

Zeitschrift: Mitteilungen über Textilindustrie : schweizerische Fachschrift für die gesamte Textilindustrie

Herausgeber: Verein Ehemaliger Textilfachschüler Zürich und Angehöriger der Textilindustrie

Band: 76 (1969)

Heft: 9

Artikel: Grenzen der Regelung von Strecken der Baumwollspinnerei

Autor: Felix, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-677354>

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: 06.02.2026

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

is more nearly in agreement with other experimental findings and because the constants predicted by it are of the right order of magnitude. There is no way of predicting the same constants from Foster's hypothesis. The phase lags obtained experimentally differ somewhat from those predicted and further work is needed to clarify this point. It is not to be expected that a roving produced under constant drafting conditions will have a variation of the resonant wavelength present. This is the result of the spreading of fibre end density irregularity by the fibre length. In fact the method used to obtain equation (7) can also be used to obtain the spectrum of the thickness irregularity of a sliver produced in a drafting system where the stretching mechanism occurs and in which the input speed v_1 is constant and the input fibre end density $n_1(t)$ is a purely random variable. Figure 9 illustrates the spectrum predicted in this way, and shows that the peak of the spectrum lies between 2.5 and 2.0 times the mean fibre length, depending on the K value of the sliver. This smooth type of spectrum is a feature of the spectra found with worsted yarns and slivers and provides further confirmation of the importance of the stretching mechanism in worsted drawing.

Acknowledgements

The author would like to express his gratitude to Mr. P. Harrison for the construction of the equipment, to Mr. G.A.V. Leaf and Mrs. B. McClelland for their help in preparing this manuscript, and to Mr. B. Dutta for some of the experimental findings.

References

- ¹ Balasubramanian, H., Grosberg, P. and Turkes, Y., "Studies in Modern Yarn Production", The Textile Institute p. 169 (1968).
- ² Davies, I., J. Text. Inst., 58, T10 (1968).
- ³ Ihara, M. and Sato, B., J. Text. Mach. Soc. Japan, 13, 119 (1967).
- ⁴ Fujino, K. and Kawabata, S., J. Text. Mach. Soc. Japan, 8., 12 (1962).
- ⁵ Grosberg, P., J. Text. Inst., 49, T493 (1958).
- ⁶ Grosberg, P., ibid, 52, T91 (1961).
- ⁷ Grosberg, P., Smith, P. A. and Yoshikawa, I., ibid, 53, T553 (1962).
- ⁸ Foster, G. A. R., ibid, 42, T335 (1951).
- ⁹ Foster, G. A. R. and Martindale, J. C., ibid, 37, T1 (1946).
- ¹⁰ Goodings, A. C., ibid, 22, T1 (1931).

Adresse des Autors: Prof. P. Grosberg, Department of Textile Industries, The University, Leeds (GB)

Grenzen der Regelung von Strecken der Baumwollspinnerei

Obering. E. Felix, Uster

Zusammenfassung

Geregelten Strecken der Baumwollspinnerei wird normalerweise ein Faserband zugeführt, das im Mittel gegen 10 000 Fasern im Querschnitt aufweist. Unvollkommenheiten der Vorprozesse zur Erzeugung dieses Faserbandes können durch geregeltes Verstecken des Faserbandes teilweise ausgeglichen werden. Das Strecken von Faserbändern kann aber nicht mit dem Verziehen plastischer Medien verglichen werden, weil sich die Einzelfaser im Verzugsprozess nicht dehnen lässt. Dadurch ergeben sich bereits rein theoretisch Einschränkungen im Regelprozess, die von beachtlicher Bedeutung sind.

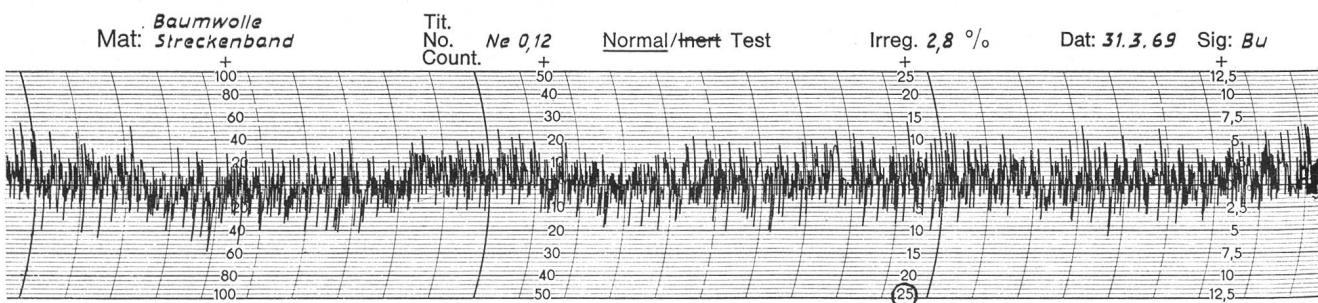
Die Praxis setzt zusätzliche Grenzen der Regelmöglichkeiten, und zwar im wesentlichen bedingt durch die Mess-

methoden zur Bestimmung des Bandquerschnittes, mechanisch bedingte Einschränkungen sowie Unzulänglichkeiten in der Verzugszone.

Mit Kombination von Regelungen und Steuerungen gelingt es, einen wesentlichen Teil der mittel- und kurzperiodischen Schwankungen zu eliminieren. Stets tritt aber das grundsätzliche Problem des Verstreckens eines Faserbandes wesentlich in den Vordergrund.

