

## 1. Notwendigkeit des Berechnens von Verschleißvorgängen

Das Installieren einer optimalen Zuverlässigkeit in landtechnische Arbeitsmittel macht im Stadium der Konstruktion das Projektieren des zu erwartenden Schädigungsverhaltens erforderlich. Es ist notwendig, diesen zeitabhängigen Prozeß in einem funktionalen Zusammenhang mit dem Werkstoff und den Betriebsparametern sowie deren zeitlichen Veränderungen mathematisch darzustellen. Diese Zusammenhänge können im Prinzip auch experimentell ermittelt werden. Solche Versuche sind sehr zeitaufwendig und bergen die Gefahr von Fehlansagen in sich, besonders dann, wenn die Anzahl der Einzelwerte gering ist. TROSS [1] unterstreicht die eigenen Erfahrungen dahingehend, daß selbst bei völlig gleichen Versuchsbedingungen und völlig gleichem Werkstoff sich bemerkenswerte Unterschiede in den Verschleißbeträgen ergeben, so daß 40 bis 50 Einzelversuche statistisch ausgewertet werden müssen, um eine gesicherte Aussage treffen zu können. Es ist also einzusehen, daß eine mathematische Methode zum Vorausbestimmen des zu erwartenden Schädigungsverhaltens von Gleitpaarungen anzustreben ist. Grundlagen dazu haben KRAGELSKI [2] [3] [4] und MAC GREGOR [5] veröffentlicht.

\* Sektion Landtechnik der Universität Rostock  
(Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. CHR. EICHLER)

### Verwendete Formelzeichen

Um die Identität mit der Literatur zu wahren, wurden die Formelzeichen nicht nach der neuesten Norm umgestellt.

$I_h$	lineare Verschleißintensität
$\Delta h_a$	abgetragene Schichtdicke
$S$	Gleitweg
$I_q$	Intensität des Masseverschleißes
$q$	Masse des abgetragenen Werkstoffs
$F_a$	nominelle Konturenberührungsfläche
$I_w$	energetische Verschleißintensität
$I_R$	Reibleistung
$P_R$	Reibkraft
$\rho$	Dichte
$i_q$	spezifischer Verschleiß
$F_R$	tatsächliche Berührungsfläche
$q_1$	spezifischer Masseverschleiß
$h_1$	spezifischer Längenschleiß
$l$	Durchmesser eines Berührungspunktes
$P_a$	nomineller Druck
$P_r$	tatsächlicher Druck
$i_h$	spezifischer Linearverschleiß
$P$	Lagerdruck
$H_B$	Brinellhärte bei Betriebstemperatur
$h$	Eindringtiefe
$\frac{h}{r}$	relative Eindringtiefe
$\tau$	Schubspannung
$V_m$	minimale Größe des an der Deformation beteiligten Volumens
$b_s, v$	Parameter der Stützflächenkurve
$\varepsilon$	relative Annäherung
$h_{\max}$	maximale Höhe der Unebenheiten
$F_O$	Konturenberührungsfläche
$V_O$	abgetrenntes Volumen
$n_f$	Zahl der Wechselwirkungen, die eine Abtrennung des Werkstoffs hervorrufen
$r$	Gipfelradius der Unebenheit
$E$	Elastizitätsmodul
$\mu_p$	Poisson-Koeffizient
$\mu$	Reibkoeffizient
$l$	Ermüdungskoeffizient (Gradindex der Ermüdungskurve)
$\varepsilon_{\text{Bruch}}$	relative Verlängerung, die zum Bruch des Prüfkörpers bei einmaliger Belastung führt
$\varepsilon_t$	relative Verlängerung der Oberflächenschicht, bei der ein Werkstoffbruch nach $n$ Zyklen auftritt

Nachfolgend soll dem interessierten Leser diese Problematik am Beispiel des Verschleißes von fettgeschmierten Gleitlagern näher gebracht werden.

## 2. Einflußfaktoren auf den Verschleiß

Der Verschleißvorgang ist in seinem Charakter komplex und wird von vielen Faktoren beeinflusst. Diese Einflußfaktoren sind in Anlehnung an POLZER [6] in Tafel 1 dargestellt.

Das Einbeziehen aller Einflußgrößen in die Formel zum Berechnen des Verschleißes würde diese sehr komplizieren. Es muß für ein praktisches Anwenden von Berechnungsverfahren geprüft werden, ob eine in das Modell eingehende Größe mit vertretbarem Aufwand in der Praxis bestimmbar ist und wesentlichen Einfluß auf den Verschleißbetrag hat.

