

**Zeitschrift:** Mittex : die Fachzeitschrift für textile Garn- und Flächenherstellung im deutschsprachigen Europa

**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung von Textilfachleuten

**Band:** 86 (1979)

**Heft:** 1

**Rubrik:** Forschung und Entwicklung

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.12.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Forschung und Entwicklung

## Garnreibung an der Abzugsdüse beim OE-Rotorspinnen

### Einleitung

Das Problem der Fadenreibung an der Abzugsdüse beim OE-Rotorspinnen ist von verschiedenen Autoren behandelt worden [1, 2, 3, 4]. In der Regel wurden die Fadenspannungsverhältnisse beim Durchlauf durch die Düse auf der Basis des Seilreibungsgesetzes

$$\frac{S_1}{S_0} = \exp \left( -\frac{\pi}{2} \times \mu \right) \quad (1)$$

berücksichtigt, wobei  $\mu$  die Gleitreibungszahl Garn/Düse,  $S_1$  und  $S_0$  die Fadenzugkräfte vor und nach der Düse darstellen und ein Umschlingungswinkel von  $\frac{\pi}{2}$  bestand.

Bekanntlich beschränkt sich die Gültigkeit des Seilreibungsgesetzes auf den Fall, dass der Faden immer in der Meridianebene liegt, in der sich auch alle auf den Faden wirkenden Kräfte befinden. Insbesondere gilt für diesen Fall  $S_0 \geq S_1$ . Beim OE-Spinnen erfahren nun aber die einzelnen Fadenelemente infolge Rotation und Berührung an der stationären Abzugsdüse neben den Normaldrücken und den meridional gerichteten Reibungskräften auch Reibungen in azimuthaler Richtung (Führungs- und Coriolis-Kraft werden in diesem Zusammenhang vernachlässigt). Diese zusätzliche Reibungskomponente lenkt den Faden azimuthal ab, so dass er zur Raumkurve wird (Abbildung 1). Unter diesen Bedingungen verliert das Seilreibungsgesetz (1) seine Gültigkeit. Bereits bei früheren Arbeiten am Institut für Textilmaschinenbau und Textilindustrie der ETH Zürich konnte im Zusammen-