1. Problemstellung

Eine Strecke in der Baumwollspinnerei hat zur Aufgabe, ein Band aus Textilfasern etwa vier- bis sechsfach zu verstrecken. Ein solches Faserband weist im Querschnitt in der Größenordnung 1000 bis 10 000 Fasern von 2 bis 3 cm Länge auf. Der Bandquerschnitt ist jedoch keinesfalls konstant, sondern zeigt Abweichungen von 20 % und mehr. Diese Abweichungen sind bedingt durch Unzulänglichkeiten in den Vorprozessen. In der Praxis gelingt es in günstigsten Fällen, Variationskoeffizienten des Querschnittsverlaufs von



Modèle déposé

Zellweger Ltd. Uster

Abb. 1 Typisches Querschnitteendiagramm eines Streckenbandes (routine-mässige Aufnahme mit dem Gleichmässigkeitsprüfer «Uster»)

3 % zu erreichen. In vielen Fällen beträgt er aber 4 %, 5 % und mehr. Dabei sind örtliche Abweichungen von über 20 % keine Seltenheit. Abbildung 1 zeigt als typisches Beispiel einen Ausschnitt aus dem Querschnittsdiagrammverlauf eines nicht geregelten Baumwollbandes. Von besonderem Interesse ist die Analyse des Querschnittsverlaufs. Abbildung 2 zeigt eine solche in Form des Wellenlängenspektrums. Darin

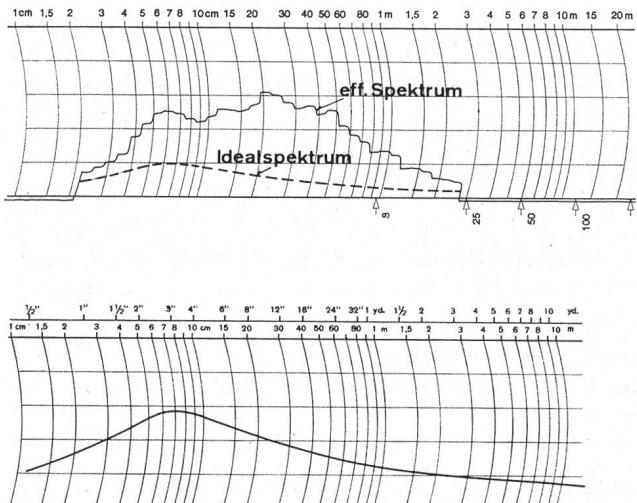


Abb. 2 Oben: Spektrogramm des Streckenbandes von Abb. 1 (routine-mässige Aufnahme mit dem Spektrographen «Uster»). Entsprechendes Idealspektrum errechnet aus rein zufälliger Faserverteilung
Unten: Mittlerer Verlauf eines guten Streckenbandes

eingetragen ist auch das Spektrum, wie es sich bei rein zufälliger Faserverteilung ergeben würde (d. h. bei idealen Verarbeitungsmaschinen).

2. Besonderheit bei der Regulierung von Faserbändern

An sich könnten Regelungen oder Steuerungen in bekannter Weise auch für die Vergleichsmässigung von Textilfaserbändern eingesetzt werden. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass das Verstrecken von Bändern, bestehend aus nicht dehbaren Einzelfasern, nicht mit dem Verstrecken plastischer Medien verglichen werden kann. Dementsprechend sind auch die Uebertragungsverhalten für Streckwerke der erwähnten Medien teilweise grundsätzlich verschieden. Bevor daher irgendwelche Berechnungen von Regelungen möglich sind, ist es notwendig, die Eigenschaften eines

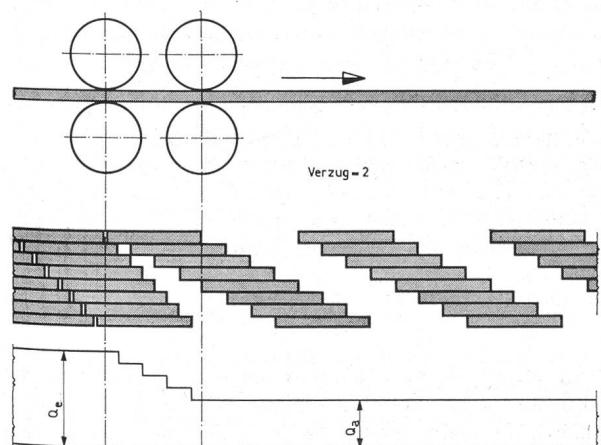


Abb. 3 Streckwerk, bei dem modellhaft eine konstante Faserzahl im Querschnitt mit gleichmässig verteilten Faserenden zugeführt wird

Streckwerkes für Faserbänder theoretisch zu untersuchen und die wichtigsten Parameter womöglich in eine analytische Form zu bringen.

Die heutigen Baumwollstrecken arbeiten nach dem Prinzip, dass das Faserband mit Hilfe eines ersten Zylinderpaars mit einer Geschwindigkeit, die der Umlaufgeschwindigkeit des ersten Zylinderpaars entspricht, hineingezogen wird (Abb. 3). Ein zweites Zylinderpaar läuft mit höherer Geschwindigkeit und zieht die einzelnen Fasern im Faserband auseinander. Mit der Umfangsgeschwindigkeit des zweiten Zylinderpaars wird das verstreckte Faserband weggeführt. Für die theoretische Betrachtung ist es wohl am zweckmässigsten, die grundsätzlichen Ueberlegungen anhand eines Modells vorzunehmen, das der Praxis möglichst gut entspricht, aber doch einige Vereinfachungen enthält. Bei diesem Modell ist angenommen, dass das Faserband ausschliesslich aus Fasern genau gleicher Länge bestehe. Im Beispiel in Abbildung 3 wird von links ein Faserband zugeführt, das einen konstanten Querschnitt aufweist und dessen Verteilung der Faserenden genau gleichmässig ist. Es sei angenommen worden, dass die Geschwindigkeit des zweiten Zylinderpaars doppelt so gross sei wie diejenige des ersten. Sobald also eine Faser vom vorderen Zylinderpaar erfasst worden ist, wird sie mit doppelter Geschwindigkeit weitertransportiert. Das Resultat dieser Operation ist ein Faserband, das im Querschnitt nun nur noch halb so viele Fasern aufweist, wobei der Abstand der Faserenden entsprechend doppelt so gross geworden ist.