## 3. Verschleißtheorie nach KRAGELSKI (2)

### 3.1. Voraussetzungen

Die Elemente der Theorie von KRAGELSKI über die Beziehungen zwischen Reibung und Verschleiß sind:

- Theorie der Annäherung und Berührung von Körperflächen
- Theorie über die auftretenden Temperaturen an den reibenden Flächen
- Theorie über die Bedingungen des Übergangs von einer Art der Oberflächenverletzung zur anderen im Zusammenhang mit der Analyse von Ermüdungserscheinungen
- Theorie über die äußere Reibung
- Theorie über den Materialverlust bei mechanischer Beanspruchung

Die praktischen Auswirkungen dieser Theorie müssen mit den nachfolgenden Anforderungen an Verschleißtheorien und Berechnungsmethoden weitgehend übereinstimmen. Es werden folgende Anforderungen gestellt [6]:

- Gültigkeitsbereich für alle praktischen Verschleißbedingungen und Verschleißmechanismen
- Zurückführung von Detailergebnissen in geschlossener Form und in ihrem Aufbau auf Grundgleichungen und Grundgrößen der Physik, Chemie und anderer Grundlagewissenschaften

### 3.2. Verschleißberechnung von Gleitpaarungen

Die graphische Darstellung von Verschleißprozessen ist im allgemeinen in Form einer Verschleißkurve (Bild 1) bekannt.

Charakteristisch ist, daß bei hydrogeschmierten Gleitlagern bei Erreichen eines bestimmten Verschleißbetrages die Verschleißintensität progressiv zunimmt, während dies bei fettgeschmierten Gleitlagern nicht auftritt.

Die lineare Verschleißintensität  $I_h$  kennzeichnet den Verschleißvorgang

$$I_h = \frac{\Delta h_a}{S} \quad (1)$$

Bei bekannter Verschleißintensität und gegebenen Verschleißgrenzen läßt sich die Grenznutzungsdauer berechnen. In einigen Fällen erweist sich auch die Intensität des Masseverschleißes  $I_q$  als zweckmäßig.

$$I_q = \frac{q}{F_a \cdot S} \quad (2)$$

Tafel 1. Einflüsse auf den Verschleiß [6]

