

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
31. Januar 2008 (31.01.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2008/012093 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01N 33/36 (2006.01) B65H 63/00 (2006.01)  
G01P 3/36 (2006.01) B65H 63/08 (2006.01)  
B65H 61/00 (2006.01) B65H 63/032 (2006.01)

GMBH [DE/DE]; Bonnenbroicher Str. 11-15, 41238  
Mönchengladbach (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/006643

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HERMANN, Ferdinand, Josef [DE/DE]; In Gerderhahn 15, 41812 Erkelenz (DE). KOHNS, Peter [DE/DE]; Honnefer Strasse 105, 53179 Bonn (DE). LINDEN, Martin [DE/DE]; Hochfelder Str. 105, 47809 Krefeld (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

26. Juli 2007 (26.07.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Anwalt: SCHROOTEN, Rolf; Braun-Dullaues Pannen Schrooten Haber, Mörsenbroicher Weg 200, 40470 Düsseldorf (DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2006 035 251.3 26. Juli 2006 (26.07.2006) DE

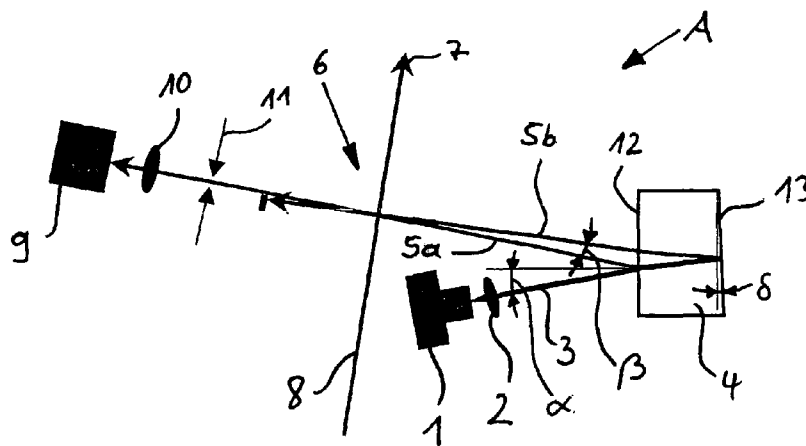
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): HOCHSCHULE NIEDERRHEIN [DE/DE]; Reinartzstrasse 49, 47805 Krefeld (DE). VIENCO

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ARRANGEMENT FOR DETERMINING THE YARN QUALITY AND/OR SPOOL QUALITY OF A RUNNING THREAD BASED ON LASER-DOPPLER ANEMOMETRY

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR BESTIMMUNG DER GARNQUALITÄT UND/ODER SPULENQUALITÄT EINES LAUFENDEN FADENS AUF BASIS DER LASER-DOPPLER-ANEMOMETRIE



(57) Abstract: The invention relates to a method for non-contacting determination and/or increasing the yarn quality of a running thread (8) or the quality of a spool (20) which is obtained by winding up a running thread (8), or for a non-contacting determination of a possible breakage and/or jamming of a running thread (8), by means of a sensor device which is arranged at a spool point (6) in a textile machine, with a laser beam (3) being produced by a light source (2) and being split by means of an optical splitting and guidance device (4) for splitting and guidance of the laser beam (3) into at least two beam elements (5a, 5b), which are then guided such that they are joined together again at the thread (8), with the laser-doppler anemometry method being used to produce measurement signals from the light which is reflected from the thread (8), which measurement signals are evaluated electronically in order to determine the yarn quality of the running thread (8), with respect to its hairiness or in order to determine the spool quality or to determine thread breakage and/or thread jamming. The invention also relates to an arrangement which is suitable for carrying out this method.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/012093 A2



LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum berührungslosen Bestimmen und/oder Erhöhen der Garnqualität eines laufenden Fadens (8) oder der Qualität einer Spule (20), die durch Aufwickeln eines laufenden Fadens (8) erhalten wird, oder zum berührungslosen Bestimmen eines möglichen Bruchs und/oder Einklemmens eines laufenden Fadens (8), mittels einer an einer Spulstelle (6) einer Textilmaschine angeordneten Sensoreinrichtung, wobei von einer Lichtquelle (1, 2) ein Laserstrahl (3) erzeugt und dieser mittels einer optischen Teil- und Lenk-Einrichtung (4) zur Teilung und Lenkung des Laserstrahls (3) in mindestens zwei Teilstrahlen (5a, 5b) geteilt wird, die anschließend so geführt werden, dass sie am Faden (8) wieder zusammentreffen, wobei aus dem vom Faden (8) reflektierten Licht nach dem Laser-Doppler-Anemometrie-Verfahren Messsignale erzeugt werden, die zur Bestimmung der Garnqualität des laufenden Fadens (8) bezüglich seiner Haarigkeit oder zur Bestimmung der Spulenqualität oder zur Bestimmung eines Fadenbruchs und/oder einer Fadeneinklemmung elektronisch ausgewertet werden. Die Erfindung betrifft ferner eine Anordnung die zur Durchführung dieses Verfahrens geeignet ist.