In einem weiteren Beispiel in Abbildung 4 wird wiederum von links ein Faserband zugeführt, dessen Faserzahl im

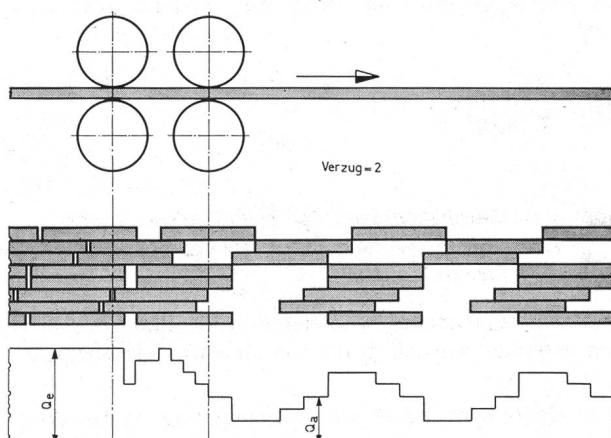


Abb. 4 Modell mit konstanter Faserzahl am Eingang, aber zufälliger Faserendenverteilung

Querschnitt konstant ist. Die Verteilung der Faserenden ist nun aber nicht mehr gleichmässig wie in Abbildung 3, sondern zufällig angeordnet. Auf den ersten Blick ist zu erkennen, dass trotz konstantem Querschnitt des eingeführten Faserbandes und trotz konstantem Geschwindigkeitsverhältnis der beiden Zylinder der Querschnitt des austretenden Faserbandes nicht mehr konstant ist.

3. Das Uebertragungsverhalten eines Streckwerkes für Textilfasern

Wie sich aus dem Modell erkennen lässt, ist nicht der Querschnitt des einlaufenden Faserbandes, sondern die Faserendenverteilung für den Querschnitt des austretenden Faserbandes massgebend.

Der Querschnitt (d. h. die Faserzahl) und die Faserendenverteilung hängen nach folgender Formel zusammen:

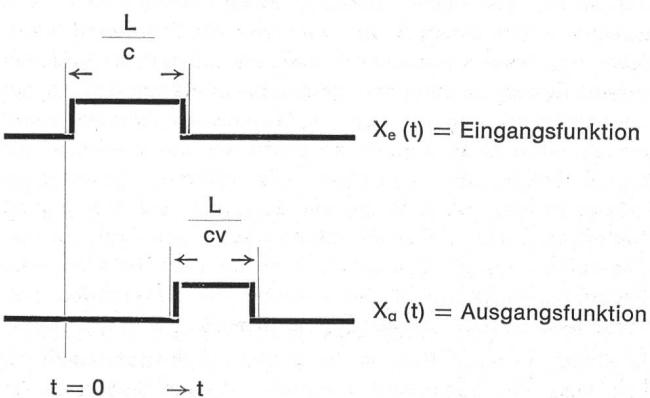
$$n_x = \sum_{x=0}^{x+L} F_E - \sum_{x=0}^x F_E = \sum_{x=0}^{x+L} F_E$$

wobei n_x = Faserzahl an der Stelle x

L = Faserlänge

F_E = Faserenden

Es ist nun möglich, auf Grund einer angenommenen periodischen Querschnittsschwankung die entsprechende Faserendenverteilung zu berechnen, die Abstände der Faserenden mit dem Verzug zu multiplizieren und die Rücktransformation auf den Querschnitt vorzunehmen. Für Impulsformen, wie sie im betrachteten Modell die Einzelfasern darstellen, ist natürlich die Laplace-Transformation viel eleganter.



Es ist

$$G(s) = \frac{\mathcal{L}[X_a(t)]}{\mathcal{L}[X_e(t)]} = \frac{e^{-s \cdot \frac{L}{c}} \left(1 - e^{-s \cdot \frac{L}{cv}}\right)}{1 - e^{-s \cdot \frac{L}{c}}}$$

wobei c = Geschwindigkeit der eingeführten Faser

v = Verzug (Verhältnis von Ausgangs- zu Eingangsgeschwindigkeit)

Die Uebertragungsfunktion bleibt sich für eine Vielzahl zufällig verteilter Impulse gleich wie für einen Einzelimpuls.

Durch Umformung erhält man die Uebertragungsfunktion:

$$G(s) = \frac{e^{-s \cdot \frac{L}{2vc}} - e^{-s \cdot \frac{L}{2vc}}}{e^{-s \cdot \frac{L}{2c}} - e^{-s \cdot \frac{L}{2c}}} \cdot e^{-s \cdot \frac{L}{2c}} (1 + \frac{1}{v})$$

Es wird ersichtlich, dass sich neben dem Frequenzgang bezüglich der Phase eine reine Totzeit ergibt.

Durch weitere Umformung (über Euler-Formel) und gleichzeitigen Übergang von Zeit auf Länge bzw. Frequenz in Wellenlänge wird erhalten:

Für das Amplitudenverhältnis:

$$\frac{A_a}{A_e} = \frac{\sin \frac{\pi \cdot L}{v \cdot \lambda_e}}{\sin \frac{\pi \cdot L}{\lambda_e}}$$

wobei λ_e = Wellenlänge bezogen auf den Eingang

Die Wellenlänge λ_a am Ausgang beträgt $\lambda_a = v \cdot \lambda_e$

Die Formel für das Amplitudenverhältnis ist in Abbildung 5 graphisch dargestellt. Deutlich ist zu erkennen, dass bei grösseren Wellenlängen, d. h. bei Wellenlängen, bei denen die Faserlänge vernachlässigbar klein ist, ein Verhalten wie bei plastischen Medien vorliegt. Bei kleineren Wellenlängen als etwa die fünffache Faserlänge ergibt sich jedoch ein