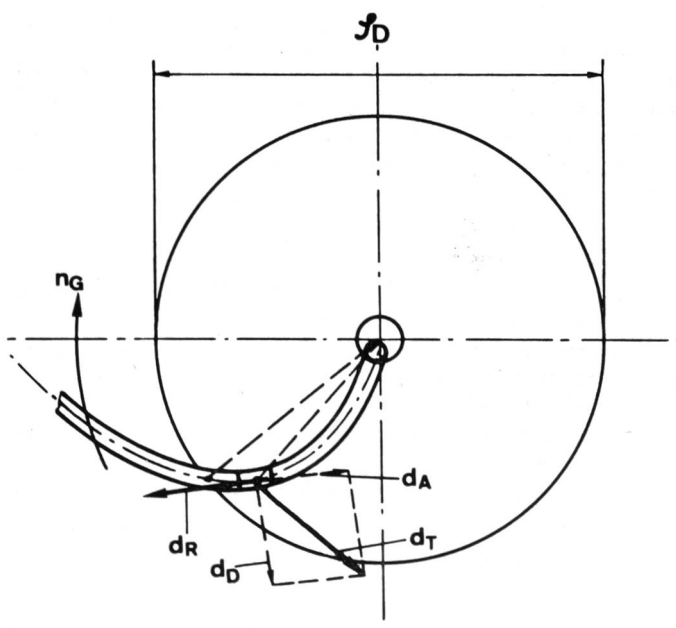


Abbildung 1 Reibkräfte zwischen Garn und Abzugsdüse

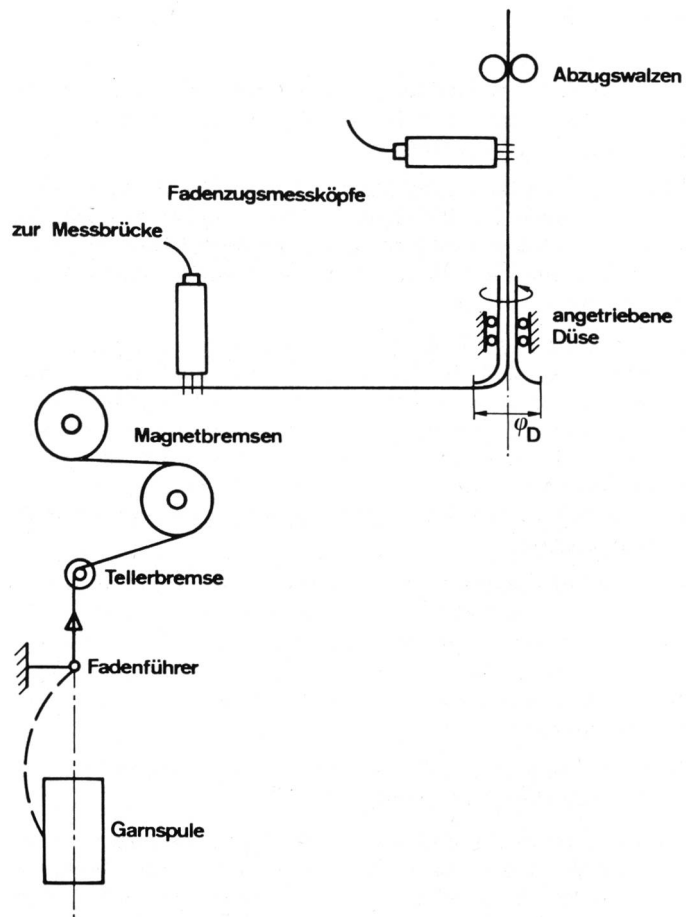


Abbildung 2 Schema der Versuchseinrichtung

hang mit Untersuchungen des Falschdrahteffektes der Abzugsdüse [5] festgestellt werden, dass bei bestimmten Versuchsbedingungen der Fadenzug nach der Düse gleich oder sogar kleiner sein kann als vor der Düse, d. h.  $S_0 < S_1$ ; was offensichtlich im Widerspruch zur Gleichung (1) steht.

Ziegler und Brauchli haben dieses Problem theoretisch eingehend behandelt [6] und die mathematischen Gleichungen und deren Computerlösungen in Abhängigkeit der wesentlichen Parameter aufgestellt. Mit vorliegender Arbeit sollen die Reibungsverhältnisse bei verschiedener Abzugsdüsengeometrie, unterschiedlichen Rauigkeiten und variablen Geschwindigkeitsverhältnissen experimentell untersucht und die Resultate mit den von Ziegler und Brauchli theoretisch ermittelten Zusammenhängen verglichen werden.

### Aufbau der Versuchseinrichtung und experimentelles Vorgehen

Es wurde mit einer bereits früher beschriebenen Einrichtung gearbeitet [5], welche auch für die quantitative Bestimmung des Falschdrahteffektes dienlich gewesen war. In Umkehr der beim Spinnprozess bestehenden Verhältnisse erfolgte die Simulation der Reibungsverhältnisse derart, dass anstelle des Garnes die Abzugsdüse rotiert und das Garn lediglich durch die Düse mit verschiedenen Vorspannungen und Geschwindigkeiten gezogen wurde (Abbildung 2). Die Garnspannung am Einlauf liess sich mittels Magnetbremsen in einem nützlichen Bereich variieren; die Messung der Fadenkraft vor und nach der Düse erfolgte simultan mit zwei Garnspannungsmessköpfen Fabrikat «Rothschild».

## Die Untersuchungsvariablen

Es wurden folgende Materialien für die Abzugsdüsen verwendet:

- Stahl glatt (Abzugsdüse «Rieter»)
- Stahl, Einlauf gekerbt (Abzugsdüse «Rieter»)
- Sinterkeramik (Degussit)
- Polyurethan

Bereich der Düsendrehzahl $n_D$ :	$0 \div 50\,000$ U/min
Garnabzugsgeschwindigkeit $u$ :	20 und 40 m/min
Garnfeinheit:	30 tex
Düsenabmessungen:	
— Aussendurchmesser $\varphi_D$ :	6, 10, 12, 17, 20, 34 mm
— Innendurchmesser $\varphi_i$ :	$2,5 \div 3,0$ mm
Fadeneinlaufspannung $S_1$ :	20 cN und 40 cN

Die theoretische Untersuchung [6] hatte erwiesen, dass das Verhältnis der Fadenkräfte vor und nach der Düse  $\sigma_1 = \frac{S_1}{S_0}$  ausser vom Reibungskoeffizienten  $\mu$  auch von den nachfolgend definierten Grössen  $\lambda$  und  $\kappa$  abhängig sind (Abbildung 3):

$\lambda = \frac{a \times \omega}{u}$  ist das Verhältnis zwischen Umfangsgeschwindigkeit der Abzugsdüse am äusseren Rand zur Garnabzugsgeschwindigkeit  $u$  des Fadens. Diese Verhältniszahl ist also von den Arbeitsbedingungen abhängig und kann sinngemäss auf den OE-Spinnprozess übertragen werden, wenn man bedenkt, dass  $\omega \simeq \frac{\pi \times n_R}{30}$  und  $a = \frac{\varphi_D}{2}$  eine Konstante an der OE-Maschine ist.  $\lambda$  ist also proportional zur Garndrehung  $T \left( \frac{Dr}{m} \right)$

$$\lambda \text{ prop. } \frac{n_R}{u} = T$$

$\kappa = \frac{r}{a}$  stellt das Verhältnis zwischen dem Krümmungsradius  $r$  der Düseneinlauffläche und dem äusseren Düsenradius  $a$  dar, ist also abhängig von der Düsengeometrie.

