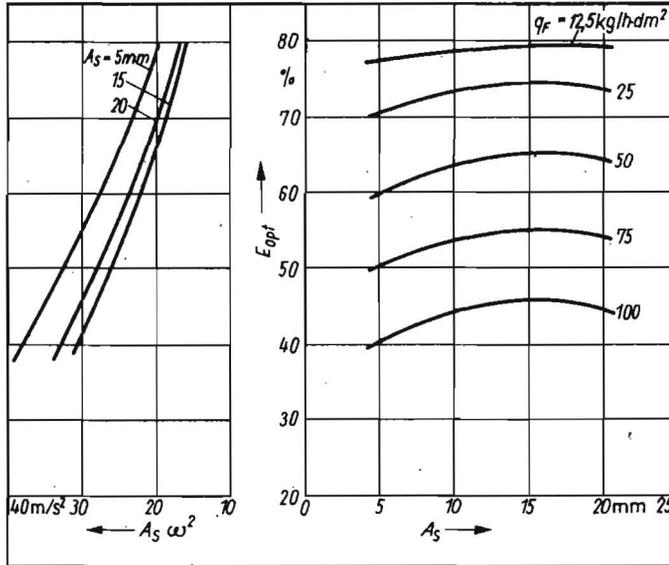
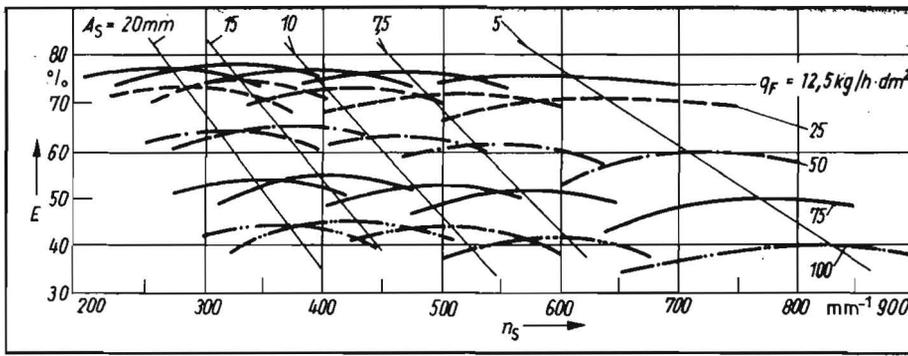


Bild 3  
Abhängigkeit des Trenneffekts von der Antriebsfrequenz, der Siebampplitude und dem spezifischen Durchsatz

Bild 5  
Einfluß der Siebampplitude und des spezifischen Siebdurchsatzes auf den optimalen Trenneffekt und die erforderliche Siebeschleunigung

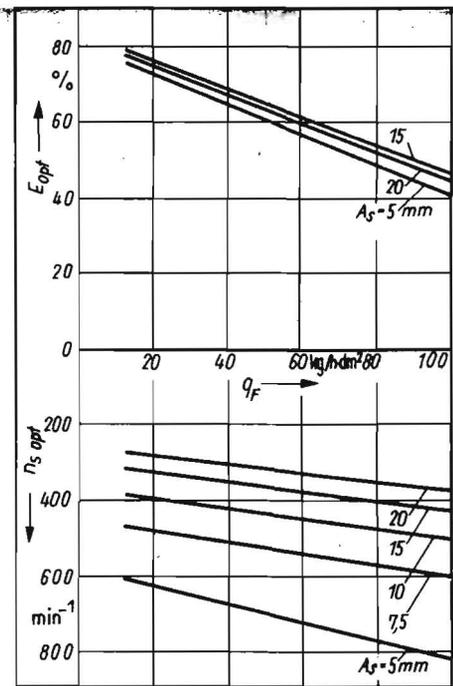


Bild 4. Einfluß des spezifischen Durchsatzes und der Siebampplitude auf die optimale Antriebsfrequenz und den optimalen Trenneffekt

Tafel 2. Konstanten- und Koeffizientenwerte der durchsatzabhängigen optimalen Antriebsfrequenz des Siebes

$A_s$ , mm	a, $\text{min}^{-1}$	b, $\text{dm}^2/\text{kg}$
5	582	147
7,5	454	92
10	372	79
15	296	70
20	259	68

Siebgut mit länglicher Form besondere Bedeutung haben, da durch die Orientierung der Siebgutpartikel in den Kanälen (Bild 2) die Trennvorgänge beschleunigt werden. Dabei üben die kinematischen Parameter, besonders die Siebeschleunigung, und der spezifische Durchsatz entscheidende Einflüsse auf den Trenneffekt aus.