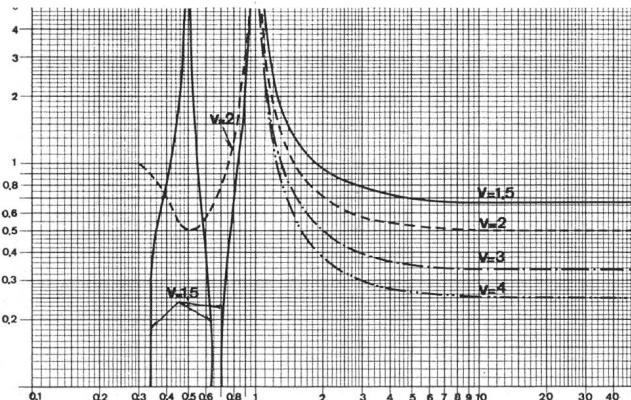


Abb. 5 Uebertragungsfunktion (Realteil) eines Streckwerks mit verschiedenen Verzügen als Parameter

starkes Ansteigen, und bei einer Wellenlänge, die der Stappellänge entspricht, entsteht sogar eine Unendlichkeitsstelle. Bei Wellenlängen entsprechend ganzzahligen Teilen der Faserlänge können weitere Unendlichkeitsstellen vorhanden sein.

Wie bereits erwähnt, ergibt die Phase eine reine Totzeit. Ausgedrückt als «Totlänge» l_t ergibt sich:

$$l_t = \frac{L}{2} \left(1 + \frac{1}{v}\right)$$

Zu beachten ist, dass die Totzeit nicht konstant ist, sondern vom Verzug abhängt. Die entsprechende graphische Darstellung zeigt Abbildung 6.

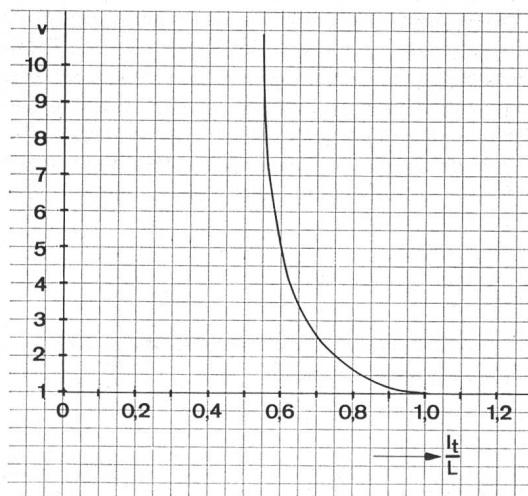


Abb. 6 Totzeitanteil der Uebertragungsfunktion

Es mag erstaunen, dass eine so einfache Vorrichtung wie ein Streckwerk ein derart komplexes Uebertragungsverhalten aufweist.¹ Ganz offensichtlich kann eine Regulierung oder Steuerung mit einem derartigen Uebertragungsverhalten nicht mehr mit einfachen Proportional-, Integral- oder Differentialreglern gelöst werden. Eine einwandfreie Lösung

käme nur mit einem Prozessrechner in Frage. Aus Kostengründen scheidet aber eine derartige Lösung zum vornherein aus. Es bleibt nur der einzige Weg, mit konventionellen Mitteln und akzeptablem Aufwand eine möglichst gute Näherungslösung zu finden, wobei es dann allerdings eine Ermessensfrage ist, wo die Konzessionen gemacht werden sollen.

4. Praktische Einschränkungen textiltechnologischer Art

Die vorstehenden Ausführungen würden es ermöglichen, Steuerungen und Regelungen rein theoretisch zu berechnen, zu optimieren und die Grösse der verbleibenden Fehler zu bestimmen. In der Praxis treten jedoch noch gewisse Abweichungen vom vorstehend angenommenen Modell auf.

4.1 Bei Baumwolle sind die Fasern nie gleich lang, sondern es treten beachtliche Abweichungen von einer mittleren Faserlänge auf.²

4.2 Damit keine Fasern zerrissen werden, muss die Distanz der Streckzyliner mindestens der grössten Faserlänge entsprechen. Dadurch ist aber die Geschwindigkeit der kürzeren Fasern, die sich zwischen den Zylindern befinden, nicht mehr definiert. Sie können im Minimum die Geschwindigkeit des Eingangszylinderpaars und im Maximum die Geschwindigkeit des Ausgangszylinderpaars aufweisen. Sowohl theoretische und insbesondere praktische Untersuchungen haben ergeben, dass durch die vorerwähnten Bedingungen nicht die Fasern einzeln verzogen werden, sondern ganze Faserbüschel vom Ausgangszylinderpaar erfasst werden.^{3,4} Eine Theorie, die lediglich verschiedene Faserlängen berücksichtigt, wäre also praxisfremd. Auf Grund von praktischen Untersuchungen lässt sich nachweisen, dass diese Faserbüschel in guter Näherung als neues Basiselement, d. h. quasi als Einzelfaser, betrachtet werden können. Damit darf aber auch wieder auf die Modellvorstellung zurückgegriffen werden. Anstelle der Einzelfaser ist jetzt lediglich das Faserbüschel zu setzen. Dieses ist etwa 1,5mal länger als die mittlere Faserlänge und enthält 5 bis 10 Fasern. Die genaue Art des Faserbüschels hängt dabei von der Konstruktion des Streckwerkes ab. Die genauen Werte lassen sich relativ einfach aus dem kurzwiligen Teil im Wellenlängenspektrum des ungeregelten Faserbandes bestimmen.

5. Messorgane

Neben den behandelten Eigenschaften des Streckwerkes sind für die Bemessung eines Regelkreises die Merkmale der Messorgane von wesentlicher Bedeutung.

Es sind bis heute mindestens zehn Messprinzipien bekannt, mit denen sich der Querschnitt von Faserbändern bestimmen lässt. Es ist im Rahmen dieser Arbeit nicht beabsichtigt, diese Messorgane und deren Eigenschaften zu behandeln, sondern nur ein paar gebräuchliche Systeme mit ihren für die Regelung wesentlichen Merkmalen zu erwähnen.