## Beschreibung

5

### Verfahren und Anordnung zur Bestimmung der Garnqualität und/oder Spulenqualität eines laufenden Fadens 10 auf Basis der Laser-Doppler-Anemometrie

15

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1  
oder 4 oder 25.

20

Aus der DE 103 42 383 A1 sind Verfahren und Anordnungen bekannt, die dem  
berührungslosen Bestimmen der Struktur und/oder der Geschwindigkeit eines  
laufenden Fadens an einer Fadenlaufstelle einer Textilmaschine, insbesondere  
einer Spinnmaschine oder einer Spulmaschine dienen.

25

30

Spulstellen moderner Textilmaschinen, beispielsweise zur Erzeugung von  
Kreuzspulen, sind mit Einrichtungen für die Geschwindigkeitsmessung und die  
Längenmessung des laufenden Fadens ausgerüstet. Ständig steigende  
Anforderungen an die Qualität des Garns haben zur Überwachung von  
Parametern der Garnstruktur wie z.B. dem Garndurchmesser nicht nur an  
ausgewählten Spulstellen, sondern an jeder einzelnen Spulstelle geführt. Bei  
der Überwachung des Garndurchmessers wird für die Bewertung, ob eine  
Abweichung vom Sollgarndurchmesser als Garnfehler einzustufen ist,  
üblicherweise auch die Länge der Abweichung herangezogen. Die Ermittlung  
der genauen Fehlerlänge ist daher ein wesentlicher Bestandteil der Qualitäts-  
überwachung des Garns.

Klassische mechanische Messverfahren zur Geschwindigkeitsmessung des laufenden Fadens arbeiten mit abrollenden Messrädern. Mit dem Auftreten von Schlupf ist jedoch Reibung zwischen dem Garn und der Oberfläche des Messrades verbunden. Neben der durch den Schlupf entstehenden Messungenauigkeit können durch die Reibung bei empfindlichen Fäden nachteilige Qualitätsbeeinträchtigungen auftreten. Um derartige Nachteile zu vermeiden, ist es bekannt, berührungslose Messverfahren in der Textilindustrie einzusetzen.

So ist aus der DE 42 25 842 A1 eine Vorrichtung zum Messen der Geschwindigkeit von laufenden Textilfäden an einer Wickeleinrichtung bekannt, die nach dem sogenannten Korrelationsmessverfahren arbeitet. Dabei werden die Messwerte von zwei in festem Abstand in Bewegungsrichtung des Textilfadens hintereinander angeordneten Sensoren über einen Laufzeitkorrelator ausgewertet, um daraus die Fadengeschwindigkeit zu bestimmen. Die beiden Sensoren arbeiten berührungsfrei und können zum Beispiel auf optischer oder kapazitiver Basis arbeiten.

Ferner ist zur berührungslosen Geschwindigkeitsmessung der Einsatz der Laser-Doppler-Anemometrie (nachfolgend LDA genannt) bekannt. Das Grundprinzip der LDA beruht auf der indirekten Messung der Doppler-Verschiebung (Verschiebung der Lichtfrequenz) an bewegten streuenden Teilchen. Es handelt sich dabei um ein punktorientiertes berührungsloses optischen Verfahren aus der Lasermesstechnik. Beim Doppler-Effekt tritt eine Frequenzverschiebung auf, die von der Relativgeschwindigkeit abhängt, mit der sich Sender und Empfänger relativ zueinander bewegen. Durch Auswertung der Frequenzverschiebung lässt sich somit die Geschwindigkeit eines bewegten Körpers bei ortsfestem Empfänger bestimmen.

Bei der LDA-Technik tritt ein zweifacher Dopplereffekt auf. Die sich hierbei durch Überlagerung ergebende Schwebung der beiden Dopplerfrequenzen ist direkt proportional zur Teilchengeschwindigkeit. Durch den direkten

proportionalen Zusammenhang ist dieses Messverfahren kalibrierungsfrei, was einen großen Vorteil der LDA-Technik darstellt.

5 Grundsätzlich lassen sich zwei an sich bekannte LDA-Verfahren voneinander unterscheiden. Einerseits das Referenzstrahlverfahren und andererseits das Zweistrahlverfahren, wobei sich letzteres in der Praxis durchgesetzt hat. Beide Verfahren basieren auf dem Doppler-Effekt.

10 Beim Referenzstrahl-LDA-Verfahren wird mit einem Referenzstrahl und einem Messstrahl gearbeitet. Dabei überlagern sich im Empfänger die in der Frequenz nicht verschobene Referenzwelle und das reflektierte Streulicht des entsprechend des Doppler-Effekts verschobenen Messstrahls. Das Referenzstrahlverfahren in seiner bisher bekannten Ausführungsweise weist allerdings die Eigenschaft auf, dass die Intensität des Referenzstrahls und die Intensität  
15 des von der Oberfläche reflektierten Messstrahls üblicherweise im Verhältnis 5:95 deutlich voneinander abweichen, um ein gutes „Signal-zu-Rausch-Verhältnis“ zu erhalten.