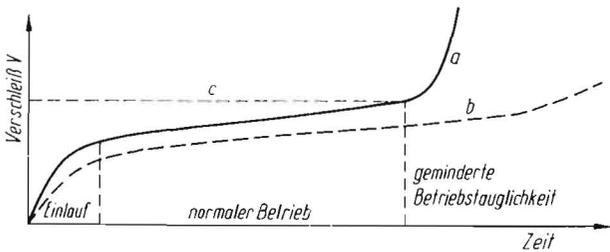
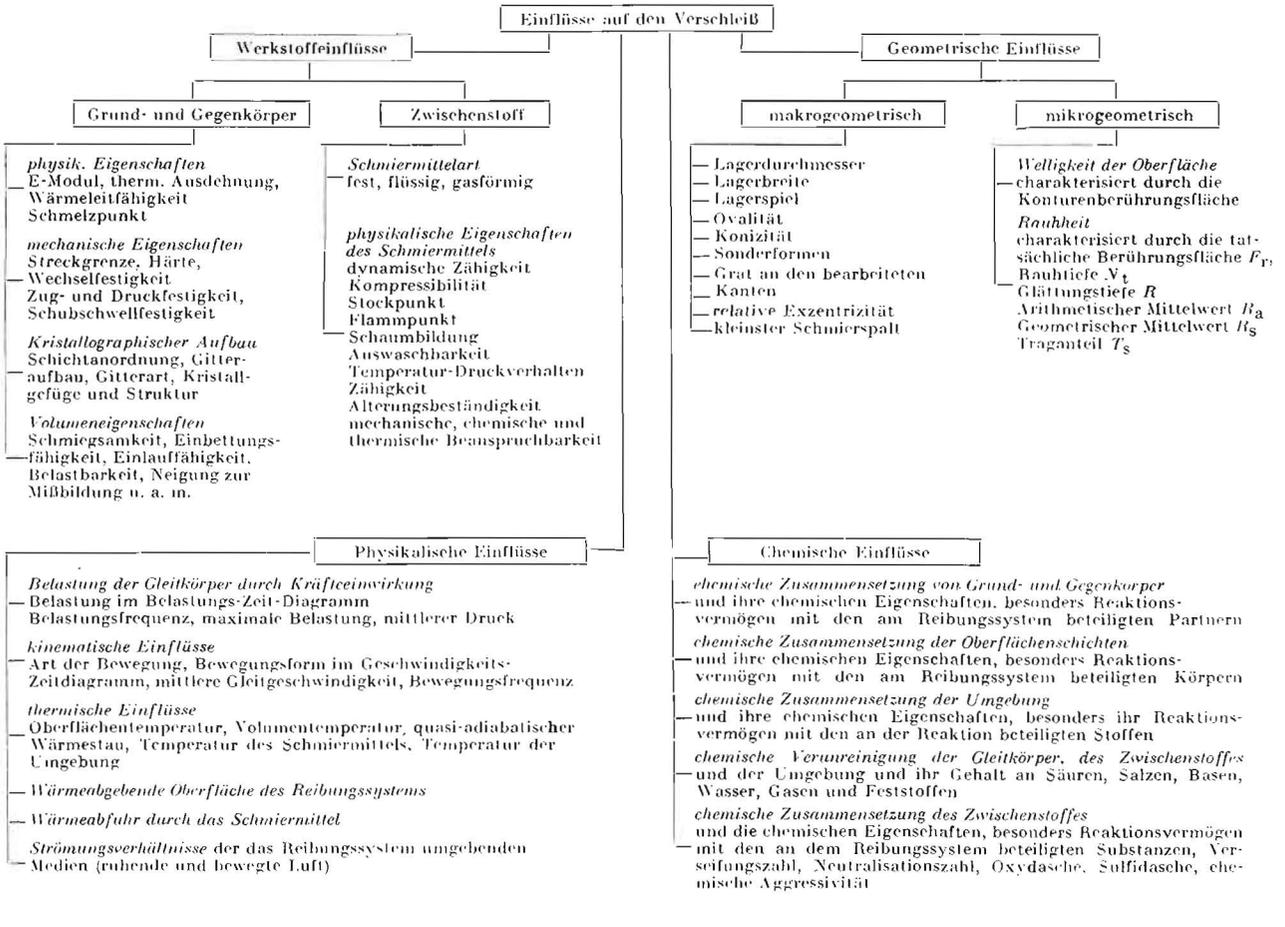


Bild 1. Verschleißkurve eines Gleitlagers (schematisch)  
 a hydrodynamisches Lager, b fettgeschmiertes Lager, c Verschleißgrenze

Analog dazu lautet die energetische Verschleißintensität  $I_w$

$$I_w = \frac{q}{L_R} = \frac{q}{P_R \cdot S} \quad (3)$$

Die Zusammenhänge sind wie folgt gegeben:

$$I_q = I_h \cdot \varrho \quad (4)$$

$$I_w = \frac{I_q \cdot F_a}{P_R} \quad (5)$$

Ferner gibt KRAGELSKI den „spezifischen Verschleiß“  $i_q$  an.

$$i_q = \frac{q_1}{L \cdot F_r} \quad (6)$$

$$i_h = \frac{h_1}{L \cdot F_r} \quad (7)$$

Bei einer Relativbewegung um den Durchmesser  $L$  einer Berührungsfläche  $F_r$  entsteht diese beim Gleiten auf dem

Gleitweg  $S$   $x$ -mal neu, so daß sich folgende Relation angeben läßt:

$$S = x \cdot l \quad (8)$$

Dabei wird auf dem Gleitweg  $S$  die Werkstoffmasse  $q$  abgetrennt

$$q = x \cdot q_1 \quad (9)$$

Durch Dividieren der Gleichung (2) durch die Gleichung (6) erhält man:

$$\frac{I_q}{i_q} = \frac{q \cdot l \cdot F_r}{F_a \cdot S \cdot q_1} \quad (10)$$

Unter Berücksichtigung der Gleichungen (7), (8) und (10) ergeben sich nachstehende Zusammenhänge:

$$I_q = i_q \cdot \frac{F_r}{F_a} = i_q \cdot \frac{P_a}{P_r} \quad (11)$$

$$I_h = i_h \cdot \frac{F_r}{F_a} = i_h \cdot \frac{P_a}{P_r} \quad (12)$$

Diese Gleichungen sind die Grundgleichungen zum Bestimmen der Verschleißintensität. Sie gliedern sich in normierte dimensionslose Teile  $i_q$  und  $i_h$  zur Charakterisierung des Verschleißmechanismus und die Umsetzungs-faktoren der Verschleißmechanismen  $F_r/F_a$ ,  $P_a/P_r$ ,  $P/HB$ .