## Resultate

### Messung bei stillstehender Düse

In diesem Falle sind die Bedingungen für die Anwendbarkeit des Seilreibungsgesetzes erfüllt, insbesondere lässt sich aus diesen Versuchen für die verschiedenen Düsenoberflächen die Gleitreibungszahl  $\mu$  ermitteln:

$$\mu = \frac{2}{\pi} \times \ln \frac{S_0}{S_1}$$

Im Bereich der angewandten Fadengeschwindigkeiten (20–40 m/min) und Einlaufspannungen  $S_1$  (20–40 cN) erwies sich das Verhältnis  $\frac{S_1}{S_0}$  als konstant und somit  $\mu$  als unabhängig von diesen beiden Variablen (Tabelle 1).

### Messungen bei drehender Düse

Sobald die Abzugsdüse in Drehung versetzt wird, sinkt die Fadenspannung  $S_0$  und  $\sigma_1$  nimmt umgekehrt proportional zu und zwar umso mehr als die Drehzahl (bzw.  $\lambda$ ) gesteigert wird. Im folgenden werden die Einflüsse der verschiedenen Versuchsvariablen auf die Messgrösse  $\sigma_1 = \frac{S_1}{S_0}$  diskutiert.

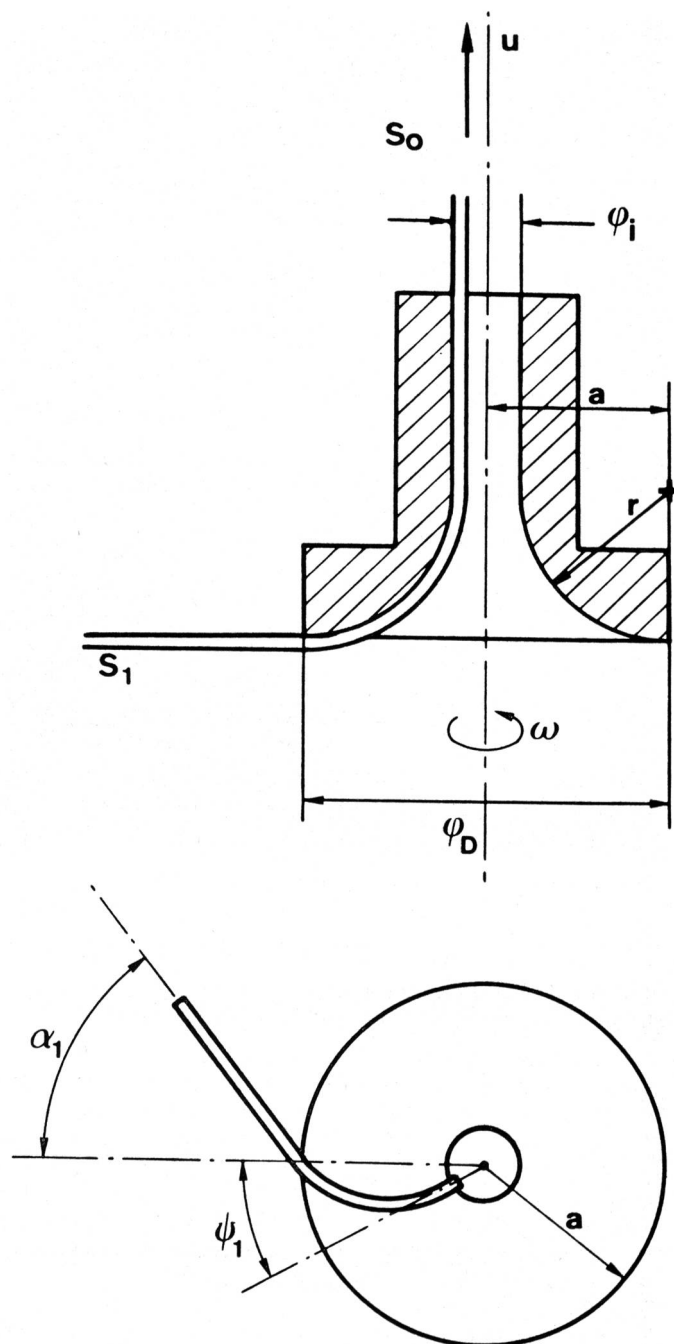


Abbildung 3 Geometrische Verhältnisse bei der Abzugsdüse

Tabelle 1 Gleitreibungskoeffiziente

Abzugsdüse	$\varphi_D$ (mm)	$\kappa$	$\sigma_1 = \frac{S_1}{S_0}$ ( $\varnothing$ )	$\mu$
Stahl glatt	12, 17, 34	0,79, 0,85, 0,93	0,68	0,25
Stahl gekerbt	17	0,85	0,56	0,37
Sinterkeramik (Degussit)	6, 10, 20	0,50, 0,70, 0,85	0,58	0,35
Polyurethan	12	0,79	0,30	0,77
Polyurethan	17	0,85	0,26	0,86
Polyurethan	34	0,93	0,22	0,96

*Einfluss der Düsenoberfläche* — Abzugsdüsen in Stahl und Polyurethan mit identischen Abmessungen wurden in drei Grössen untersucht. Bei konstantem Innendurch-