20 Bei dem Zweistrahl-LDA-Verfahren in seiner bisher bekannten Ausführungsweise wird ein Laserstrahl mit Hilfe eines Strahlteilers in zwei parallele Teilstrahlen gleicher Intensität aufgeteilt. Diese Teilstrahlen werden anschließend mit einer Optik, insbesondere mittels einer Sammellinse fokussiert. Dadurch überlagern sich die beiden Teilstrahlen in der Brennebene. Der Schnittpunkt bildet das Messvolumen, in dem die Geschwindigkeit der Partikel durch  
25 Messung des Streulichts bestimmt wird. Das Streulicht wird durch eine Abbildungsoptik mit Hilfe eines Fotodetektors aufgenommen und durch eine geeignete Elektronik ausgewertet. Die Abbildungsoptik besteht im simpelsten Fall aus einer einfachen Fokussierlinse. Je nach Aufbau kann die Optik mit einer Blende zum Abschotten der beiden Teilstrahlen und mit einem Raumfilter  
30 erweitert werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein mit geringem Aufwand leicht durchzuführendes Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mit dem der Spulprozess und/oder die Qualität des gespulten Garns und/oder die Qualität der aufgewickelten Spule überwacht und/oder optimiert werden kann.

5

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 4 oder 25 gelöst.

10

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den jeweils abhängigen Ansprüchen.

15

Gemäß einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform kann die Garnqualität eines laufenden Fadens mittels einer im Fadenlauf einer Textilmaschine angeordneten Sensoreinrichtung berührungslos überwacht und gegebenenfalls optimiert werden, indem von einer Lichtquelle ein Laserstrahl erzeugt wird, der mittels einer optischen Teil- und Lenk-Einrichtung zur Teilung und Lenkung des Laserstrahls in mindestens zwei Teilstrahlen geteilt wird, die so geführt werden, dass sie am Faden wieder zusammentreffen, wobei aus dem vom Faden beeinflussten und/oder reflektierten Licht nach dem Laser-Doppler-Anemometrie-Verfahren Messsignale erzeugt und die hierbei erzeugten Burstschnitte bezüglich der Haarigkeit des laufenden Fadens elektronisch ausgewertet werden.

20

25

So kann auf relativ einfache Weise die Haarigkeit des laufenden Fadens zur Bestimmung der Garnqualität erfasst werden. Die von der LDA erzeugten Burstschnitte (Signalpakete) werden in erster Linie durch die Fadenhaarigkeit hervorgerufen. Werden während der Geschwindigkeitserfassung sehr viele Burstschnitte in kurzen Abständen erzeugt, so kann davon ausgegangen werden, dass eine hohe Garnhaarigkeit vorliegt. Und entsprechend kann aus einer geringeren Anzahl von Burstschnitten auf eine geringere Höhe der Garnhaarigkeit geschlossen werden.

30

Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn die Haarigkeit des laufenden Fadens kontinuierlich mit mindestens einer bestimmten vorgegebenen oder vorgebbaren Grenzhaarigkeit verglichen wird und dass beim Erreichen oder bei einer Überschreitung dieser Grenzhaarigkeit ein Warnsignal ausgegeben und/oder die Spulgeschwindigkeit und/oder die Fadenzugkraft automatisch reduziert und/oder der Spulprozess automatisch beendet wird.

Gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform kann die Qualität einer Spule, die durch das Aufwickeln eines laufenden Fadens erhalten wird, mittels einer im Fadenlauf einer Textilmaschine angeordneten Sensoreinrichtung berührungslos überwacht und gegebenenfalls optimiert werden, indem von einer Lichtquelle ein Laserstrahl erzeugt wird, der mittels einer optischen Teil- und Lenk-Einrichtung zur Teilung und Lenkung des Laserstrahls in mindestens zwei Teilstrahlen geteilt wird, die so geführt werden, dass sie am Faden wieder zusammentreffen, wobei aus dem vom Faden beeinflussten und/oder reflektierten Licht nach dem Laser-Doppler-Anemometrie-Verfahren (LDA-Verfahren) Messsignale erzeugt werden, die zur Bestimmung und/oder Verbesserung der Spulenqualität elektronisch ausgewertet werden.

Vorzugsweise wird dabei aus den erzeugten Messsignalen über mindestens ein oder mehrere Zeitintervalle hinweg die Geschwindigkeit des laufenden Fadens ermittelt und hieraus ein Geschwindigkeitsprofil gebildet. Die Ermittlung der Fadengeschwindigkeit nach dem LDA-Verfahren ist beispielsweise aus der DE 103 42 383 A1 an sich bekannt, auf die insofern verwiesen werden kann und auf deren Inhalt insofern ausdrücklich Bezug genommen wird. Das im Rahmen der vorliegenden Erfindung gebildete Geschwindigkeitsprofil wird im folgenden als hergeleitetes Messergebnis bezeichnet. Es kann zu verschiedenen nachfolgend noch näher beschriebenen Auswertungen weiterverwendet werden.