5.1 Nutenwalzenpaar (Abb. 7)

Bei diesem System wird das Faserband in einer Walze mit einer Rille durch eine Walze mit einem Bund zusammengepresst. An sich könnte dieses Messorgan ideal sein, wenn es anstelle des Ausgangszylinderpaars eingesetzt werden könnte. Es könnte ein geschlossener Regelkreis gebildet werden, der eine minimale Totzeit aufweist. Durch die Pressung der Fasern entstehen aber so wesentliche textiltechno-

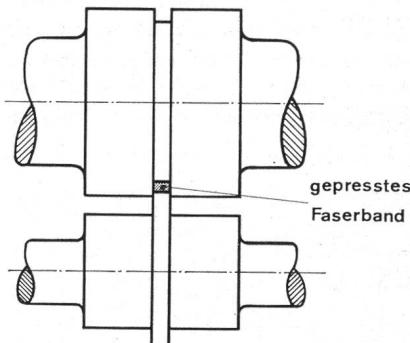


Abb. 7 Nutenwalzenpaar

logische Nachteile im Verzugsfeld (zu grosse Faserbüschel), dass die gleichzeitige Verwendung als Messorgan und als Verzugszyliner in der Regel für die Praxis nicht in Betracht fällt.

5.2 Das kapazitive Messsystem (Abb. 8)

Bei diesem Prinzip wird das Faserband zwischen zwei Elektroden durchgezogen, an die eine Hochfrequenzspannung gelegt ist. Die Fasermasse verändert das Hochfrequenzfeld zwischen den Elektroden, und man erhält ein Signal, das proportional zum Querschnitt des Faserbandes ist. Ein Vorteil dieses Systems liegt darin, dass das Faserband praktisch ungehindert durch das Messorgan durchlaufen kann.

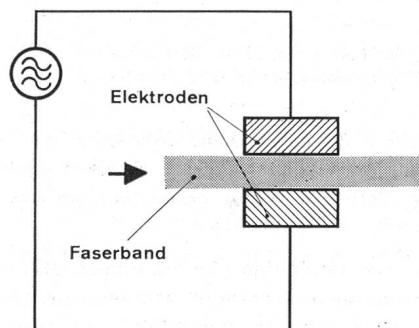


Abb. 8 Kapazitives Messprinzip

Andererseits besteht ein wesentlicher Nachteil darin, dass es außerordentlich schwierig ist, das Messorgan driftfrei zu halten. Indessen ist es möglich, ein solches Messorgan nahe beim Eingangszylinder, kurz nach den Ausgangszylindern, oder wenn nötig sogar zwischen den Zylindern anzubringen.

5.3 Optisches Messorgan (Abb. 9)

Bei diesem Verfahren handelt es sich um ein Absorptionsmesssystem. Das Messsignal ist somit nicht linear zum Querschnitt des Faserbandes. Durch Zusammenfassen des Bandes gelingt es zwar, diesen Nachteil in praktisch brauchbaren Grenzen zu halten. Allerdings ist hierzu noch eine gewisse Distanz von den Zylinderpaaren notwendig, so dass eine entsprechende Totzeit auftritt.

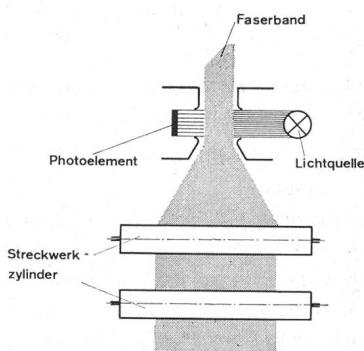


Abb. 9 Optisches Messprinzip

5.4 Aktiv-pneumatisches Messorgan (Abb. 10)

Das Faserband wird im Normalfall nach den Zylindern in einem Trichter zusammengefasst. Durch geeignete Ausbildung dieses Trichters gelingt es, durch das durchlaufende Band einen Staudruck zu erzeugen, der ein Mass für den Bandquerschnitt darstellt. Dieses Messorgan ist in bezug

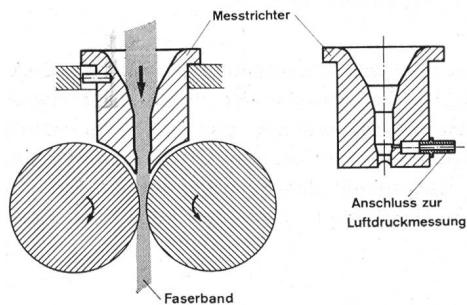


Abb. 10 Aktiv-pneumatisches Messsystem (links: Schnitt senkrecht zu den Walzen – rechts: Schnitt quer zu den Walzen)

auf die Bedienung sehr einfach, erfordert aber auch einen gewissen Abstand von den Auslaufzylindern, so dass auch in diesem Falle eine Totzeit in Kauf genommen werden muss.

Grundsätzlich müsste nun noch das Uebertragungsverhalten der einzelnen Messorgane behandelt werden. Da jedoch die eigentliche Messlänge im Verhältnis zur Fasellänge bzw. Totzeit klein ist, darf dieses Uebertragungsverhalten der Messorgane in erster Näherung vernachlässigt werden.

