

# THEORIE DER DREHUNGSGEBUNG UND IHRE PRAKTISCHE ANWENDUNG

Von

M. JEDERÁN, F. CSÁSZI und L. VAS

Lehrstuhl für Textiltechnik und Leichtindustrie, Technische Universität, Budapest

Eingegangen am 30. März, 1979

Die Drehungsgebung ist die Hauptfrage sowohl in der Fadenbildung als in der Zwirnfertigung und dadurch eine Schwerpunktfrage der Theorie und Praxis.

BEYER (1) versuchte die allgemeinen theoretischen Grundlagen der Drehungsgebung zusammenfassen. Seine Theorie sicherte aber keine genaue Definition der einzelnen Bedingungen der Drehungsgebung. Im folgenden sollen — teilweise durch Weiterentwicklung der Beyerschen Ergebnisse — eine allgemeine Formulierung der Theorie der Drehungsgebung gegeben und Verwendungsbeispiele angeführt werden.

## 1. Die Theorie der Drehungsgebung

Die Drehung ist die relative Winkelverschiebung von zwei Fadenquerschnitten je Längeneinheit im Verhältnis zueinander,

$$T = \frac{d\varphi}{ds} \quad (1)$$

In idealem Falle entsteht die Drehung auf einer elastischen zylinderförmigen Fadenstrecke indem sich die Fadenstrecke die Achse  $z$  des in Punkt  $A$  der Abb. 1. als Anfangspunkt aufgenommenen Koordinatensystems entlang mit ständiger Geschwindigkeit  $v$  bewegt und sich gleichzeitig um die Achse  $z$  mit ständiger Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  dreht. Punkt  $A$  wird Grenzpunkt der gedrehten Strecke, Punkt  $B$  Mittelpunkt des Drehgenerators genannt.

In der angenommenen, orthonormalen Basis  $\mathbf{i}$ ,  $\mathbf{j}$ ,  $\mathbf{k}$  seien der Winkelgeschwindigkeitsvektor

$$\boldsymbol{\omega} = \omega \mathbf{k}$$

und der Axialgeschwindigkeitsvektor

$$\mathbf{v} = v \mathbf{k}$$

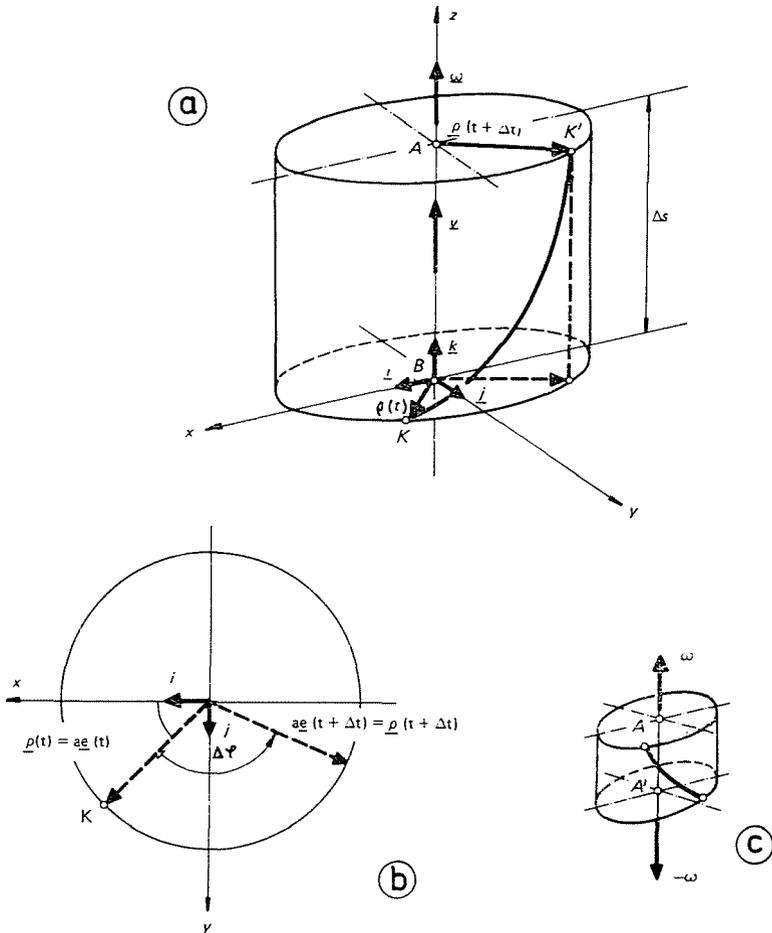


Abb. 1

Untersuchen wir die Bewegung des Punktes  $K$  des im Grenzpunkt  $A$  sitzenden Grundkreises. Der den Punkt  $K$  bezeichnende Vektor  $\rho(t)$  kann als lineare Kombination der Vektoren  $i, j$  dargestellt werden:

$$\rho(t) = ae(t) = a[\cos \varphi(t), \sin \varphi(t), 0]$$

wo  $e(t)$  ein Einheitsvektor ist.