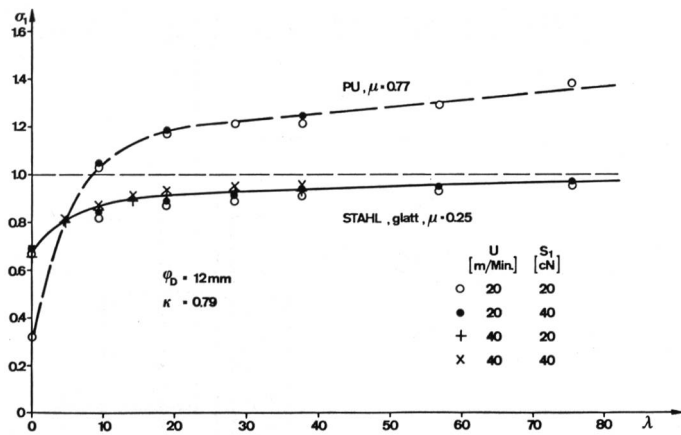


Abbildung 4 Fadenzugkraftverhältnis (vor/nach Düse) in Abhängigkeit von  $\lambda$ ,  $\varphi_D=12$  mm, Stahl- und Polyurethandüsen

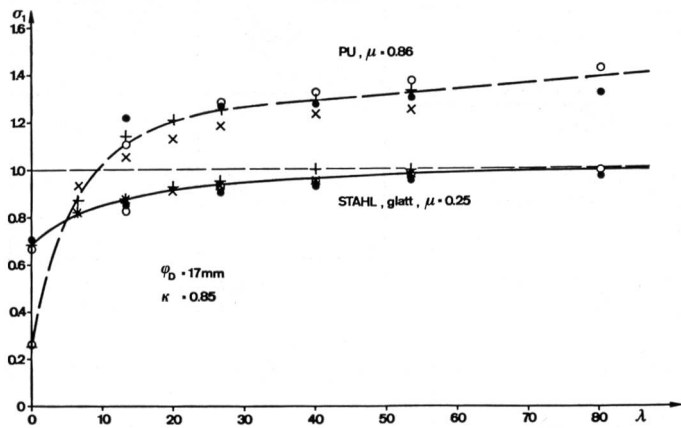


Abbildung 5 Fadenzugkraftverhältnis (vor/nach Düse) in Abhängigkeit von  $\lambda$ ,  $\varphi_D=17$  mm, Stahl- und Polyurethandüsen

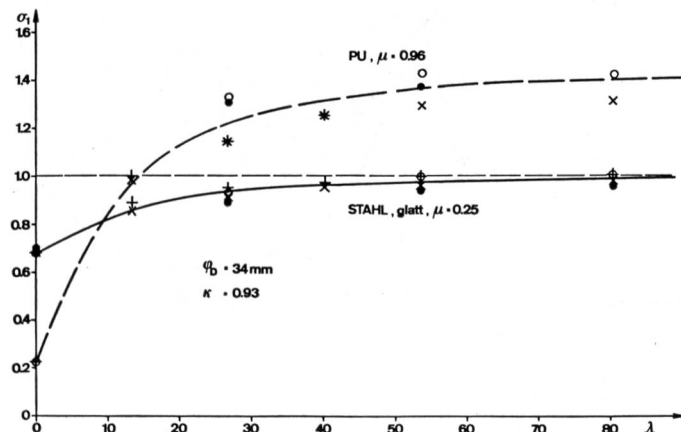


Abbildung 6 Fadenzugkraftverhältnis (vor/nach Düse) in Abhängigkeit von  $\lambda$ ,  $\varphi_D=34$  mm, Stahl- und Polyurethandüsen

messer  $\varphi_i=2,5$  mm und den Aussendurchmessern  $\varphi_D=12, 17$  und  $34$  mm ergeben sich die entsprechenden charakteristischen Werte für  $\kappa$  von  $0,79, 0,85$  und  $0,93$ . In den Abbildung 4, 5 und 6 ist die Abhängigkeit  $\sigma_1$  von  $\lambda$  vergleichsweise für die beiden Materialien dargestellt. Die glatten Stahldüsen weisen — wie zu erwarten — im niedrigen  $\lambda$ -Bereich höhere  $\sigma_1$ -Werte auf (kleinere Gleitreibungszahl) im Vergleich zu den «rauen» Polyurethandüsen. Bei höheren  $\lambda$ -Werten jedoch ist die Situation umgekehrt; die Abzugsfadenkraft  $S_0$  ist nur bei der Stahldüse grösser (bzw.  $\sigma_1$  kleiner) als bei der PU-Düse. Diese Erscheinung hängt damit zusammen, dass bei der PU-Düse der Faden wesentlich stärker aus der Meridian-

ebene ausgelenkt wird und die zusätzlich in azimuthaler Richtung wirkende Reibungskraft den Faden schliesslich sogar in die Düse «hineinzusaugen» vermag (entspricht dem Fall  $\sigma_1 > 1$ ). Gemäss Abbildung 5 wird beispielsweise bei der Polyurethandüse die Abzugsfadenkraft  $S_0$  kleiner als  $S_1$  für  $\lambda > 9$ , was umgedeutet auf Rotorspinnbedingungen (bei einem Durchmesser von  $17$  mm) Garndrehungen von  $T > 170 \frac{Dr}{m}$  entsprechen würde. Bei der glatten Düse wird Spannungsgleichheit erst bei etwa  $\lambda = 60$  bzw.  $T = 1120 \frac{Dr}{m}$  erreicht. Tabelle 2 veranschaulicht nochmals den Unterschied in Bezug auf  $\sigma_1$  für die Düse mit  $\varphi_D = 17$  mm,  $\varphi_i = 2,5$  mm,  $\kappa = 0,85$ .