6. Masseeinwirkungen

Normalerweise lassen sich die Einwirkungen der Massen von Getrieben und Verzugszylin dern in Uebertragungsfunktionen mathematisch einfach erfassen. Im Falle geregelter Baumwollstrecken sind jedoch oftmals die benötigten Beschleunigungen so gross, dass eine Nichtlinearität zufolge einer maximal erreichbaren Beschleunigung eintritt. Die Erfahrung hat gezeigt, dass Verzugsänderungen von 1% pro Millisekunde bestenfalls erreicht werden können. Nimmt man als Beispiel an, dass die Liefergeschwindigkeit 150 m/min betrage, so ergeben sich durch diese Beschleunigungsbeschränkung bereits merkliche Begrenzungen der Ausregelung. In Abbildung 11 sind Kurven dargestellt, bei denen gezeigt ist, bis zu welchen Wellenlängen bei Amplituden von 5, 10 und 20 % eine vollständige Ausregelung möglich ist, und in welchem Mass diese bei kürzeren Wellen-

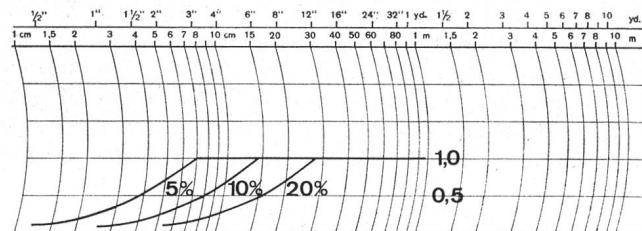


Abb. 11 Einfluss der Massen bei verschiedenen Amplituden und Wellenlängen

längen abnimmt. Näherungsweise kann diese Kurvenschar durch eine einzige Kurve eines Verzögerungsgliedes erster Ordnung ersetzt werden.

7. Regelgrenzen im geschlossenen Kreis

In Abbildung 12 ist in einfacher Weise das Blockschema eines geschlossenen Regelkreises für eine Baumwollstrecke dargestellt. Die Uebertragungsfunktionen des Streckwerkes und der Messsysteme sind nun bekannt. Als Totzeit darf — als «Totlänge» ausgedrückt — eine solche von rund 20 cm den praktischen Verhältnissen entsprechen. Es bleibt nun nur noch zu entscheiden, nach welchen Gesichtspunkten

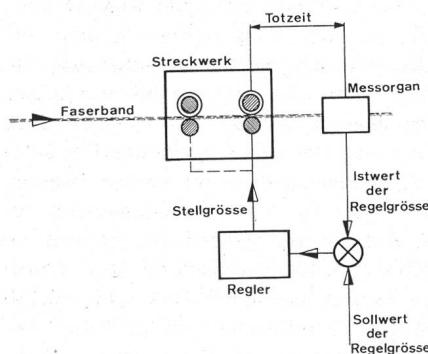


Abb. 12 Blockschema eines geschlossenen Regelkreises für eine Baumwollstrecke

die Optimierung vorzunehmen ist. Von textiltechnischer Seite stehen dabei folgende Forderungen im Vordergrund:

1. Die quadratische Regelabweichung soll ein Minimum sein.
2. Eine Sprungfunktion soll möglichst rasch ausgeglichen werden.
3. Für sehr grosse Wellenlängen soll die Regulierung besonders genau sein.

Die Optimierung des Regelkreises bietet nun gewisse Schwierigkeiten, weil für jeden der drei erwähnten Wünsche drei verschiedene Optima resultieren.⁵ Es bleibt nun nichts anderes übrig, als mehr oder weniger nach Ermessenskriterien den besten Kompromiss zu finden.

Zur Diskussion stehen PID-Regler. Im folgenden sollen die einzelnen Anteile bestimmt werden.

In einem System mit Totzeit neigen D-Regler gerne zu Oszillationserscheinungen. Der D-Anteil ist daher vorsichtig zu handhaben. Im weiteren ruft der D-Teil stärkere mechanische Beanspruchungen hervor, so dass es in diesem Fall zweckmässiger ist, vollständig auf einen D-Teil zu verzichten.

Von der textiltechnischen Seite betrachtet, ist die dritte Forderung, nämlich eine sehr gute Regelung bei grossen Wellenlängen, ausserordentlich wichtig. Bleibende Regelabweichungen, wie sie durch den P-Anteil eines Reglers entstehen, sind daher höchst unerwünscht. Hingegen ist es sinnvoll, einen bestimmten P-Anteil zur Kompensation der mechanischen Masseneinwirkung einzusetzen.

Es ist noch in Betracht zu ziehen, ob eventuelle P- und D-Anteile zur Kompensation der Uebertragungsfunktion des Streckwerkes erforderlich sind.

Am Schluss dieses Abschnittes lässt sich jedoch leicht erkennen, dass die in der Uebertragungsfunktion angehobenen kurzen Wellenlängen zufolge der Totzeit bei weitem nicht mehr ausreguliert werden, so dass die Uebertragungsfunktion auf die einfache Formel

$$\frac{A_d}{A_e} = \frac{1}{v}$$

gebracht werden kann.

In Abbildung 13 ist die Uebergangsfunktion eines reinen I-Reglers mit Totzeit und verschiedenen Nachstellzeiten aufgetragen (der D-Anteil wurde mit Null eingesetzt, und der P-Anteil geht in der Masseneinwirkung auf). Aus dieser Abbildung würde man den Schluss ziehen, dass die Regelfläche bei einem Faktor $K_i = 1,5$ ungefähr am keensten ist.

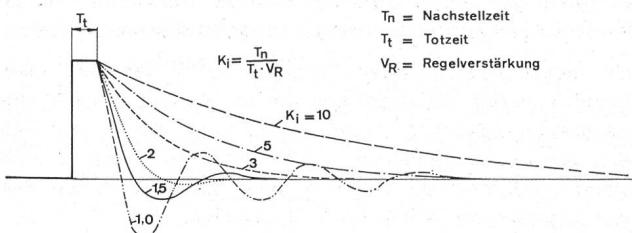


Abb. 13 Uebergangsfunktionen eines I-Reglers mit Totzeit

Wie bereits erwähnt, ist aber damit zu rechnen, dass das Optimum des Reglers für die Uebergangsfunktion und den astatischen Verlauf des Querschnittes der Faserbänder verschieden liegen. Es ist daher auch für diesen Fall das Optimum zu suchen. Abbildung 14 zeigt den Amplitudengang in