Der gegebene Fadenquerschnitt kommt nach einer Axialbewegung  $\Delta s$  und Drehung  $\Delta \varphi$  in die Lage  $K'$  des Punktes  $K$ , dessen Lagevektor

$$\rho(t + \Delta t) = ae(t + \Delta t)$$

ist, und dessen Projektion auf die Ebene  $x y$  mit sich selbst übereinstimmt.

Das vektorielle Produkt aus  $\mathbf{e}(t)$  und  $\mathbf{e}(t + \Delta t)$  ist ein Vektor mit der Richtung  $\mathbf{k}$ , und zwar wenn  $\Delta\varphi$  klein genug ist:

$$\mathbf{e}(t) \times [\mathbf{e}(t + \Delta t)] \approx \Delta\varphi \mathbf{k}$$

gleichzeitig gilt:

$$\mathbf{e}(t) \times [\mathbf{e}(t + \Delta t) - \mathbf{e}(t)] \approx \Delta\varphi \mathbf{k},$$

weil

$$\mathbf{e}(t) \times \mathbf{e}(t) = 0.$$

erhält man:

$$\Delta s = v \Delta t,$$

$$\frac{\mathbf{e}(t) \times [\mathbf{e}(t + \Delta t) - \mathbf{e}(t)]}{v \Delta t} \approx \frac{\Delta\varphi}{v \Delta t} \mathbf{k} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta s} \mathbf{k}$$

und weil im Falle  $\Delta t \rightarrow 0$ , auch  $\Delta s \rightarrow 0$  und nach der Drehung: Definition (1) der

$$T = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta s}$$

so erhält man

$$\mathbf{e}(t) \times \frac{d\mathbf{e}}{ds} = \frac{d\varphi}{ds} \mathbf{k} = T \mathbf{k} = \mathbf{T} \quad (2)$$

Die Drehung kann also auch durch den Drehungsvektor  $\mathbf{T}$  gekennzeichnet werden, wo  $\mathbf{T} \parallel \mathbf{k}$ , und dessen absoluter Wert

$$|\mathbf{T}| = \left| \frac{d\varphi}{ds} \right| = \left| \frac{\omega}{v} \right| \quad (3)$$

ist.

Bei einem gegebenen Drehungssystem ist die Richtung  $v$  immer bekannt. Die Richtung der Winkelgeschwindigkeit ergibt sich aus

$$\omega = \mathbf{e}(t) \cdot \mathbf{e}(t + \Delta t) \quad (4)$$

d. h. die Richtung von  $\omega$  wird immer lokal nach der relativen Winkelverschiebung zweier paralleler Querschnitte der gegebenen Elementarfadenstrecke beurteilt. Die Erklärung wird durch Abb. 1c. erleichtert.

Wenn die Grenzebene der geprüften Fadenstrecke durch Punkt  $A$  geht und dort eingespannt ist, dann hat  $\omega$  das Vorzeichen Plus, wenn die Grenzebene (bei gleicher Drehung) in Punkt  $A'$  eingespannt ist, dann hat  $\omega$  das Vorzeichen Minus. Durch die Prüfung der Elementarfadenstrecken (vorausgesetzt, daß  $v \neq 0$  und  $\mathbf{e} \neq 0$ ) kann die Richtung der Drehung beurteilt werden:

$$\text{sign} [\mathbf{e}(t) \times \mathbf{e}(t + \Delta t) \mathbf{v}] = \begin{cases} +1, & \text{dann ist } Z \\ 0, & \text{dann ist } 0 \\ -1, & \text{dann ist } S \end{cases} \quad (5)$$

und es entsteht eine Drehung.

In einzelnen Fällen kann die Beurteilung der Drehungsrichtung nach der Methode der Graphen erfolgen. Abb. 2. zeigt das Wesen der Methode.

In Punkt  $B$  der Fadenstrecke  $A—B$  sei der Drehungsgenerator angeordnet, der den mit der Geschwindigkeit  $v$  laufende Faden mit einer Winkelgeschwindigkeit  $\omega_B$  dreht. Laut Abb. 2. wird die in der Umgebung des Punktes  $A$  ausgewählte Elementarfadenstrecke als in der durch den Punkt  $A$

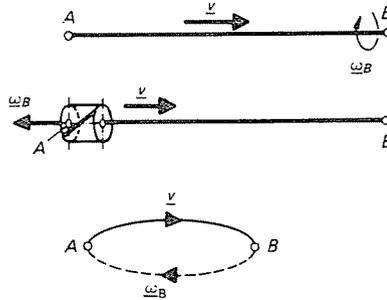


Abb. 2

durchgehenden Ebene von der Fadengeschwindigkeitsrichtung entgegengesetzter Lage eingespannt betrachtet, so sind die Richtungen von  $\omega_B$  und  $v$  entgegengesetzt.