### Untersuchungsergebnisse

Mit einer Schwingsieb-Versuchseinrichtung und profilierten Untersieben haben die Autoren an der Technischen Universität Dresden bei Versuchsbedingungen einer Weizenintensivreinigung in großer Variationsbreite den Einfluß wichtiger Konstruktions- und Betriebsparameter auf den Trenneffekt untersucht (Tafel 1). Dabei wurde auch die Erkenntnis berücksichtigt, daß mit steigendem spezifischen Durchsatz ein zunehmender Siebneigungswinkel den Trenneffekt begünstigt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind im Bild 3 dargestellt. Zunächst zeigt die Darstellung, wie schon aus einer früheren Veröffentlichung [9] bekannt, die parabolische Abhängigkeit des Trenneffektes von der Antriebsfrequenz des Siebes für alle untersuchten spezifischen Durchsätze und Siebampplituden. Für jeden Durchsatz gibt es somit in Abhängigkeit von der festgelegten Siebampplitude nur eine Antriebsfrequenz, bei der ein Maximum an untersiebspezifischem Besatz abgeschieden wird. Je weiter man von dieser Optimalfrequenz entfernt ist, desto geringer ist der erzielte Trenneffekt.

Im Bild 4 ist veranschaulicht, daß mit steigendem spezifischen Durchsatz der optimale Trenneffekt generell absinkt und die optimale Antriebsfrequenz des Siebes um so stärker zu höheren Werten verschoben wird,

je kleiner die Siebampplitude gewählt wird. Im untersuchten Variationsbereich besteht zwischen der optimalen Antriebsfrequenz und dem spezifischen Siebdurchsatz in Abhängigkeit von der Siebampplitude eine lineare Beziehung der Form

$$n_{s \text{ opt}} = a + b q_F \quad (4)$$

Für die untersuchten Verhältnisse sind die Koeffizienten der Gl. (4) in Tafel 2 zusammengestellt.

Die ermittelten Zusammenhänge führen zu dem Schluß, daß bei der konstruktiven Auslegung einer Reinigungsmaschine Antriebsfrequenz des Siebes und Siebampplitude eines profilierten Untersiebes nicht als absolut konstante Maschinenparameter aufgefaßt werden dürfen. Vielmehr sind beide schon beim Maschinenentwurf dem geplanten Nenndurchsatz anzupassen. Variiert der Durchsatz im Betrieb, ist ein maximaler durchsatzabhängiger Trenneffekt nur dann zu erzielen, wenn die Antriebsfrequenz des Siebes – am besten im Automatikbetrieb – dem zeitlichen Durchsatzverlauf angepaßt werden kann.

Der Einfluß der Siebampplitude auf den Trenneffekt macht im untersuchten Variationsbereich nicht mehr als 5% aus (Bild 4). Unabhängig vom spezifischen Durchsatz stellt sich bei Siebampplituden um 15 mm ein Maximum des optimalen Trenneffektes ein (Bild 5). Mit zunehmendem Abstand der realen Schwingweite des Siebes von dieser Scheitelwertampplitude tritt ein progressiver Abfall des optimalen Trenneffektes ein. Außerordentlich aufschlußreich sind im Bild 5 Lage und Verlauf der zu den optimalen Trenneffekten zugehörigen Kennlinien der Siebeschleunigung. Sie geben einen Ein-

blick in die energetische Seite des Trennprozesses auf einem profilierten Untersieb. Wie schon früher durch Fischer [10] sowie Lur'e und Grombčevš'kij [11] bei ähnlichen Untersuchungen an Flachsieben ganz allgemein nachgewiesen wurde, erfordert ein optimaler Trenneffekt mit steigendem spezifischen Durchsatz grundsätzlich eine Zunahme der Siebeschleunigung. Also ist auch aus energetischer Sicht der Siebbetrieb einem sich zeitlich ändernden spezifischen Durchsatz anzupassen, wenn unter derartigen Bedingungen ein ständig optimaler Trenneffekt gewährleistet werden soll.

Von besonderer Bedeutung ist die Feststellung, daß Siebampplituden im Bereich um 15 mm nicht nur maximale Trenneffekte sichern, sondern diese maximalen Trenneffekte auch mit geringsten Siebeschleunigungen erreichen. Das heißt, daß ein Siebbetrieb in diesem Bereich am wirtschaftlichsten abläuft. In solchen Betriebszuständen wird nicht nur energiesparend gearbeitet, sondern es sind auch Materialbelastung und Verschleiß am geringsten, was letztlich zu einer höheren Nutzungsdauer der Maschine führt.