Tabelle 2 Einfluss von  $\lambda$  und Düsenmaterial auf  $\sigma_1$

Material	$\sigma_1 = \frac{S_1}{S_0}$	
	$\lambda = 0$	$\lambda = 40$ entspricht $750 \frac{Dr}{m}$
Stahl glatt	0,68	0,97
Polyurethan	0,26	1,30

Es ist offensichtlich, dass bei drehender Düse vollständig andere Reibungsbedingungen herrschen als bei stehender Düse. Bei Stahl-Oberfläche nimmt die Abzugskraft um einen Faktor  $1,4$ , bei der PU-Oberfläche gar um einen Faktor  $5$  ab.

Für Versuche mit Sinterkeramik standen drei Abzugsdüsen aus Degussit mit Aussendurchmessern von  $\varphi_D=6, 10$  und  $20$  mm,  $\varphi_i=3$  mm, bzw.  $\kappa=0,5, 0,7$  und  $0,85$  zur Verfügung. Die Resultate,  $\sigma_1$  in Funktion von  $\lambda$ , sind in Abbildung 7 wiedergegeben. Auch hier steigt mit zunehmender Drehzahl das Verhältnis  $\sigma_1$  rasch an, und Fadenkraftgleichheit vor und nach der Abzugsdüse wird erreicht bei ca.  $\lambda = 40$ , was bei  $\varphi_D = 10$  mm etwa  $1270 \frac{Dr}{m}$  im Garn entsprechen würde, also durchaus im Bereich der praktischen Spinnbedingungen liegt.

Das hier verwendete Keramikmaterial weist somit gegenüber der glatten Stahldüse einen etwas stärkeren Reibeffekt auf, was sich in Bezug auf den hierdurch erzeugten Falschdrahteffekt günstiger auswirken müsste. Diese Zusammenhänge werden in einer späteren Publikation behandelt. Freilich liegen noch keine Ergebnisse über allfällige Veränderungen der Reibungseigenschaften in Funktion der Betriebsdauer vor, weshalb eine eigentliche Wertung in dieser Beziehung noch verfrüht wäre.

**Kerbung der Abzugsdüse** — Bekanntlich kann durch Verwendung einer Abzugsdüse, die im Einlaufteil Einkerbungen aufweist, der Garncharakter etwas verändert werden. Die Wirkung dieser Massnahme auf die Fadenspannungsverhältnisse wurden an einer Standardabzugsdüse der Firma Rieter geprüft mit folgenden Abmessungen:  $\varphi_D = 17$  mm,  $\varphi_i = 2,5$  mm,  $\kappa = 0,85$ . Gemäss Tabelle 1 ist der Reibwert bei stillstehender Düse mit  $\mu=0,37$  doch wesentlich höher als bei der glatten Düse. Der Faden glitt bei diesen Messungen in der Kerbe.

Erwartungsgemäss werden nun bei drehender Düse höhere  $\sigma_1$ -Werte im Vergleich zur glatten Düse erreicht und der Zustand von Fadenspannungsgleichheit vor und nach der Düse tritt bereits bei  $\lambda=16$  ein (Abbildung 8). Dies bedeutet, dass im üblichen Spinnbereich bei Verwendung gekerbter Stahldüsen die im Auslauf messbare Fadenkraft kleiner ist, als der im radialen Garnstück innerhalb des Rotors herrschende Fadenzug.

## Fadenlenkung beim Düseneinlauf

Die bei rotierender Düse sich ändernde Reibkraftrichtung verursacht eine Ablenkung des Fadens aus der Meridianebene wobei eine räumliche Kurve entsteht. Diese Ab-