Wählen wir als Spitzen des Graphes die zwei Endpunkte der gegebenen Fadenstrecke (Abb. 2c.), die durch die Kanten  $\omega_B$  und  $v$  verbunden sind. Diese sinngemäß aufgezeichnet, werden die Kanten einen gerichteten, geschlossenen Kreis bilden, und ihre Orientierung ist entgegengesetzt. In einem solchen Drehungssystem entsteht eine Drehung  $S$ .

Wenn in dem gerichteten, geschlossenen Kreis die Orientierung der Kanten gleich ist, dann entsteht eine Drehung  $Z$ .

## 2. Zweiphasige Drehungssysteme

Die zweiphasige Drehung spielt sich in einem endlichen System zwischen den Grenzpunkten  $A—C$  ab, wo die Fadengeschwindigkeit  $v$  ist und sich der Drehungsgenerator  $B$  zwischen den Grenzpunkten  $A$  und  $C$  befindet. Bei zweiphasiger Drehung werden in den einzelnen Phasen gesonderte Drehungen ( $T_1$ ,  $T_2$ ) entstehen. Die resultierende Drehung ist die Summe der Phasendrehungen:

$$T = T_1 + T_2 = \frac{|\omega_1| + |\omega_2|}{v} \quad (6)$$

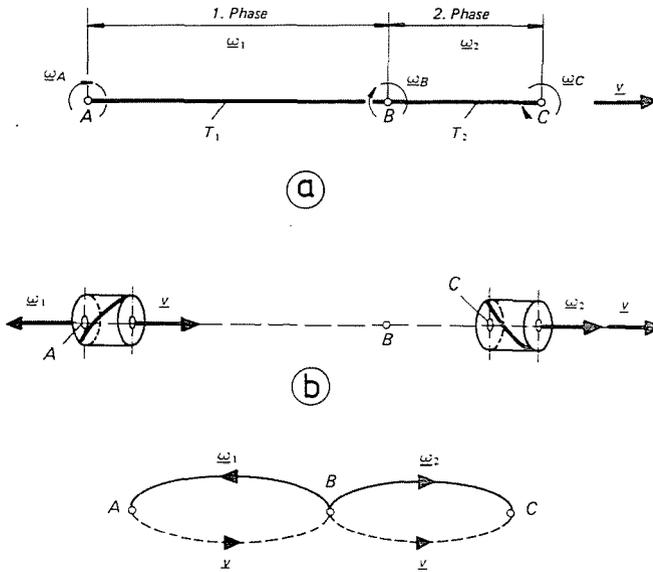


Abb. 3

Im Allgemeinfalle drehen sich in dem Drehungssystem sowohl die Grenzpunkten  $A$  und  $C$  als auch der Drehungsgenerator ( $B$ ). Die Drehung wird aber nur dann zustande kommen, wenn die Grenzpunkte im Vergleich zueinander unterschiedliche Drehzahlen haben, d. h. nach Abb. 3.:

und

$$\omega_A \neq \omega_B$$

$$\omega_1 = \omega_A - \omega_B \tag{7}$$

bzw.

und

$$\omega_B \neq \omega_C$$

$$\omega_2 = \omega_B - \omega_C \tag{8}$$

Wenn, z. B.  $|\omega_1| > 0$  und  $|\omega_2| > 0$ , dann ist die Orientierung der resultierenden Winkelgeschwindigkeitsvektoren laut Abb. 3b. Bei Drehungssystemen soll die eingespannte Grenzfläche in dem der Translationsbewegung Streckenendpunkt entgegengesetzten (Punkte  $A$  und  $C$ ) genommen werden. Darum ergeben sich für die Drehungen der Elementarfadenstücke in Punkt  $A$  eine Drehung  $S$  und in Punkt  $B$  eine Drehung  $Z$ . Auch die Richtungen der durch die Spitzen  $A-B-C$  gezeichneten Graphkanten zeigen dieses Ergebnis.

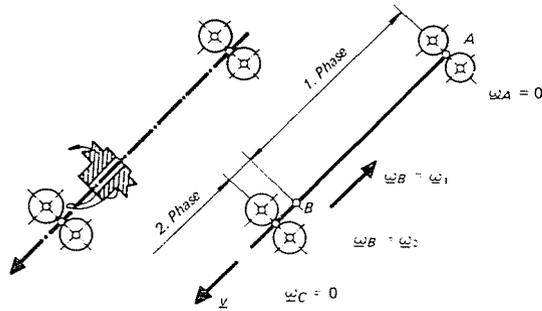


Abb. 4

$\omega_1$  richtet sich auf Spitze A,  $v$  von der Spitze A auf Spitze B. Zwischen den Spitzen A—B ist die Richtung der Graphzeichen entgegengesetzt, so kommt eine Drehung  $S$  zustande.