Weiterhin kann hierzu vorteilhafterweise über mindestens ein Zeitintervall hinweg die Beschleunigung des laufenden Fadens als zeitliche Ableitung der Geschwindigkeit ermittelt werden. Die Beschleunigung wird nachfolgend

ebenfalls als ein hergeleitetes Messergebnis bezeichnet und sie kann ebenso zu weiteren Auswertungen herangezogen werden.

5 Günstig ist es außerdem, wenn die Varianz oder die Standardabweichung des Geschwindigkeitsprofils und/oder der Beschleunigung gebildet wird. Auch die Varianz oder Standardabweichung wird im folgenden als hergeleitetes Messergebnis bezeichnet und kann zu weitergehenden Auswertungen verwendet werden.

10 Besonders vorteilhaft ist es ferner, wenn mindestens eines der drei vorgenannten hergeleiteten Messergebnisse mit mindestens einem vorgegebenen oder vorgebbaren Soll-Ergebnis und/oder Grenz-Ergebnis verglichen wird, wobei als Reaktion auf das Ergebnis dieses Vergleichs ein Signal erzeugt oder der Spulprozess automatisch beeinflusst oder unterbrochen oder beendet wird,  
15 wenn das hergeleitete Messergebnis von einem Soll-Ergebnis in einem vorbestimmten oder vorgebbaren Maße abweicht und/oder sich einem Grenz-Ergebnis bis auf ein vorbestimmtes oder vorgegbares Maß annähert oder dieses überschreitet. So kann beispielsweise das Geschwindigkeitsprofil mit einem vorgegebenen Soll-Geschwindigkeitsprofil und/oder Grenz-  
20 Geschwindigkeitsprofil verglichen werden und/oder das Beschleunigungsprofil kann mit einem vorgegebenen Soll-Beschleunigungsprofil und/oder Grenz-Beschleunigungsprofil verglichen werden. Ebenso kann die Varianz mit einer Soll-Varianz und/oder einer Grenz-Varianz bzw. die Standardabweichung mit einer Soll-Standardabweichung und/oder einer Grenz-Standardabweichung  
25 verglichen werden. Dabei können sowohl einzelne Vergleiche alleine als auch mehrere Vergleiche gleichzeitig oder nacheinander durchgeführt werden. Die automatisch eingeleiteten Reaktionen hängen dann jeweils vom Ergebnis der durchgeführten Vergleiche ab.

30 Alternativ oder ergänzend kann die Auswertung eines der vorgenannten hergeleiteten Messergebnisse auch durch eine Frequenzanalyse erfolgen, wobei als Reaktion ein Signal erzeugt oder der Spulprozess automatisch

beeinflusst oder unterbrochen oder beendet wird, wenn das bei der Analyse der Frequenz ermittelte Frequenzprofil von einem Soll-Frequenzprofil in einem vorbestimmten oder vorgebbaren Maße abweicht und/oder wenn sich das ermittelte Frequenzprofil einem Grenz-Frequenzprofil bis auf ein vorbestimmtes oder vorgebbares Maß annähert oder diese überschreitet. Dabei wird insbesondere das Geschwindigkeitsprofil aus dem Zeitbereich in den Frequenzbereich transformiert und dann in dem Frequenzbereich analysiert.

So können die Messsignale und/oder ein oder mehrere hergeleitete Messergebnisse beispielsweise bezüglich Fehlführungen des laufenden Fadens auf der Spule und/oder bezüglich Fehlaufwicklungen des laufenden Fadens auf eine zum Antrieb der Spule vorgesehene Trommel (Trommelwickel), insbesondere Nutentrommel, ausgewertet werden. Mitunter kann es beim Spulprozess vorkommen, dass das Garn nicht mehr auf die Spule aufgewickelt wird, sondern sich auf die Trommel wickelt. Wenn der Spulprozess dann nicht unterbrochen wird, kann es zur Blockierung bis hin zur Verformung der Leitkontoren kommen. In Standardspulmaschinen setzt man hierfür üblicherweise einen speziellen Sensor ein, der den Spulprozess abschaltet. Nachteil dieses Sensors ist, dass eine Abschaltung erst nach dem Austreten des Wickels aus der Trommel und somit zu einem relativ späten Zeitpunkt festgestellt werden kann. Demgegenüber kann der erfindungsgemäß eingesetzte LDA-Sensor schon sehr früh die Fehlfunktion erfassen, so dass dementsprechend schnell reagiert werden kann.