### Zusammenfassung

Experimentelle Untersuchungen an einem profilierten Untersieb sowie entsprechende Literaturstudien führen zu der Erkenntnis, daß solche Siebe im Vergleich zu Flachsieben höhere Trenneffekte ermöglichen. Opti-

male Betriebsverhältnisse stellen sich bei einer Siebamplitude von 15 mm ein, da hier bei minimaler Siebbeschleunigung maximale Trenneffekte erreicht werden. Da die erforderliche Siebbeschleunigung durch den spezifischen Durchsatz bestimmt wird, ist ein durchsatzabhängiger maximaler Trenneffekt nur durch eine den Durchsatzschwankungen angepaßte Regelung der Antriebsfrequenz zu gewährleisten. Dieser Zusammenhang ist für die Prozeßautomatisierung sehr bedeutsam.

#### Literatur

- [1] Regge, H.; Minaev, V.: Möglichkeiten zur Steigerung der Siebleistung von Getreidereinigungsmaschinen. *agrar-technik*, Berlin 30 (1980) 1, S. 18–20.
- [2] Kupric, A. N., u. a.: *Technologieja pererabotki*

- zerna (Technologie der Getreideverarbeitung). Moskva: Verlag Kolos 1965, S. 60–61.
- [3] Vasil'ev, S. A.: *Separacija semjan sel'skochozajstvennyh kultur na rešetach* (Separation von Samen landwirtschaftlicher Kulturen auf Sieben). Allunions-Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der UdSSR, Moskva, Autorreferat einer Doktordissertation 1962, S. 40–44.
  - [4] Kožuchovskij, I. E.: *Zernoočistitel'nye mašiny* (Getreidereinigungsmaschinen). Moskva: Verlag Mašinostroenie 1965, S. 37–44.
  - [5] Ksifil'nov, N. A.: *O kinematičeskom režime raboty ploskogo rešeta* (Über das kinematische Arbeitsregime eines Flachsieb). *Sel'chozmašina*, Moskva 25 (1954) 10, S. 17–21.
  - [6] Batel, W.: *Einführung in die Korngrößenmeßtechnik*. Berlin/Göttingen: Springer-Verlag 1964, S. 53–67.
  - [7] Lanka, I.; Konopasek, J.: *Dalši poznatky z výzkumu procesu čišteni a třídění zrnin na rovennych sitech* (Neue Forschungsergebnisse

- über den Prozeß der Reinigung und Sortierung von Getreidegemischen auf Flachsieben). *Zemědělská Technika*, Praha 21 (1975) 10, S. 593–595.
- [8] Ermol'ev, Ju. I.: *Zur Anwendung profilierter Untersiebe in der Getreidereinigung*. *agrar-technik*, Berlin 37 (1987) 4, S. 169–170.
  - [9] Regge, H.; Minaev, V.: *Zur Leistungscharakteristik profilierter Untersiebe in Getreidereinigungsmaschinen*. *agrar-technik*, Berlin 37 (1987) 4, S. 171–172.
  - [10] Fischer, W. E.: *Siebsortierung von Getreidekörnern durch Schüttelsiebe mit hoher Schwingungszahl*. *Technik in der Landwirtschaft*, Berlin 14 (1933) 9, S. 200–203.
  - [11] Lur'e, A. B.; Grombčevskij, A. A.: *Rasčet i konstruovanie sel'skochozajstvennyh mašin* (Berechnung und Konstruktion von Landmaschinen). Leningrad: Verlag Mašinostroenie 1967.

A 5400

## Zu Entwicklungstendenzen der Instandsetzung von Einzelteilen

Dozent Dr.-Ing. J. Stibbe, KDT/Dipl.-Ing. E. Forkel, KDT, VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal

#### Zielstellung

Die perspektivische Entwicklung der Einzelteilinstandsetzung (ETI) [1] in der landtechnischen Instandsetzung wird besonders von folgenden vier Faktoren beeinflusst:

- Erweiterung des Aufarbeitungssortiments
  - progressive Weiterentwicklung von Verfahren der ETI
  - Qualitätssicherung durch Technologie und Ausrüstung
  - Ausbau von Organisation und Zirkulation.
- Besonders wichtig ist die Sicherung eines verfahrenstechnischen Beitrags sowohl für die handwerkliche Instandsetzung von Einzelteilen (Werkstattverfahren) als auch für die spezialisierte ETI (mechanisierungswürdige Verfahren).