### 2.1 Falsche Drehungsgebung

Die falsche Drehungsgebung folgt dem Prinzip der zweiphasigen Drehung (Abb. 3.). Die Phasendrehungen zwischen dem Drehungsgenerator C und den Grenzpunkten sind aber  $\omega_1 = \omega_2$ . Darum ist der Wert der Drehung mit den Zusammenhängen (6) und (8)

$$T = T_1 + T_2 = \left| \frac{\omega_1 + \omega_2}{v} \right| = \left| \frac{-\omega_B + \omega_B}{v} \right| = 0$$

d. h. die resultierende Drehung ist gleich Null, und die zwei Phasendrehungen verschiedener Richtung vernichten sich gegenseitig.

### 2.2 Falschdraht-Vorrichtungen

Abb. 4. zeigt die Skizze des Drehrohrchens. Bei der Drehungsgebung ergeben sich die Phasendrehungen:

$$T_1 = \frac{0 - \omega_B}{v}$$

$$T_2 = \frac{\omega_B - 0}{v}$$

d. h.

$$T = T_1 + T_2 = 0$$

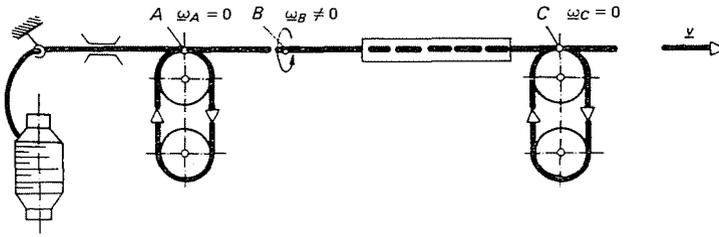


Abb. 5

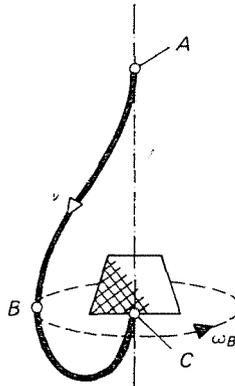


Abb. 6

Ein wichtiger Anwendungsbereich des Falschdrahtes ist die Kräuselgarn-erzeugung, wo die gegebenen Phasendrehungen in einer Wärmekammer befestigt sind, und nach dem Drehungsrohr aufgedreht werden, die Elementarfäden behalten aber die Form einer Schraubenlinie.

Die Skizze des Torsionskräuselverfahrens ist in Abb. 5. gezeigt. Der Drehungsprozeß entspricht der Abb. 4. Darum ist

$$T=0.$$

### 2.3 Doppeldrahtverfahren

Bei dem Doppeldrahtverfahren sind die Phasendrehungen von gleicher Richtung, darum summieren sie sich, also werden durch eine Umdrehung des Drehungsgenerators zwei Drehungen zustande kommen. Bei Doppeldrehungsgewebung wird

— entweder der gedrehte Zwirn in dem Drehungsgenerator des Drehsystems aufgewickelt (Abb. 6.) oder

— der zu drehende Fadensatz in das Innere des Drehungsgenerators eingelegt (Abb. 7a.).

Abb. 7b. zeigt eine Doppeldrahtspindel. Der zu drehende Zwirn wird auf der auf die Welle des Drehungsgenerators  $B$  gelegten Spule  $C$ s gespeichert. Die Spule sitzt auf der stehenden Rohrwelle der Drehungsgeneratorwelle und dreht sich nicht, da die Magnete ( $M$ ) sie nicht rotieren lassen. Der Zwirn fläuft durch das Zentralrohr zu der Ausführöffnung und von dort zwischen den stehenden Ballonlenkern  $b_2$  und  $b_1$  zu dem Fadenführer  $c$ .

Abb. 8. zeigt die Skizze der Drehungssysteme unter der Bedingung,

$$\omega_A = \omega_C = 0.$$

Die eingespannten Querschnitte der Elementarstrecken ( $A$  und  $C$ ) an den Enden der gedrehten Fadenstrecken wurden — laut unserer Vereinbarung — in der Fadentranslation entgegengesetzter Richtung angenommen (Abb. 8a.).

Nach dem für die Verhältnisse der Elementarfadenstrecken gezeichneten Graphen ist festzustellen, daß die Richtungen beider Halbschlingen entgegengesetzt sind, also durch das Drehungssystem bei einer Umdrehung des Punktes  $B$  zwei Drehung  $S$  erzeugt werden. Abb. 8c. zeigt die ausgebreitete Abb. 8a. Es ist festzustellen, daß das Drehungssystem zweiphasig ist, und da

$$\omega_{AB} = \omega_{BC} = \omega_B$$

sind die Phasendrehungen

$$T_1 = T_2 = \left| \frac{\omega_B}{v} \right|.$$

Die resultierende Drehung ist also

$$T = T_1 + T_2 = 2 \left| \frac{\omega_B}{v} \right|$$

### 3. Einphasige Drehungsgebung

Bei einphasiger Drehung ist der Drehungsgenerator entweder in dem einen Endpunkt der gedrehten Strecke (Abb. 2.) oder wird in einer der Phasen keine Drehung zustande kommen.