Ebenso kann mit einem erfindungsgemäß eingesetzten LDA-Sensor die korrekten Verlegung überwacht werden. Der Verlegehub durch die Trommel ist bei einer korrekten Verlegung stets gleich. Im Falle von Fehlführungen der Trommel wird die Verlegesystematik jedoch gestört und das Geschwindigkeitsprofil ändert sich entsprechend. Da diese Fehlführungen gravierenden Einfluss auf die Spulenqualität nehmen, hat man hierfür in der Serienspulmaschine bisher ebenfalls einen separaten Sensor vorgesehen. Die LDA-Auswerteelektronik ist jedoch in der Lage, schon während des Spulprozesses

das Geschwindigkeitsprofil zu analysieren und somit die Fehlführungshäufigkeit zu melden und gegebenenfalls dementsprechend in den Spulprozess einzugreifen. In besonders vorteilhafter Weise können somit Fehlführungen des laufenden Fadens, insbesondere Trommelwickel ermittelt werden, indem das  
5 Geschwindigkeitsprofil des laufenden Fadens und/oder die Frequenz des Geschwindigkeitsprofils analysiert wird.

Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn der Auftritt von Fehlführungen kontinuierlich überwacht wird und ein Warnsignal ausgegeben wird und/oder die  
10 Spule als B-Qualität gekennzeichnet wird und/oder die Spulgeschwindigkeit und/oder die Fadenspannung reduziert wird, wenn ein bestimmtes vorgegebenes oder vorgegbares Maß an Fehlführungen überschritten wird. Insbesondere kann der Spulprozess bei einem nicht mehr tolerierbaren Maß an Fehlführungen oder Trommelwickeln auch automatisch beendet werden.

15 Ebenso können die Messsignale und/oder ein oder mehrere hergeleitete Messergebnisse vorteilhafterweise auch bezüglich der Zugkraftbeanspruchung des laufenden Fadens ausgewertet werden. Die Bestimmung der Fadenzugkraft wird über die Berechnung der Garnbeschleunigung aus dem  
20 gemessenen Geschwindigkeitssignal abgeleitet. Bestimmt man beispielsweise die Höhe des Rauschpegels auf dem Beschleunigungssignal durch die Berechnung der Standardabweichung, so ergibt sich ein Maß für die Fadenzugkraftspitzen während des Spulprozesses.

25 Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn ein Warnsignal ausgegeben wird und/oder die auf den Faden wirkende Zugkraft und/oder die Spulgeschwindigkeit reduziert wird und/oder ein Garnabzugbeschleuniger verstellt und/oder der Spulprozess beendet wird, wenn die Zugkraftbeanspruchung steigt oder ein bestimmtes vorgegebenes oder vorgegbares Maß überschreitet,  
30 um so eine Verschlechterung der Spulenqualität infolge von Zugkraftspitzen zu vermeiden.

Außerdem können die Messsignale vorteilhafterweise auch bezüglich eines oder mehrerer Durchmesser einer Spule ausgewertet werden. Treibt beispielsweise eine zylindrische Trommel eine konische Spule an, so ergibt sich auf dem Spulenhub gesehen nur eine sehr begrenzte Zone, in der die Umfangsgeschwindigkeiten der Trommel mit denen der Spule identisch sind. Diese neutrale Zone wird auch als treibender oder antreibender Durchmesser bezeichnet.

Dieser Durchmesser kann herkömmlicherweise über das Verhältnis von Spulendrehzahl zu Trommeldrehzahl berechnet werden. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass bei durchmesser-abgestellten Spulpartien, bei denen die Spulpartie bei Erreichen eines bestimmten Durchmessers beendet wird, im Falle einer konischen Spule dieser antreibende Durchmesser als Abstelldurchmesser berechnet wird. Für den Endabnehmer des Produktes Spulen ist jedoch nicht dieser Durchmesser von Belang, sondern der Konusaußendurchmesser. Weiterhin muss bedacht werden, dass der antreibende Durchmesser, abhängig von den Spulbedingungen, sich an unterschiedlichen Positionen befinden kann und irgendwo auf dem Spulenhub zwischen kleinem und großem Spulendurchmesser liegt.

Über die hochdynamische Geschwindigkeitsmessung des Fadens mittels eines erfindungsgemäß eingesetzten LDA-Sensors kann demgegenüber auch an den Umkehrpunkten der Fadenchangierung direkt der Außendurchmesser und/oder der Innendurchmesser einer konischen Spule berechnet werden. Dabei ergeben sich die folgenden Zusammenhänge:

$$v_{\text{Außen}} = r_{\text{Außen}} \cdot \omega_{\text{Spule}}$$

und

$$v_{\text{Innen}} = r_{\text{Innen}} \cdot \omega_{\text{Spule}}$$

30

wobei  $r$  der Radius und  $v$  die Umfangsgeschwindigkeit ist.

Wenn man davon ausgeht, dass die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_{\text{Spule}}$  der Spule konstant ist und dass an dem Innen- und Außenradius die Fadengeschwindigkeiten identisch mit den Umfangsgeschwindigkeiten der Spule sind, da in den Umkehrpunkten des Verlegedreiecks lediglich eine sehr geringe oder gar keine Horizontalgeschwindigkeit und somit zumindest annähernd nur eine Tangentialgeschwindigkeit vorliegt, so ergibt sich der Zusammenhang:

$$\frac{v_{\text{Außen}}}{v_{\text{Innen}}} = \frac{r_{\text{Außen}}}{r_{\text{Innen}}}$$

10

Wird gleichzeitig mit der Erfassung der Spulgeschwindigkeit auch die Spulendrehzahl bzw.  $\omega_{\text{Spule}}$  erfasst, was vorzugsweise über einen an der Spule angeordneten Impulsgeber möglich ist, kann so unter Berücksichtigung des Verlegehubs auch der Außen- bzw. Innendurchmesser der konischen Spule sehr genau bestimmt werden.