Der Masseverschleiß ist hierbei in den Ursachen, Mechanismen und Auswirkungen als Komplex physikalischer, chemischer und metallurgischer sowie makro- und mikrogeometrischer Erscheinungen aufzufassen und nach physikalischen Grundmechanismen klassifiziert.

Kontaktform	Modell	Grenzwert $\frac{h}{r}$ bzw. $\frac{\tau}{P_r}$	$n_f$
Mechanischer Kontakt	mit elast. Deformation	$\left(\frac{h}{r}\right)_1 \leq 2,4 \left(\frac{c \cdot \sigma_s}{E}\right)^2$	$10^6 \dots 10^8$
	mit plast. Deformation	$\left(\frac{h}{r}\right)_1 < \left(\frac{h}{r}\right)_2 < \left(\frac{h}{r}\right)_3$	$10^4 \dots 10^2$
	mit Mikro-schneiden	$\left(\frac{h}{r}\right)_3 \approx \left(\frac{\pi}{5,6} - 1,3 \frac{\tau}{P_r}\right)^2$	1
Adhäsiver Kontakt	mit Oberflächen-zerstörung	$\left(\frac{\tau}{P_r}\right)_s < 0,4$	$\infty$
	mit tiefgreifender Zerstörung	$\left(\frac{\tau}{P_r}\right) > 0,4$	1

Bild 2. Kontaktformen nach KRAGELSKI

Die Theorie von KRAGELSKI [2] [3] beinhaltet eine Methode zum Ermitteln des Verschleißes einer Paarung von Gleitflächen aus Festigkeitsbetrachtungen, wobei eine dem statistischen Mittelwert repräsentative Unebenheit einer aktiv oder passiv am Verschleiß beteiligten Oberfläche betrachtet und in Form einer Kugelkalotte modelliert wird, die in eine der zunächst ebenen Flächen eindringt. Es wird zwischen mechanischem und molekularem Verschleißmechanismus unterschieden. Bild 2 zeigt die möglichen Kontaktformen zweier dem Verschleiß unterliegenden Oberflächen. Die mechanischen Kontaktformen werden durch das Verhältnis  $h/r$  und die molekularen Kontaktformen durch das Verhältnis  $\tau/P_r$  abgegrenzt. Für die Abgrenzung beider Kontaktformen wird folgende Funktion angegeben (Bilder 2 und 3):

$$\frac{h}{r} = \left( \frac{\pi}{5,6} - 1,3 \frac{\tau}{P_r} \right)^2 \quad (13)$$

Im folgenden sollen die Parameter bestimmt werden, die in den Grundgleichungen des Verschleißes benötigt werden.

Das am Verschleißprozeß beteiligte Volumen ist mit

$$V_m = \frac{1}{\nu + 1} \cdot b_s \cdot \varepsilon^{(1+\nu)} \cdot h_{\max} \cdot F_0 \quad (14)$$

anzugeben, während das abgetrennte Volumen durch  $V_0 = V_m / n_f$  dargestellt wird. Man erhält

$$i_q = \frac{\varepsilon \cdot h_{\max}}{(\nu + 1) \cdot l \cdot n_f} \cdot \rho \quad (15)$$

$$i_h = \frac{\varepsilon \cdot h_{\max}}{(\nu + 1) \cdot l \cdot n_f} \quad (16)$$

Somit lautet das allgemeine Verschleißmodell

$$I_h = \frac{\varepsilon \cdot h_{\max}}{(\nu + 1) \cdot l \cdot n_f} \cdot \frac{F_r}{F_a} = \frac{\varepsilon \cdot h_{\max}}{(\nu + 1) \cdot l \cdot n_f} \cdot \frac{P_a}{P_r} \quad (17)$$