#### 3.1 Zwirnen im Abwicklungssystem

Abb. 9a. zeigt eine zeitgemäße Lösung des Zwirnens, das zweistufige Abwicklungssystem. In der ersten Stufe erfolgt die Verdopplung der Fäden durch Ringzwirnen (Abb. 10.). Für diese Phase ist es kennzeichnend, daß

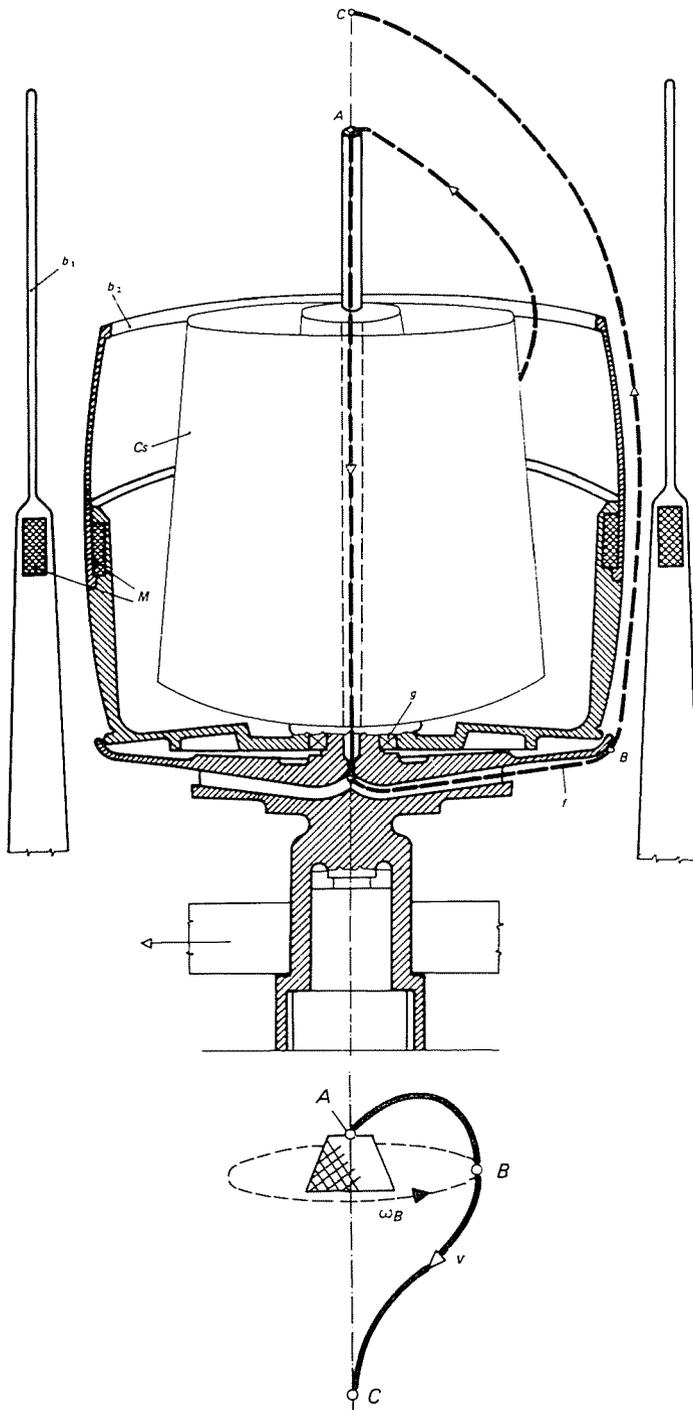


Abb. 7.a

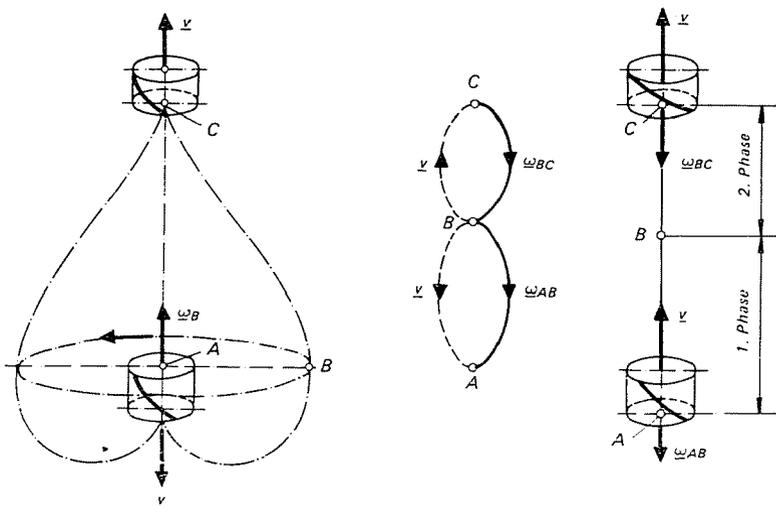


Abb. 8

Spulen mit einem Gewicht von ca. 1 kp gefertigt werden, die Drehung aber eine sog. Schutzdrehung ist. In der zweiten Stufe (Abb. 9a.) wird die Spule in eine geschlossene rotierende Walze ( $h$ ) gelegt, die sich mit der Spule zusammendrehet und den Zwirn herausbildet.