Werkstattverfahren sollen neben der garantierten Funktionssicherung nach der Instandsetzung auch universell, d. h. für viele Einzelteile, anwendbar sein.

Die mechanisierten Verfahren der ETI haben einen spürbaren Beitrag zur Steigerung der Arbeitsproduktivität und zur Qualitätsverbesserung zu leisten.

Beide o. g. Verfahrenskomplexe sind so zu entwickeln, daß besonders eine Erhöhung

der Verschleißfestigkeit und damit der Verfügbarkeit der Maschine eintritt. Die Lösungswege dazu bestehen in der Gütesicherung des Zusatzwerkstoffs (Schweißdraht, Metallpulver, Verfahren für Pulverauftrag), in der Realisierung verschleißfester Aufwuchsschichten (galvanischer Cr-Auftrag, chemischer Ni-Auftrag) und in der Veredlung der Auftragschichten oder Grundwerkstoffe (thermo-chemisch: Gaskarbonitrieren; partiell thermisch: Induktionshärten, Elektronenstrahlhärten, Laserhärten; mechanisch: Oberflächenfeinwalzen, Diamantglätten, Kugelstrahlen). Auf einige dieser Lösungsmöglichkeiten wird nachfolgend näher eingegangen.

#### Werkstattverfahren

Kleine Instandsetzungswerkstätten für die ETI, auch solche in Landwirtschaftsbetrieben, benötigen neben den üblichen Reparaturschweißverfahren [2], wie

- Elektroden-Hand-Schweißen
- Gas-Schweißen
- MAG-Hand-Schweißen, auch solche Verfahren, wie
- Metallpulver-Flammspritzen (PFSp)

- Draht-Flammspritzen (DFSp)
  - Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG-AS)
  - Kleb-, Gieß- und Laminier-technik (KGL).
- Das *Metallpulver-Flammspritzen* ermöglicht mit geringem Ausrüstungsaufwand das thermische Spritzen ohne Verzug (z. B. Brems-, Lenkungs- und Achsteile) und für unterschiedliche Verschleißanforderungen [2].

Das *Draht-Flammspritzen* (Bild 1) bringt mit mobilen Spritzeinrichtungen einen guten Korrosionsschutz für Stallausrüstungen (z. B. Kotroste, Standausrüstungen). Dabei geht es um die Wiederherstellung des Korrosionsschutzes mit verbesserten Verschleißeigenschaften durch den Auftrag von Zink als Korrosionsschutzschicht (40 bis 50 µm) mit anodischem Potential gegenüber Stahl sowie als Haftgrund für die darauf aufzutragende Aluminium-Schicht (200 µm) als Korrosions- und Verschleißschutzschicht durch Ausbildung einer Oxidschicht von relativ größerer Härte und mit anodischem Potential gegenüber Stahl. Der Wiederholerschutz ist vor wesentlicher Schädigung und Schwächung des Grundmaterials notwendig. Vor dem Auftrag sind die Einzelteile durch Strahlen zu rein-

Bild 1. Draht-Flammspritzen (Technologie: Grobreinigung mit Dampf, Reparaturschweißen, Strahlen mit Korund, Draht-Flammspritzen mit Zn und Al, Versiegeln mit Vinylanstrich); a Verdichter, b Druckluftbehälter, c kombinierter Druckluftfilter, d Druckminderer, e Gasflaschen, f Drahtspule, g Spritzdraht, h Schläuche, i Flammspritzpistole (Handgerät), k Werkstück

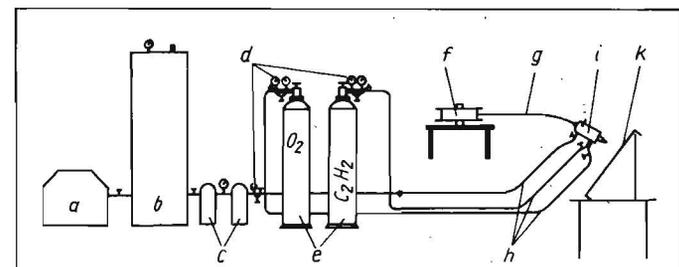


Bild 2. Buchseneinkleben in eine Keilriemenscheibe (Technologie: alkalische oder organische Vorreinigung, Feinbearbeitung der Bohrung, Nabenvorwärmung, mit Klebstoff beschichtete vorgefertigte neue Buchse fügen); a Kopfplatte, b Verschleißbuchse, c Klebstoff, d Dorn mit Zentrierfläche, e verschlissenes Einzelteil, f Unterlage