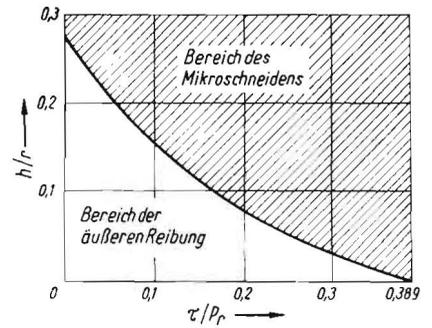


Bild 3. Abgrenzung der Reibungsbereiche

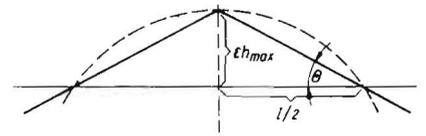


Bild 4. Geometrische Beziehungen zu einer modellierten Rauigkeitsspitze

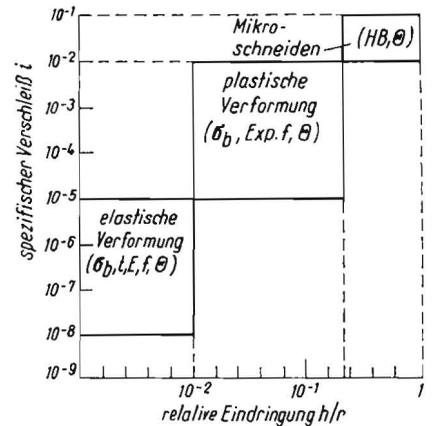


Bild 5. Zuordnung der wichtigsten Parameter zu den Arten der Oberflächenverletzung

### 3.3. Verschleißmodelle für verschiedene Arten der Oberflächenverletzung

Da der Verschleiß je nach Art der ihn beherrschenden Mechanismen verschieden ist, muß zwischen Mikroschneiden, plastischer Deformation und elastischer Deformation unterschieden werden.

#### 3.3.1. Verschleiß bei Mikroschneiden

Bei Berühren einer starren Rauigkeit mit einer plastisch deformierbaren Oberfläche dringt die Rauigkeitsspitze in diese ein. Wird die Rauigkeitsspitze als Kegel modelliert (Bild 4), so ergibt sich

$$\tan \theta = \frac{2 \cdot h_{\max}}{l} \quad (18)$$

und mit Gleichung (16)

$$i_h = \frac{\tan \theta}{2(\nu + 1) \cdot n_f} \quad (18a)$$

Bei Mikroschneiden (s. Bild 2) ist  $n_f = 1$ , da beim erstmaligen Durchfurchen der starren Spitzen bereits Werkstoff abgetrennt wird. Aufgrund des plastischen Charakters des weicheren Werkstoffs ist  $P_r = HB$ . Somit lautet das Verschleißmodell für das Mikroschneiden:

$$I_{h1} = \frac{\tan \theta}{2(\nu + 1)} \cdot \frac{P_a}{HB} \quad (19)$$

Tafel 2: Zusammenhang zwischen  $\nu$ ,  $K_2$  und Bearbeitungsart

$\nu$	$K_2$	Bearbeitungsart
1	1	Schruppen
2	0,8	Drehen, Fräsen, Hobeln
3	0,69	Polieren, Schleifen

Die nach Gleichung (19) berechneten Verschleißbeträge stimmen mit den experimentell ermittelten annähernd überein, so daß diese Berechnungsmethode empfohlen werden kann.

### 3.3.2. Verschleiß bei elastischer Deformation

In diesem Fall nimmt KRAGELSKI die Berührung einer starren, unebenen Fläche mit einer elastisch deformierbaren Oberfläche an. Dabei ergibt sich für die tatsächliche Berührungsfläche

$$F_r = \frac{1}{2} \cdot F_0 \cdot b_s \cdot \varepsilon^\nu \quad (20)$$

und für den Durchmesser eines Berührungspunktes

$$l = \sqrt{\frac{4 \cdot r \cdot h}{\nu}} \quad (21)$$

Der Verschleiß läßt sich in diesem Fall aus

$$I_h = \frac{\frac{1}{2} \cdot b_s \cdot \varepsilon^{\frac{2\nu+1}{2}} \cdot h_{\max}^{1/2} \cdot F_0 \cdot \nu^{1/2}}{2 \cdot F_a \cdot r^{1/2} \cdot (\nu + 1) \cdot n_f} \quad (22)$$

berechnen. Für die Größe der relativen Annäherung zweier unebener Oberflächen in Form von Kugeln gleichen Radius gilt

$$\varepsilon = \left[ \frac{1,5 \cdot \pi \cdot (1 - \mu_p^2)}{K_2 \cdot b_s} \right]^{2/(\nu+1)} \left[ \frac{\nu}{h_{\max}} \right]^{1/(\nu+1)} \left[ \frac{P_a}{E} \right]^{2/(\nu+1)} \quad (23)$$

Der Faktor  $K_2$  kann in Abhängigkeit von  $\nu$  die in Tafel 2 angegebenen Werte annehmen.