Beim Zwirnen entspricht die Abwicklungsrichtung der Richtung der Spulendrehung, so ist die Winkelgeschwindigkeit des Drehungsgenerators  $B$  mit den Bezeichnungen in Abb. 9a.:

$$\omega_B = \frac{1}{9,55} \left( n_c + \frac{v}{d\pi} \right) \quad (9)$$

(wo  $d$  — der Abwicklungsdurchmesser der Spule ist.)

Aus Abb. 9b. ist es festzustellen, daß die Drehung nur auf der Fadenstrecke  $A-B$  erfolgt. Die Richtungen der mit den für Punkt  $A$  gezeichneten Elementarfadenstrecke Werten  $\omega_{AB}$  und  $v$  dargestellten Graph-Halbschlingen sind entgegengesetzt (Abb. 9c.), darum ist die resultierende Drehung eine Drehung  $S$ . Da  $\omega_{AB} = \omega_B$  ist die Größe der entstandenen Drehung

$$T = \left| \frac{\omega_B}{v} \right|$$

### 3.2 Ringspindel

Abb. 10. zeigt die Skizze einer Ringspindel. Der Drehungsgenerator ist hier der auf dem Ring  $A$  laufende Läufer, dessen Winkelgeschwindigkeit  $\omega_B$  wegen des Aufwindens hinter der Winkelgeschwindigkeit  $\omega_C$  zurückbleibt.

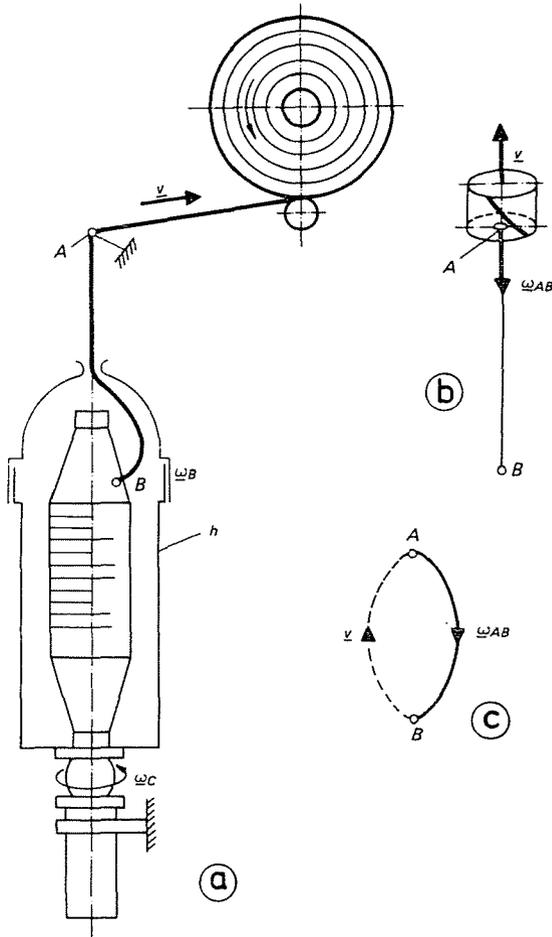


Abb. 9

$$\omega_B = \frac{1}{9,55} \left( n_C - \frac{v}{d\pi} \right) \quad (10)$$

(wo  $d$  — der augenblickliche Aufwindedurchmesser ist.)

Beim Ringspinnen sind die für die zwei Phasen der Drehung bezeichnenden Zusammenhänge:

Phase 1 (Abb. 10.  $A - B$ )

$$\omega_{AB} = \omega_B$$

und

$$T_1 = \left| \frac{\omega_B}{v} \right|$$

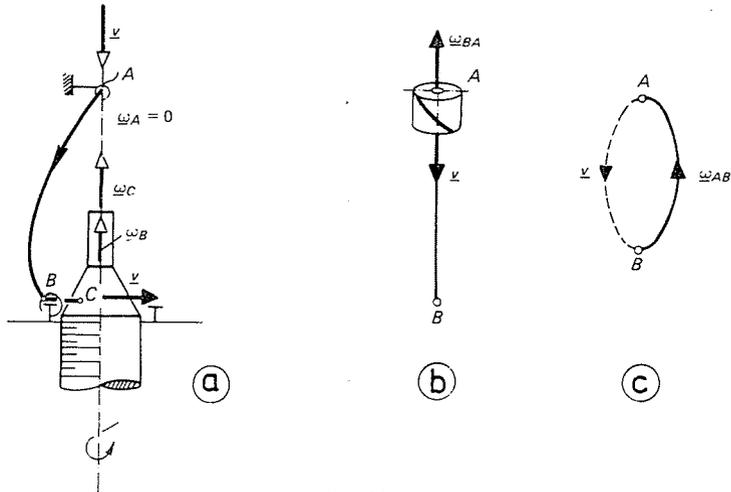


Abb. 10

Ferner ist es aus den Abb. 10b. und 10c. festzustellen, daß die Richtungen der Graphzweige entgegengesetzt sind, und dadurch eine Drehung  $S$  zustande kommt.