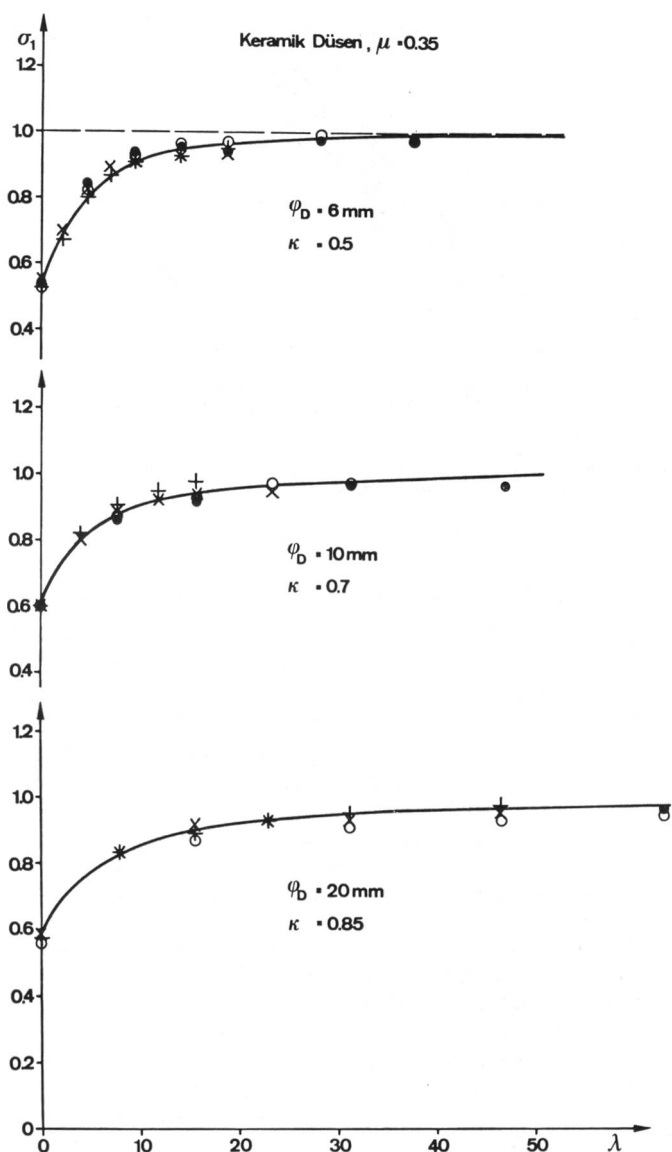


Abbildung 7 Fadenzugkraftverhältnis (vor/nach Düse) in Abhängigkeit von  $\lambda$ ,  $\phi_D = 12 \text{ mm}$ , Keramikdüsen

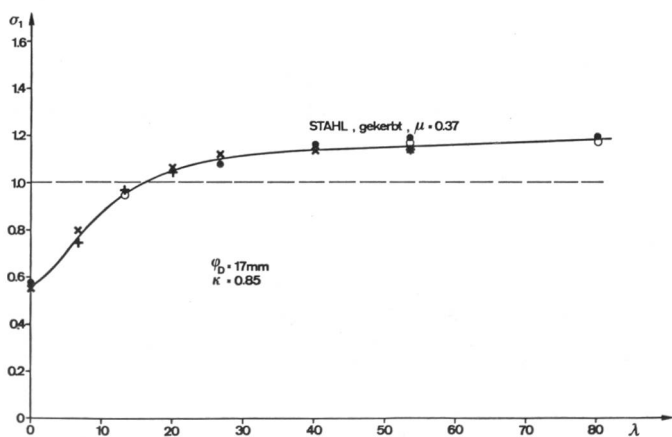


Abbildung 8 Fadenzugkraftverhältnis (vor/nach Düse) in Abhängigkeit von  $\lambda$ ,  $\phi_D = 12 \text{ mm}$ , gekerbte Stahldüsen

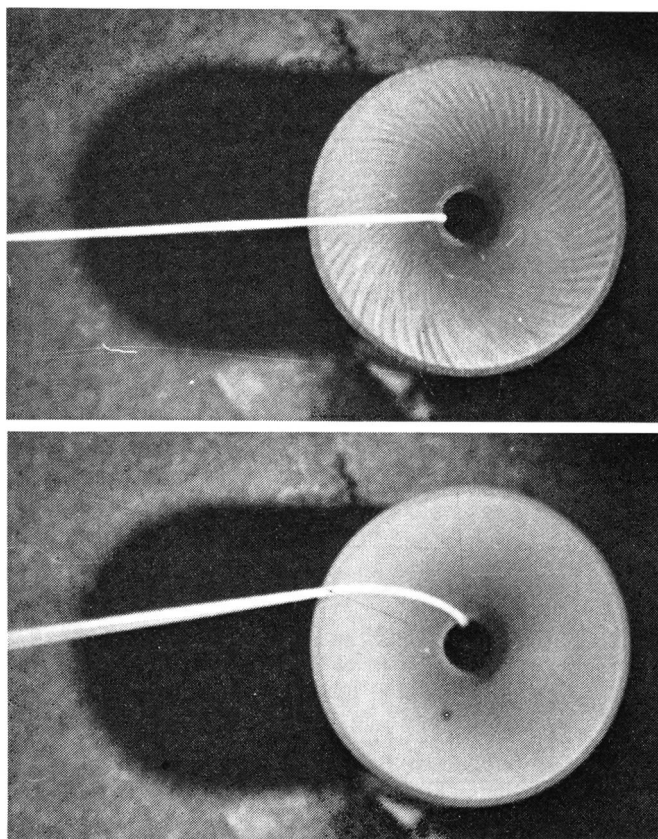


Abbildung 9 Fotoaufnahme des laufenden Garnes (oben bei stehender Düse, unten bei rotierender Düse)