Wird (23) in (22) eingesetzt, so ergibt sich

$$I_h = \frac{1,1 (1 - \mu_p^2) \cdot \nu^{1/2} \cdot P_a}{(\nu + 1) \cdot K_2 \cdot E \cdot n_f} \quad (24)$$

Setzt man für  $\nu = 3$  und  $\mu_p = 0,3$  als häufig auftretende Werte ein, so erhält man

$$I_h = 0,7 \cdot \frac{P_a}{E \cdot n_f} \quad (25)$$

Ein ähnlicher Zusammenhang kann auch für Verschleiß infolge zunehmender Ermüdungsrisse angenommen werden [2].

Bild 5 zeigt eine Zusammenstellung der einzelnen Parameter für die verschiedenen Arten der Oberflächenverletzungen und macht eine schnelle Information bezüglich ihrer Wichtigkeit möglich.

### 3.3.3. Verschleiß bei plastischer Deformation

Bild 5 zeigt eine Übersicht über die Abhängigkeit des spezifischen Verschleißes von der relativen Eindringung sowie den Hauptfaktoren, die diese Verschleißart bestimmen. Untersuchungen an verschiedenen Metallen zeigten folgende Gesetzmäßigkeit:

$$n_f = \left[ \frac{2 \cdot \varepsilon_{\text{Bruch}}}{\varepsilon_t} \right]^t \quad (26)$$

Für  $I_h$  ergibt sich in diesem Fall

$$I_h = \frac{\tan \theta}{2 (\nu + 1) \cdot n_f} \cdot \frac{P_a}{HB} \quad (27)$$

oder mit Berücksichtigen von (26)

$$I_h = \frac{\tan \theta \cdot P_a \cdot (\varepsilon_t)^t}{2 \cdot (\nu + 1) \cdot HB \cdot (2 \varepsilon_{\text{Bruch}})^t} \quad (28)$$

Die Größe  $\varepsilon_t$  hängt von der Tiefe der relativen Eindringung und der Reibzahl  $\mu$  ab.

$$\varepsilon_t = c' \cdot \mu \cdot \frac{h}{R} \quad (29)$$

Das es für  $c'$  noch keine exakte Bestimmungsmethode gibt, wird die Verschleißfestigkeit durch das Produkt aus der Härte und der Zähigkeit  $\varepsilon_{\text{Bruch}}$  bestimmt.

## 4. Rechenbeispiele

Gegeben:

Gleitlagerpaarung

Grundwerkstoff galvanisch aufgetragenes Chrom

Härte 600 kp/mm<sup>2</sup> HV 5

Gegenwerkstoff G — Cu-Pb 25

Härte 22,5 kp/mm<sup>2</sup>

Zwischenstoff Maschinenfett MR TGL 17 746 mit 1,5 % Verunreinigung (gesiebter Seesand mit mittlerer Korngröße 70  $\mu\text{m}$ )

Oberflächenqualität geschliffen = 3 · 5  $\mu\text{m}$

tan  $\theta$  0,06 · 0,09 ... (0,15 bei Verunreinigung)

$n_f$  10<sup>4</sup> · 10<sup>6</sup>

spezifische Lagerbelastung 4,45 kp/cm<sup>2</sup>

Gleitweg 50 000 m

$\nu$  (Schleifen) 3

### 4.1. Berechnung des Verschleißes an der Lagerschale

$$I_h = \frac{\tan \theta}{2 (\nu + 1) \cdot n_f} \cdot \frac{P_a}{HB} = \frac{0,06 \cdot 0,00445}{2 (3 + 1) \cdot 10^4 \cdot 22,5}$$

$$I_h = 1,48 \cdot 10^{-10} \quad \text{Dichte der Lagerbronze } \rho = 9 \text{ g/cm}^3$$

$$I_q = I_h \cdot \rho = 1,48 \cdot 10^{-10} \cdot 9,0$$

$$I_q = 1,33 \cdot 10^{-9}$$

$$q = I_q \cdot F_a \cdot S = 1,33 \cdot 10^{-9} \cdot 33,7 \cdot 5 \cdot 000 \cdot 000 = 225 \text{ mg}$$

Der Verschleiß an der Lagerschale beträgt 225 mg. Ein mit den gleichen Parametern durchgeführter Verschleißversuch auf dem Prüfstand ergab einen Verschleißbetrag an der Lagerschale von 205 mg.