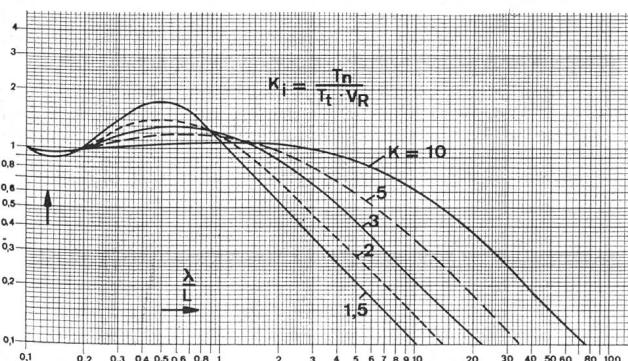


Abb. 14 Entsprachender Frequenzgang (bzw. «Wellenlängengang»)

Funktion der Wellenlänge für die gleichen Parameter wie bei Abbildung 13. Als wesentlich ist zu erkennen, dass eine gute Ausregulierung der grösseren Wellenlängen mit einer Anhebung bei kürzeren Wellenlängen bezahlt werden muss. Um die minimale quadratische Regelabweichung zu bestimmen, ist es nun unumgänglich, einen konkreten Fall zu

untersuchen. In Abbildung 2 wurde ein typisches Spektrum eines Faserbandes aus Baumwolle gezeigt. Aus der Kombination dieses Spektrums und demjenigen des Reglers lässt sich sehr leicht das Optimum finden. In Abbildung 15 ist diese Kombination aufgetragen.

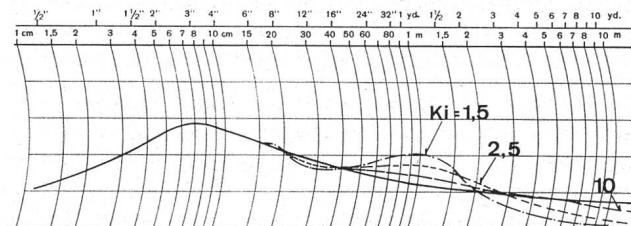


Abb. 15 Wellenlängenspektren eines geregelten Baumwollfaserverbandes mit verschiedenen Reglerparametern

Bekanntlich lässt sich die mittlere quadratische Abweichung aus der Leistungsdichte des Spektrums gemäss folgender Formel berechnen:

$$(CV)^2 = 2 \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} [S(\ln \lambda)]^2 \cdot d(\ln \lambda)$$

wobei CV = Variationskoeffizient

$S(\ln \lambda)$ = Amplitude des geregelten Faserbandes in Funktion der Wellenlänge (in logarithmischem Massstab)

Diese Integration kann auch auf sehr einfache Weise mit einem Trägheitsplanimeter vorgenommen werden. Da das Spektrum des zugeführten Bandes analytisch nicht erfassbar ist, ist der graphischen Auswertung mit dem Trägheitsplanimeter unter Umständen der Vorzug zu geben. Es ist aber auch möglich, bereits von blossem Auge abzuschätzen, in welcher Größenordnung der Faktor K_i sein muss, um eine minimale quadratische Regelabweichung zu erhalten. Bei zu kurzer Nachstellzeit ergibt sich eine Ueberhöhung der kürzeren Wellenlängen, bei zu langer Nachstellzeit werden relativ lange Wellen nicht ausgeregelt, so dass sich das Optimum in der Größenordnung 2 bis 3 befindet. Bei $K_i = 2,5$ ist die Uebergangsfunktion aperiodisch, so dass die Regelfläche auch nicht allzu schlecht liegt.

8. Grenzen der Regelung im kombinierten Steuer- und Regelkreis

(Regelung mit Störgrössenaufschaltung)

Um auch die kurzperiodischen Schwankungen besser ausregulieren zu können, ist es unumgänglich, das erste Regelsystem mit einer Steuerung zu kombinieren. Das entsprechende Blockdiagramm zeigt Abbildung 16. Während beim

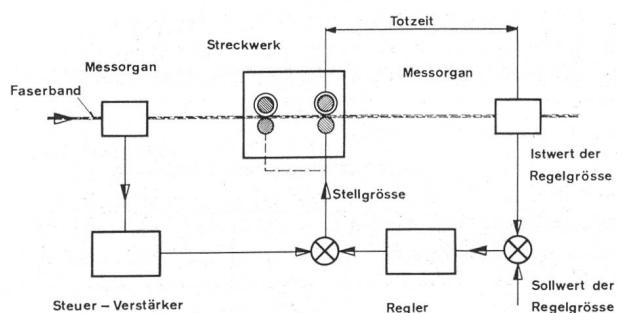


Abb. 16 Blockdiagramm einer Baumwollstrecke mit kombiniertem Steuer- und Regelkreis

vorangegangenen Beispiel die Uebertragungsfunktion des Streckwerks sowie der Einfluss der Massenwirkungen der Zylinder nahezu vernachlässigt wurde, ist dies bei der Steuerung nicht mehr zulässig. Als erstes muss der Uebertragungsfunktion des Streckwerks Rechnung getragen werden (Abb. 5 und 6). Wie bereits erwähnt, kommt ein Prozessrechner für diese Aufgabe aus Kostengründen nicht in Frage. Wir müssen daher versuchen, mit einem Netzwerk die gewünschte Funktion so gut als möglich nachzubilden.