Für die Phase 2 ist es bezeichnend (Abb. 10.  $B-C$ ), daß

$$\omega_2 = (\omega_B - \omega_C) \perp v$$

was nach Bedingung (5) der Fall  $T_2 = 0$  ist, d. h. in der zweiten Phase wird keine Drehung zustande kommen.

### 3.3 Glockenspindel

Bei der Glockenspindel wird die Spule mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega_C$  durch die Glocke bedeckt (Abb. 11.), an deren untere Kante sich der Fadenpunkt  $B$  reibt. Hier ist Punkt  $B$  der Drehungsgenerator, dessen Winkelgeschwindigkeit wegen des Aufwindens — ähnlich wie bei dem Ringspinnen — hinter der Winkelgeschwindigkeit  $\omega_C$  der Spule zurückbleibt (Zusammenhang 10), bzw. kommt die Drehung nur in der ersten Phase (zwischen den Punkten  $A-B$ ) zustande, der in der zweiten Phase  $B-C$  die Bedingung

$$\omega_B \perp v$$

gilt.

Darum können Größe und Richtung der nach dem Glockenspinnverfahren hergestellten Drehung mit der beim Ringspinnen benutzten Methode bestimmt werden.

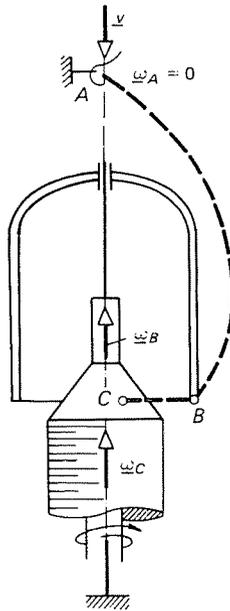


Abb. 11

### 3.4 Flyerspindel

Die Flyer werden zur Drehung und zum Aufwinden nach dem Strecken auf der Vorspinnmaschine von kaum gedrehten Vorgarnen verwendet. Ihre Konstruktion wird in Abb. 12a. gezeigt. In der Konstruktion der Spindel hat sowohl der Flügel  $F$  als auch die Spule  $S$  einen Zwangsantrieb. Das gedrehte Vorgarn geringer Festigkeit wird in das Innere des Flyers geführt bzw. umschließt es den Führungsfinger damit das Vorgarn bei der Rotation durch den Luftwiderstand nicht beschädigt wird. Wenn die Spule voraus eilt, erhält man den Wert  $\omega_B$  aus dem Zusammenhang (9).

Eine Drehung wird nur zwischen den Punkten  $A - B$  in der ersten Phase zustande kommen.

$$T = T_1 = \left| \frac{\omega_B}{v} \right|$$

Aus den Abbildungen 12b und 12c ist zu erkennen, daß die Richtung der Graphzweige gleich ist, darum ist die entstehende Drehung eine Drehung  $Z$ .

In der zweiten Phase zwischen den Punkten  $B - C$  wird keine Drehung entstehen, da

$$\omega_{BC} \perp v$$

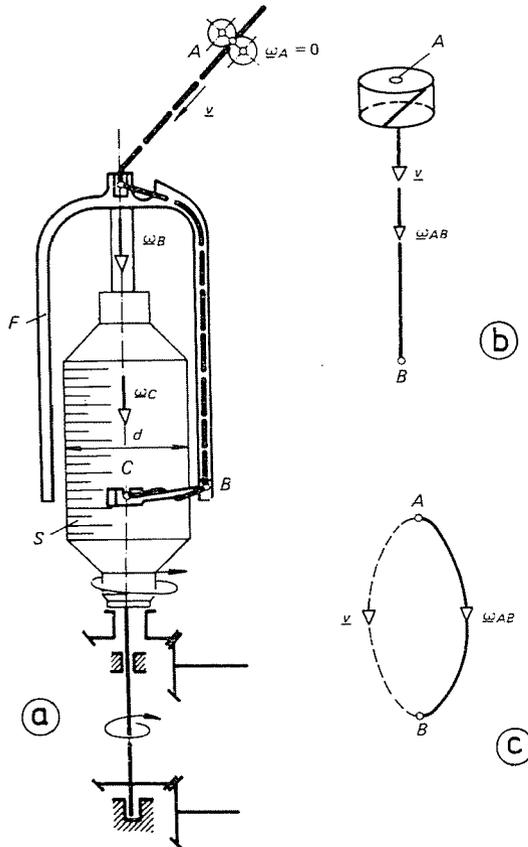


Abb. 12

### 3.5 Spinnzentrifuge

Ihre Anordnung ist in Abb. 13. zu sehen. In der Praxis dient sie zum spannungslosen Aufzwirnen empfindlicher ungedrehter Kunstseiden. In dem System fällt der Drehungsgenerator mit dem Punkt  $B$  zusammen. Wegen des Aufwindens können die Werte  $n_C > n_B$  und  $\omega_B$  mit dem augenblicklichen Spulendurchmesser  $d$  aus dem Zusammenhang (10) bestimmt werden.