lenkung wird gemäss Abbildung 3 durch die Winkel  $\alpha_1$  und  $\psi_1$  charakterisiert. Die experimentelle Bestimmung dieser Winkel erfolgte durch Fotografie des Fadenlaufes. Abbildung 9 vermittelt Aufnahmen mit laufendem Faden bei stehender als auch rotierender Düse. Bei den Polyurethandüsen unterschiedlicher Abmessungen und verschiedenen Einstellungen von  $u$  und  $n_D$  wurden derartige Aufnahmen gemacht und die charakteristischen Winkel ausgemessen. Die Abbildungen 10—12 zeigen deren Verlauf in Abhängigkeit von  $\lambda$ . Da bei stillstehender Düse der Faden in der Meridianebene verläuft, sind die Winkel  $\alpha_1$  und  $\psi_1$  bei  $\lambda = 0$  ebenfalls null. Bei zunehmendem  $\lambda$  steigen die Werte rasch an und bleiben für  $\lambda > 10$  praktisch konstant, was auch der theoretischen Herleitung entspricht.

## Vergleich mit Theorie

Bei der theoretischen Betrachtung dieses Problems haben Ziegler und Brauchli [6] Lösungen für  $\sigma_1$ ,  $\alpha_1$  und  $\psi_1$  für verschiedene  $\mu$ -Werte in Abhängigkeit von  $\lambda$  und mit  $\mu$  als Parameter grafisch dargestellt. Durch Interpolation konnten die den experimentellen Werten entsprechenden theoretischen Resultate mit guter Genauigkeit bestimmt werden. In Abbildung 13 sind die gemessenen und berechneten Daten für  $\sigma_1$  gegenübergestellt und der hohe Korrelationsgrad bestätigt eindeutig die gute Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment.

Der Vergleich der Winkel  $\alpha_1$  und  $\psi_1$  geht aus den Abbildungen 10, 11 und 12 hervor, welche als Kurvenzug die theoretisch zu erwartenden Resultate enthalten. Berücksichtigt man, dass die experimentelle Bestimmung der Winkel durch Ausmessen der Fotos erfolgte, so darf auch hier von einer guten Bestätigung der Theorie durch die praktischen Resultate gesprochen werden.

## Schlussfolgerungen

Folgende Konsequenzen ergeben sich aus der vorliegenden Arbeit:

- Es ist nicht zulässig, die Fadenzugverhältnisse beim OE-Rotorspinnen lediglich auf Grund des Seilreibungsgesetzes zu berechnen.
- Das Verhältnis des Fadenzuges vor und nach der Abzugsdüse hängt von folgenden Grössen ab:
  - Von der Gleitreibungszahl  $\mu$  zwischen Faden und Düsenoberfläche.

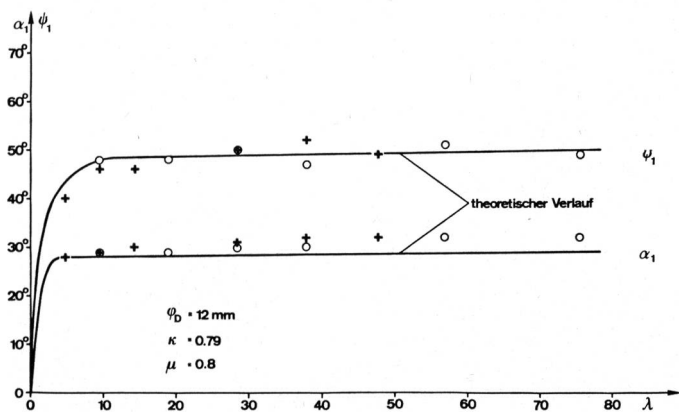


Abbildung 10 Fadenablenkwinkel in Abhängigkeit von  $\lambda$  für Polyurethandüsen,  $\varphi_D = 12$  mm

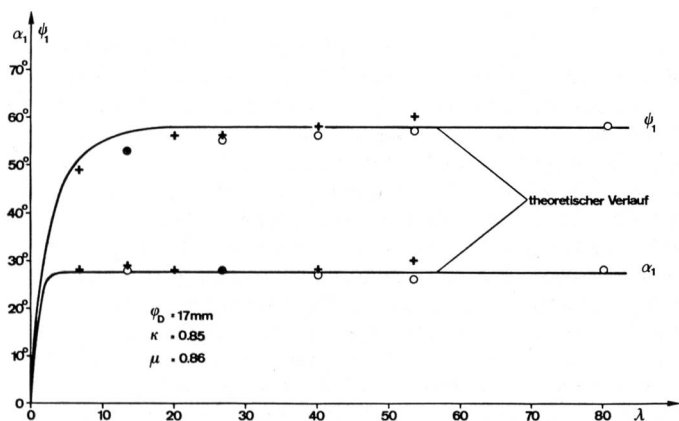


Abbildung 11 Fadenablenkwinkel in Abhängigkeit von  $\lambda$  für Polyurethandüsen,  $\varphi_D = 17$  mm