Das Netzwerk könnte, wenn nur der Amplitudengang kompensiert werden müsste, relativ einfach gehalten werden. Da jedoch die Phasenbedingungen im wesentlichen in einer beachtlichen Laufzeit liegen, ist ein vielgliedriges Netzwerk erforderlich. Die Laufzeit gemäss Abbildung 6 wird dabei noch erhöht durch die Distanz des Messorgans vom Eingangszylinderpaar. Abbildung 17 zeigt nochmals die

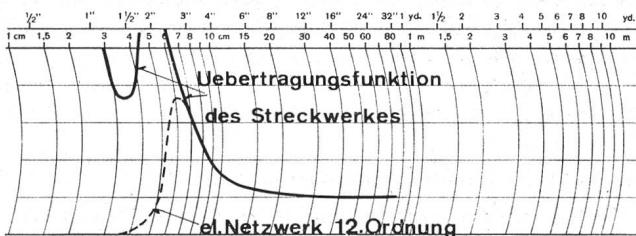


Abb. 17 Beispiel des Frequenzganges eines Steuerverstärkers zum Streckwerk

Uebertragungsfunktion des Streckwerks und darin eingetragen eine mögliche Uebertragungsfunktion eines Netzwerks. Das Verhältnis dieser beiden Kurven stellt den Regelfaktor bezogen auf den Eingang dar (Abb. 18). Bis

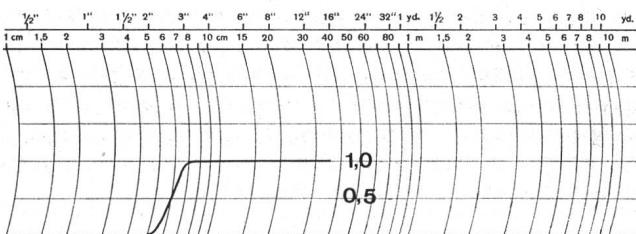


Abb. 18 Frequenzgang der Steuerung ohne Berücksichtigung der Masseneinwirkung

zur zirka 2,5fachen Faserlänge ist eine gute Ausregulierung möglich. Nachher erfolgt ein rascher Abfall.

In Verbindung mit dem Uebertragungsverhalten der Mechanik (Abb. 11) kann nun die gesamte Wirkung der Steuerung bestimmt werden (Abb. 19). Dabei ist zu berücksichtigen,

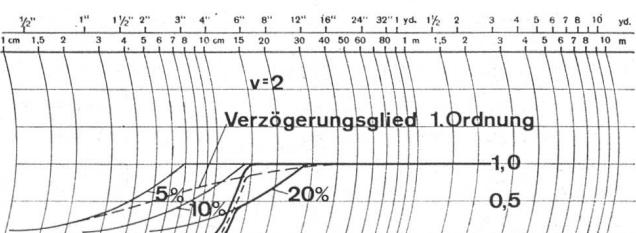


Abb. 19 Frequenzgang der Steuerung mit Berücksichtigung der Masseneinwirkungen

dass sich die Betrachtung des Streckwerks auf den *Eingang* bezogen hat, während bei der Variation des Verzugs durch die Ausgangszylinder die mechanisch bedingten Grenzen auf den *Ausgang* bezogen sind. Der mittlere Verzug muss daher für die Festlegung der Grenzen ebenfalls bekannt sein. Im Beispiel in Abbildung 19 ist der mittlere Verzug mit 2 gewählt. Nun kann die Wirkung der gesamten Steuerung wie zuvor auf das praktische Beispiel von Abbildung 2 bezogen werden. Abbildung 20 zeigt die entsprechenden Wellenlängenspektren.

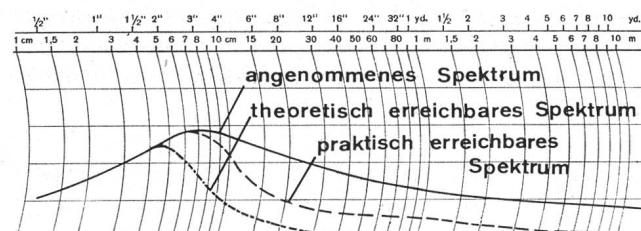


Abb. 20 Theoretisch und praktisch erreichbare Spektren von Faserbändern aus Baumwollstrecken mit kombinierten Steuer- und Regelkreisen

Allerdings treten praktisch unvermeidbare Effekte im Bereich der theoretisch nahezu vollständigen Ausregulierung auf, so dass als Grenzkurve der heutigen, mit tragbarem Aufwand geregelten Strecken der Baumwollspinnerei das Wellenlängenspektrum praktisch doch etwas höher liegt.

Mit dieser konzentrierten Fassung wurde versucht, einen Einblick in das Verhalten und die Möglichkeiten geregelter Baumwollstrecken zu geben. Wenn auch die Praxis beim Bau von Regelanlagen ein viel tieferes Eindringen in diese Materie erfordert, so behalten doch die behandelten Themen als Elementarstufe ihre Gültigkeit bei.

Adresse des Autors: Obering. E. Felix, c/o Zellweger AG, Apparate- und Maschinenfabrik, CH-8610 Uster

Literaturhinweise

¹ S. S. Kowner, Mathematische Methoden zur Erforschung der Faserbewegung in Verzugsprozessen. Staatlicher Verlag für wissenschaftliche technische Literatur der Leichtindustrie Moskau 1957 (nur in russischer Sprache, im Buchhandel vergriffen)

Der Verfasser geht vorerst auch den Weg über das erwähnte vereinfachte Modell. Er kommt zur gleichen Lösung für den Amplitudengang, vernachlässigt aber bewusst die Phasenlage. Das Schwergewicht seiner Arbeit liegt jedoch darin, über das vereinfachte Modell hinaus eine allgemeine analytische Form über den Verzugsprozess zu finden.

² A. G. Sewostjanow, Moskauer Textilinstitut, Technologie der Textilindustrie 1959, H. 1, S. 79–89, H. 2, S. 52–65. Deutsche Übersetzung von Obering. C. Mierisch, Heidelberg

Der Verfasser untersucht theoretisch den Verzugsprozess bei statischen und nichtstationären Bedingungen. Die umfangreiche Arbeit basiert weitgehend auf der theoretischen Erklärung experimenteller Untersuchungsergebnisse.

³ E. Felix, Zellweger AG Uster, Handbuch zum Spektrographen «Uster», 1959, II. Teil, S. 6

⁴ F. Vroomen, Centexbel Verviers, Théorie de l'étirage par grappes en préparation de filature

⁵ P. Profos und H. Gelpke, Zur praktischen Durchführung der Optimierung der Reglereinstellung bei stochastischer Bewegung der Störgrösse. Neue Technik 10, Nr. A3, S. 145–155 (1968)