15

Dabei ist es weiterhin von Vorteil, dass der Spulprozess nicht nur bei Erreichen eines bestimmten Durchmessers abstellbar ist, sondern dass auch die exakte Lage des antreibenden Durchmessers ausgegeben werden kann.

20

Ferner können die Messsignale vorteilhafterweise auch bezüglich der Dichte der Spule ausgewertet werden. Die Bestimmung der Spulendichte aus der Garnfeinheit, der Spulengeometrie und der gespulten Garmlänge ist ein Qualitätsmerkmal des gespulten Gutes. Ist beispielsweise die Spulendichte in einem statistisch vergleichbaren Kollektiv stark abweichend, so kann davon ausgegangen werden, dass die vom Kollektiv abweichenden Spulen infolge einer zu hohen Fadenspannung und/oder eines zu hohen Anpressdrucks durch den Spulenrahmen oder sonstiger Umstände als qualitätsmindernd zu bezeichnen sind.

25  
30

Über die neuen Mess- und Berechnungsmethoden, bei denen die Bestimmung der Spulengeometrie auch bei konischen Spulen durch den erfindungsgemäßen Einsatz eines LDA-Sensors möglich ist, und bei denen außerdem auch eine hochgenaue Ermittlung der gespulenen Garnlänge erfolgen kann, kann eine Berechnung der Dichte jederzeit online zum Spulprozess durchgeführt werden. Vorteilhafterweise kann dabei das so erhaltene Auswertungsergebnis direkt Einfluss auf den Spulprozess nehmen. So ist beispielsweise eine Information zur ermittelten Spulendichte ausgeben und/oder es kann vorzugsweise ein Warnsignal ausgegeben werden, wenn die Spulendichte einen bestimmten vorgegebenen oder vorgebbaren Grenzwert überschreitet. Auch ist es möglich, die Fadenspannung und/oder die Spulgeschwindigkeit automatisch zu ändern.

Besonders vorteilhaft ist es ferner, wenn die Rotationsgeschwindigkeit bzw. Umfangsgeschwindigkeit einer zum Antrieb der Spule vorgesehenen Trommel ermittelt wird, wobei die Messsignale und/oder ein oder mehrere hergeleitete Messergebnisse bezüglich eines Schlupfes zwischen der Umfangsgeschwindigkeit der Spule einerseits und der Umfangsgeschwindigkeit der Trommel andererseits ausgewertet werden. Die zum Schlupf erhaltenen Kenntnisse können für drei verschiedene vorteilhafte Bereiche eingesetzt werden:

So ist beispielsweise der durch ein Bildstörverfahren gezielt erzeugte Schlupf zwischen der Trommel und der Spule überwachbar. Wenn der Schlupf von einem bestimmten Zielwert abweicht oder einen bestimmten Grenzwert überschreitet oder unterschreitet kann ein Warnsignal ausgegeben und/oder vorteilhafterweise der Bildstörhub automatisch korrigiert werden.

Auch kann der Schlupf zwischen der Trommel und der Spule bezüglich eines Auftrages von Paraffin auf den Faden ausgewertet werden. Nutzt man zu der exakten Durchmesserbestimmung über die vorangehend beschriebene Ermittlung der Geschwindigkeiten an den Umkehrpunkten die von der Spulenachse abgenommene Spulenwinkelgeschwindigkeit, so kann der treibende Durchmesser der konischen Spule dynamisch also während des

Spulprozesses erfasst werden. Aufgrund von Beschleunigungsmechanismen (Bildstörung), die während des Spulbetriebs auf die Spule wirken, wird die Position des antreibenden Durchmessers im Falle der Paraffinierung stark wandern, während ohne Paraffinauftrag die Position relativ konstant bleibt. Vorteilhafterweise kann ein Warnsignal ausgegeben und/oder der Spulprozess automatisch beendet werden, wenn der Paraffinauftrag von einem vorgebbaren Zielwert abweicht oder einen vorgebbaren Grenzwert unterschreitet.

Ferner kann der Schlupf zwischen der Trommel und der Spule beim Hochlaufen des Spulprozess überwacht werden. Dabei wird der Antrieb vorzugsweise auf einen vorgebbaren Schlupf oder auf ein vorgegbares Schlupfprofil geregelt.