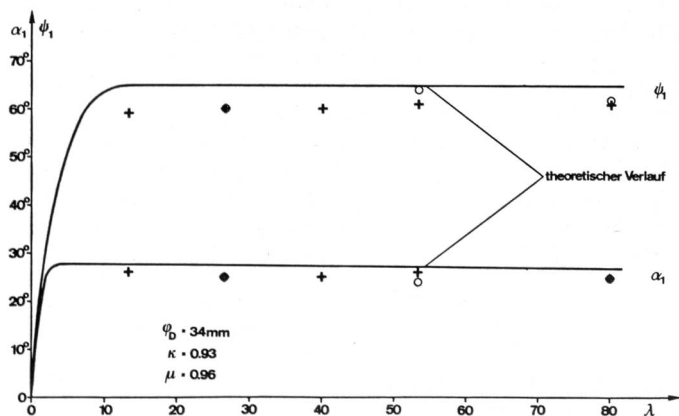


Abbildung 12 Fadenablenkwinkel in Abhängigkeit von  $\lambda$  für Polyurethandüsen,  $\varphi_D = 34$  mm

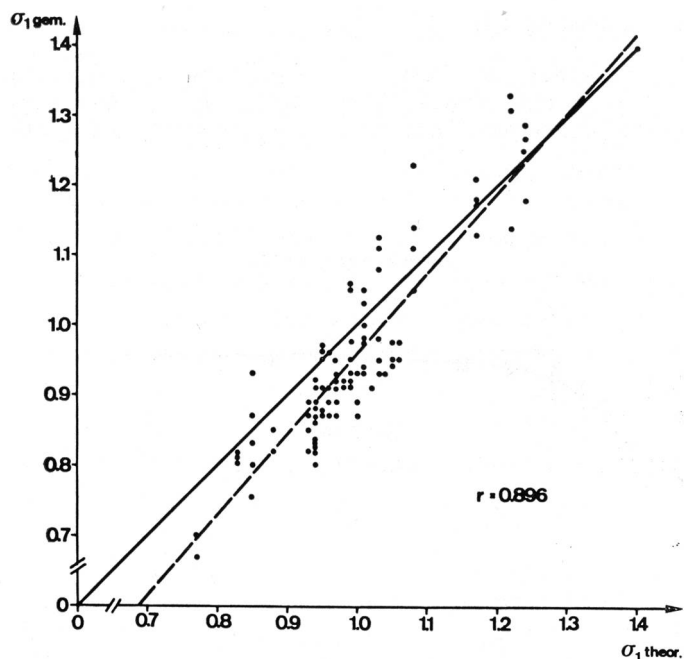


Abbildung 13 Vergleich der gemessenen und theoretisch berechneten Fadenzugkraftverhältnisse  $\sigma_1$

- Von der Verhältniszahl  $\lambda = \frac{a \times \omega}{u}$ , d. h. dem Verhältnis zwischen Fadenumfangsgeschwindigkeit ( $a \times \omega$ ) am Düsenrand zur Fadenliefergeschwindigkeit ( $u$ ).  $\lambda$  ist proportional zur Garndrehung.
- Von der Düsengeometrie, ausgedrückt in  $\kappa = \frac{r}{a}$ , wobei  $r$  der Krümmungsradius am Düseneinlauf und  $a$  der Aussenradius der Düse ist.
- Für konstanten Fadenzug vor der Düse ist der Fadenzug nach der Düse am höchsten bei stillstehender Düse. Bei drehender Düse nimmt die Abzugsfadenspannung rasch ab und zwar umso stärker, je grösser der Reibungskoeffizient ist.
- Bei extrem hohen Reibungswerten und grossem  $\lambda$  kann der Fadenzug nach der Düse kleiner sein als vor der Düse; ein Ergebnis, das sich mit dem Seilreibungsgesetz nicht vereinbaren lässt.
- Bei drehender Düse (bzw. drehendem Faden) wird der Faden aus der Meridianebene abgelenkt. Die charakteristischen Ablenkungswinkel sind wiederum von  $\mu$ ,  $\lambda$  und  $\kappa$  abhängig.
- Die von Ziegler und Brauchli aufgestellten theoretischen Resultate in Bezug auf Fadenkraftverhältnis und Ablenkungswinkel werden durch diese Arbeit experimentell bestätigt.

Prof. Dipl. Ing. H. W. Krause  
und Prof. Dr. H. A. Soliman  
Institut für Textilmaschinenbau und Textilindustrie  
ETH, 8006 Zürich

## Literatur

- 1 Lünenschloss J., Coll-Tortosa L., Phoa T. T.: Melliland Textilberichte 57 (1976), 966
- 2 Lünenschloss J., Coll-Tortosa L., Phoa T. T.: Chemiefaser/Textilindustrie 24/76 (1974)
- 3 Lünenschloss J., Coll-Tortosa L., Phoa T. T.: Melliland Textilberichte 57 (1976), 429
- 4 Stalder H.: The Textile Institute, Annual Conference 1972
- 5 Krause H., Soliman H.: «mittex» 12/1978
- 6 Ziegler H., Brauchli.: Melliland Textilberichte 59 (1978), 196