### 4.2. Berechnung des Verschleißes am Grundkörper

$$I_h = \frac{\tan \theta}{2 (\nu + 1) \cdot n_f} \cdot \frac{P_a}{HB} = \frac{0,15 \cdot 0,00445}{2 (3 + 1) \cdot 10^5 \cdot 600}$$

$$I_h = 13,9 \cdot 10^{-11} \quad \rho = \text{Dichte des Grundkörpers } 6,9 \text{ g/cm}^3$$

$$I_q = I_h \cdot \rho = 13,9 \cdot 10^{-11} \cdot 6,9$$

$$I_q = 9,6 \cdot 10^{-10}$$

$$q = I_q \cdot F_a \cdot S = 9,6 \cdot 10^{-10} \cdot 125 \cdot 5 \cdot 000 \cdot 000$$

$$q = 600 \text{ mg}$$

Der Verschleiß am Grundkörper wurde mit 600 mg errechnet. Ein mit den gleichen Parametern durchgeführter Verschleißversuch auf einem Prüfstand ergab einen Verschleißbetrag von 560 mg.

## 5. Zusammenfassung

Das praktische Anwenden dieses Berechnungsverfahrens hat gezeigt, daß die berechneten und die experimentell ermittelten Verschleißbeträge annähernd übereinstimmen. Es muß jedoch folgendes berücksichtigt werden:

— Es ist schwierig, die Primärdaten in der gewünschten Genauigkeit zu bestimmen (z. B. Warmhärte, Durchmesser des Berührungspunktes und tan  $\theta$ )

- beim Ermitteln der tatsächlichen Kontaktfläche  $F_R$  wird eine lineare Kräfteverteilung angenommen
- Annahme stationärer Verhältnisse
- keine quantitative Einbeziehung von chemischen und energetischen Einflüssen, die für die Reaktionsschichtenbildung und Werkstoffübergänge wichtig sind
- Größe, Aufbau und Zusammensetzung der Verschleißprodukte und die strukturellen und geometrischen Änderungen der mechanisch beanspruchten Oberflächen wurden nicht berücksichtigt

Es kann festgestellt werden, daß das Verfahren eine gewisse Universalität für alle Bedingungen der mechanischen Beanspruchung besitzt und die Herleitung von Spezialfällen aus den Grundgleichungen möglich ist. [2]

Ein Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß die Verschleißkurve über den gesamten Bereich des Gleitweges einen konstanten Anstieg aufweist, so daß Einlaufprozesse und Phasen größerer Beanspruchung aufgrund der Lagerspielvergrößerung nicht berücksichtigt werden.

#### Literatur

- [1] TROSS, A.: Über das Wesen und den Mechanismus der Festigkeit. München und Zell am See 1966
- [2] KRAGELSKI, I. W.: Reibung und Verschleiß. Moskau 1962
- [3] KRAGELSKI, I. W.: Über die Verschleißberechnung sich reibender Gleitverbindungen. Maschinenbautechnik 14 (1965) H. 10
- [4] KRAGELSKI, I. W.: Grundlagen und eine kurze Methode der Näherungsberechnung des Verschleißes bei Oberflächenreibung und beim Gleiten. Mitteilung aus dem staatlichen wissenschaftlichen Forschungsinstitut für Maschinenbau I MAS Moskau 1968
- [5] MAC GREGOR: Handbuch der analytischen Verschleißbestimmung. Plenum Press New York 1964
- [6] POLZER, G.: Beitrag zu den Problemen der Reibung und des Verschleißes, insbesondere unter den Bedingungen der Misch- und Haftsichtenreibung von Eisenwerkstoffen. Dissertation an der TH Karl-Marx-Stadt 1968
- [7] SCHULT, H.: Untersuchung der Beziehungen zwischen dem Verschleiß und den Betriebsbedingungen von Gleitpaarungen. Diplomarbeit D 92/1969 der Sektion Landtechnik Universität Rostock (unveröffentlicht)
- [8] LAU, CHR.: Methoden und mathematisch-physikalische Grundlagen für die Verschleißberechnung. Großer Beleg 1970, Sektion Landtechnik Universität Rostock (unveröffentlicht) A 8050