Der Spulprozess ist ein diskontinuierlicher Prozess, der aufgrund der Kopsvorlagen mehrmals (abhängig vom Material und dem Spulendurchmesser mehr als 40 mal) unterbrochen wird. Der heutige Trend, die Spulgeschwindigkeiten stetig zu erhöhen (zur Zeit auf 1800m/min), setzt aufgrund der immer wiederkehrenden Hochläufe der damit verbundenen Produktionssteigerung eine Grenze. Ein Ziel der Spulmaschinenhersteller ist es daher, möglichst schnelle Hochläufe auf die Produktionsgeschwindigkeit zu realisieren und dabei gleichzeitig den Schlupf zwischen der antreibenden Trommel und der Spule in einer quantitativ vorgegebenen Grenze zu halten.

Durch den erfindungsgemäßen Einsatz eines LDA-Sensors kann über die Erfassung der exakten Spulgeschwindigkeit mit gleichzeitiger Erfassung der Tommeldrehzahl der Schlupf zwischen Antriebstrommel und Spule exakt bestimmt und damit über den Trommelantrieb eingestellt bzw. geregelt werden, so dass das vorgenannte Ziel einer größtmöglichen Produktionssteigerung bei gleichzeitig hoher Produktionsqualität optimal erreicht werden kann.

Gemäß einer dritten erfindungsgemäßen Ausführungsform kann die Qualität der Spulenproduktion hinsichtlich eines möglichen Bruchs des laufenden Fadens und/oder eines möglichen Einklemmens des laufenden Fadens

zwischen einer Spule, auf die der Faden aufgewickelt wird, und einer die Spule antreibenden Antriebswalze mittels einer im Fadenlauf einer Textilmaschine angeordneten Sensoreinrichtung berührungslos überwacht und gegebenenfalls optimiert werden, indem von einer Lichtquelle ein Laserstrahl erzeugt wird, der  
5 mittels einer optischen Teil- und Lenk-Einrichtung zur Teilung und Lenkung des Laserstrahls in mindestens zwei Teilstrahlen geteilt wird, die so geführt werden, dass sie am Faden wieder zusammentreffen, wobei aus dem vom Faden beeinflussten und/oder reflektierten Licht nach dem Laser-Doppler-Anemometrie-Verfahren Messsignale erzeugt werden, die zur Bestimmung  
10 eines Fadenbruchs und/oder einer Fadeneinklemmung elektronisch ausgewertet werden.

Neben der Spulung mit Hilfe einer Verlege- und Antriebswalze (Nutentrommel) existieren weitere Spultechnologien. Diese Spultechniken benutzen eine  
15 Antriebs oder Stützwalze im Bereich des Spulenantriebs, wobei der Antrieb also direkt über die Spulenachse oder über die Antriebswalze erfolgt. Die Fadenverlegung wird hierbei über ein separates Aggregat realisiert.

Dabei kann während des Spulprozesses aufgrund der Fadenbelastung ein  
20 Fadenbruch im Klemmpunkt zwischen Antriebswalze und Spule auftreten. In solchen Fällen besteht die Gefahr, dass der Faden trotz des Bruchs weitertransportiert und aufgrund der vorhandenen Konvektion durch die Spule mitgerissen wird. Eine andere Möglichkeit ist, dass der Faden über den Klemmpunkt nach hinten wegbefördert wird und irgendwo an einem Prozessaggregat  
25 hängen bleibt. Beide Fälle sind unerwünscht und beeinträchtigen die Spulenqualität bzw. den Spulprozess signifikant.

Über die Geschwindigkeitsmessung mittels eines erfindungsgemäßen eingesetzten LDA-Sensors kann vorteilhafterweise ein derartiger Garnbruch  
30 frühzeitig detektiert werden. Es kann dabei davon ausgegangen werden, dass der Faden unmittelbar nach dem Bruch eine kurze Geschwindigkeitsänderung,

insbesondere eine Reduzierung erfährt, die über eine Auswerteeinheit der Spulprozesssteuerung übermittelt werden kann.

5 Vorteilhafterweise wird der Spulprozess automatisch beendet, wenn ein Bruch oder eine Einklemmung des Fadens ermittelt wird. Ferner kann dann über eine Zusatzschaltungssteuerung (Spulprozessunterbrechung mit anschließendem Verbindungsprozess und Spulenhochlauf) der Fehler automatisch behoben werden.

10 Besonders vorteilhaft ist es bei allen vorgenannten Varianten, wenn der von der Lichtquelle erzeugte Laserstrahl mittels einer Teil- und Lenk-Einrichtung derart geteilt und gelenkt wird, dass die beiden Teilstrahlen bereits beim Austritt aus dieser Teil- und Lenk-Einrichtung in einem Winkel aufeinander zu gerichtet verlaufen und sich unter Ausbildung des Messvolumens am Faden kreuzen.  
15 Vorteilhafterweise kann der von der Lichtquelle erzeugte Laserstrahl dabei durch die Teil- und Lenk-Einrichtung fokussierungsfrei geteilt werden und die beiden Teilstrahlen können fokussierungsfrei auf den Faden gelenkt werden. Vorzugsweise kann als Teil- und Lenk-Einrichtung ein einstückiges Keilprisma verwendet werden, welches frei von inneren Trennflächen und Kontaktflächen  
20 ist.