Eine Drehung wird nur auf der Strecke  $A - B$  in der ersten Phase zustande kommen.

$$T = T_1 = \left| \frac{\omega_B}{v} \right|$$

In der zweiten Phase wird wegen der Bedingung  $\omega_{BC} \perp v$  keine Drehung entstehen.

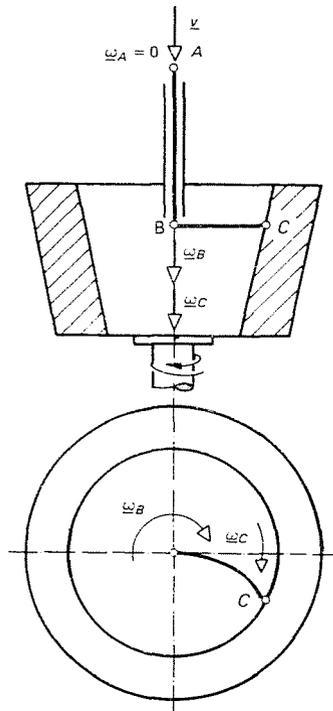


Abb. 13

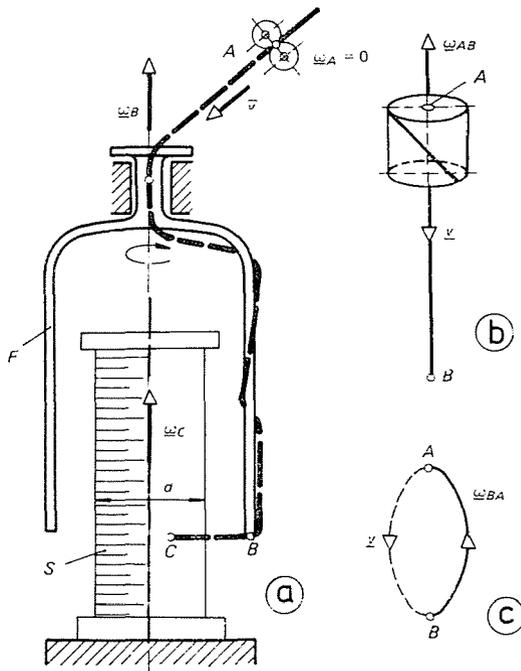


Abb. 14

### 3.6 Gebremste Spule

In dem gebremsten Spulensystem (Abb. 14.) drehen sich der Flügel  $F$ , der Drehungsgenerator mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega_B$  und die Spule  $S$  wegen des Bremsens mit einer Drehzahl  $n_C < n_B$ ; die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_C$  kann aus dem Zusammenhang (10) bestimmt werden.

Eine Drehung wird nur auf der Strecke  $A-B$  in der ersten Phase entstehen.

Ihre Größe ist, da  $\omega_A = 0$ :

$$T = T_1 = \left| \frac{\omega_B}{v} \right|$$

Aus den Abbildungen 14b und 14c ist festzustellen, daß die Drehung wegen der entgegengesetzten Richtung der Graphzweige eine Drehung  $S$  ist.

In der Phase  $B-C$  wird wegen der Bedingung  $\omega_{BC} \perp v$  keine Drehung entstehen.

### Zusammenfassung

Eine Methode wird beschrieben, nach der die Gesetzmäßigkeiten der Drehungsbildung von Drehvorrichtungen bestimmt werden können.

Mit dieser Methode können sowohl die Größe als auch die Richtung der Drehung bestimmt werden.

Es wurde nachgewiesen, daß die falsche Drehung und das Doppelzwirnen ihrem Charakter nach zweiphasige Drehungen sind. Demgegenüber arbeitet die Mehrzahl der Drehvorrichtungen nach einem einphasigen Drehungsprinzip, wo entweder der Drehungsgenerator in den Endpunkt der gedrehten Fadenstrecke fällt oder in der zweiten Drehungsphase keine Drehung entsteht.

### Literatur

1. BEYER, J.: Magyar Textiltechnika 1967. No. 5. p. 226—230. (ungarisch).
2. MERÉNYI, G.: Fonástechnológia, Tankönyvkiadó, Budapest, 1966 (ungarisch).

Prof. Dr. Miklós JEDERÁN  
Ferenc CSÁSZI  
László VAS

} H-1521 Budapest