Ing. stud. A. SCHULZ\*

## Aufbau und Funktion der Pflugrahmen- und Pfluggrindelrichtgeräte

### 1. Pflugrahmenrichtgerät

Die Vorrichtung (Bild 1) ist so konstruiert, daß der zu richtende Pflugrahmen auf 3 höhenverstellbaren Spindelböcken vor dem Gerät aufgestellt ist und sich mit Hilfe eines automatischen Quer- und Längsvorschubes beliebig in 2 Richtungen transportieren läßt. Das Gerät wird auf einer Schienenanlage bewegt.

Der Grundkörper besteht aus einer Kastenprofilschweißkonstruktion, in der die Anschlagmittel und der Hydraulikzylinder eingebaut sind. Der Pflugrahmen wird an den Enden durch einen Anschlag und drehbare Spindelböcke gehalten. Er wird beim Richtvorgang in die Gegenhalter durch hydraulischen Quervorschub eingeschoben und durch 2 Sicherungsbolzen, die sich in den Gegenhaltern befinden, abgesichert.

Gleichzeitig wird der Biegezapfen der Vorrichtung in die geteilten, parallel laufenden Zugstreben, die mit dem Arbeitszylinder verbunden sind, eingeführt und ebenfalls durch einen Sicherungsbolzen gesichert. Entsprechend dem Deformierungsgrad des Pflugrahmens und der Lage der Durchbiegung können die Gegenhalter wahlweise einzeln bzw. paarweise zu den Zugstreben verstellt werden.

Da der Pflugrahmen drehbar in den Spindelböcken gelagert ist, läßt er sich in beliebiger Ebene entsprechend der Durchbiegung richten. Eine gleichfalls am Gerät angebrachte hydraulisch betätigte Verdrehvorrichtung gestattet es, Verdrehungen an jeder Stelle des Rahmens zu beseitigen.

Der Quervorschub der Hauptzylinder und die Verdrehvorrichtung werden von einer motorgetriebenen Hydraulikpumpe gespeist und durch einen Verteiler gesteuert. Der mechanische Längsvorschub erfolgt durch einen 1-kW-Motor über einen Schneckenantrieb und Kettenrad auf einer  $\frac{5}{8}$ "-Rollenkette, die als Förderelement fungiert. Die Richtungsänderung wird durch einen Endausschalter bewirkt.

Zur Einhaltung der Fertigungstoleranzen dient eine Meßlatte, die nach dem Prinzip der Lichtspaltenmethode gegen

den Rahmen gehalten und mit einer Fühllehre überprüft wird.

Die Verdrehung dagegen wird durch zwei 1,5 m lange Meßlatten, die vorn und hinten senkrecht an den Pflugrahmen gehalten werden, festgestellt. Die Verdrehung ist dann beseitigt, wenn die Sichtkontrolle ergibt, daß beide Meßlatten parallel verlaufen. Diese Kontrolle ist auch während des Verdrehvorgangs möglich.

#### Verwendungsmöglichkeiten

Die Vorrichtung ist zum Richten und zur Beseitigung der Verdrehung aller Pflugrahmen der B-Serie (außer B 500) geeignet. Es ist weiter möglich, Anhängerrahmen und sonstige Profile bis zu einer Steghöhe bzw. einem Durchmesser von 110 mm zu richten.

#### Instandsetzungstoleranzen

Max. Durchbiegung 3 bis 4 mm auf der gesamten Pflugrahmenlänge

Max. Verdrehung  $\pm 1$  Grad auf der gesamten Pflugrahmenlänge

#### Technische Daten

Länge der Vorrichtung	1700 mm
Breite der Vorrichtung	1500 mm
Höhe der Vorrichtung	1170 mm
Arbeitshöhe, in der der Pflugrahmen gerichtet wird	400 mm
Verstellung der Gegenhalter	600 ··· 1530 mm
Gesamtmasse	800 kg
Erreichbarer Verdrehwinkel	19 Grad
Arbeitsdruck des Hauptzylinders	60 MPa
Werkstattflächenbedarf	25 m <sup>2</sup>

\* Leit-BFN Rostock, KfL Rügen-Santens