Dadurch wird keine Sammellinse mehr benötigt, um die beiden geteilten Laserstrahlen zur Erzeugung des Messvolumens miteinander zu schneiden. Auf diese Weise ergibt sich nicht nur ein konstruktiv besonders einfacher Aufbau,  
25 sondern es wird vor allem eine Fokussierung und somit eine damit einhergehende Verkleinerung der Laserstrahldurchmesser vermieden. Die beiden Teilstrahlen können so nach dem Austritt aus der Teil- und Lenk-Einrichtung vorteilhafterweise fokussierungsfrei auf den Faden gelenkt werden.

30 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann das Laser-Doppler-Anemometrie-Verfahren sowohl als Referenzstrahlverfahren als auch als Zweistrahlverfahren, die beide an sich hinreichend bekannt sind, ausgeführt werden. Es wird

allerdings vorgeschlagen, das LDA-Verfahren bevorzugt als Referenzstrahlverfahren auszuführen, da es bei erfindungsgemäßem Einsatz den Vorteil bietet, dass das empfangene Geschwindigkeitssignal wesentlich intensiver ist, so dass deutliche Einsparungen an analoger Verstärkertechnik realisiert werden können.

Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Anordnung zur Durchführung eines Verfahrens der vorangehend beschriebenen Art. Eine dem vorangehend beschriebenen Verfahren entsprechende Anordnung zum berührungslosen Bestimmen der Struktur und/oder der Geschwindigkeit eines laufenden Fadens im Fadenlauf einer Textilmaschine umfasst eine Lichtquelle zur Erzeugung eines Laserstrahls, eine optische Teil- und Lenk-Einrichtung, durch die der Laserstrahl in mindestens zwei am Faden zusammenführbare Teilstrahlen aufgeteilt und entsprechend gelenkt werden kann, sowie eine optische Sensoreinrichtung, mittels der aus dem vom Faden beeinflussten und/oder reflektierten Licht nach dem Laser-Doppler-Anemometrie-Verfahren Messsignale erzeugt werden können, die zur Bestimmung und/oder Erhöhung der Qualität des laufenden Fadens und/oder einer daraus aufgewickelten Spule und/oder zur Bestimmung eines Fadenbruchs bzw. einer Fadeneinklemmung einer elektronischen Auswerteeinheit zugeführt werden. Die Anordnung, insbesondere ihre Auswerteeinheit, ist vorteilhafterweise derart ausgestaltet, dass sie zur Ausführung des vorangehend beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist.

Besonders vorteilhaft ist es auch bei dieser Anordnung, wenn die optische Teil- und Lenk-Einrichtung derart ausgebildet ist, dass der Austritt der beiden Teilstrahlen aus dieser Teil- und Lenk-Einrichtung so in einem Winkel aufeinander zu gerichtet erfolgt, dass sie sich am Faden kreuzen. Vorzugsweise kann die Teil- und Lenk-Einrichtung durch ein einstückiges Keilprisma gebildet sein. So sind die beiden Teilstrahlen in vorteilhafter Weise ohne Sammellinse fokussierungsfrei auf den Faden gelenkt.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und den in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen.

5 Es zeigen:

Figur 1: schematische Darstellung einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens als Zweistrahlverfahren;

10

Figur 2: schematische Darstellung einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens als Referenzstrahlverfahren; und

15

Figur 3: schematische Darstellung einer alternativen Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens als Referenzstrahlverfahren.

20

Figur 4: schematische Darstellung einer konischen Spule, die von einer Trommel angetrieben wird;

Figur 5: Geschwindigkeitsprofil eines Fadens bei einer einwandfreien Verlegung auf einer Spule;

25

Figur 6: Geschwindigkeitsprofil eines Fadens bei einer fehlerhaften Verlegung auf einer Spule;

Figur 7a bis 7d: Grangeschwindigkeitsprofile und Garnbeschleunigungsprofile bei unterschiedlichen Fadenzugkraftbeeinflussungen; und

30

Figur 8: Zusammenhang zwischen Fadenzugkraft und der Standardabweichung des Beschleunigungssignals eines Fadens.

Sowohl beim Zweistrahlverfahren (Figur 1) als auch beim Referenzstrahlverfahren (Figuren 2 und 3) wird als Lichtquelle ein Diodenlaser 1 in Verbindung mit einer Kollimieroptik 2 eingesetzt. Der hiervon erzeugte Laserstrahl 3 wird mit konstantem Strahldurchmesser auf ein als Teil- und Lenk-Einrichtung eingesetztes Keilprisma 4 gelenkt. Durch das Keilprisma 4, welches frei ist von inneren Trennflächen und von inneren Kontaktflächen, wird der Laserstrahl 3 in der nachfolgend beschriebenen Art und Weise in zwei Teilstrahlen 5a und 5b aufgeteilt, die auf einen an einer Spulstelle 6 einer hier nicht näher dargestellten Textilmaschine in Richtung des Pfeils 7 laufenden Fadens 8 gerichtet sind. In einem dem Keilprisma 4 gegenüberliegenden Bereich des textilen Garns bzw. Fadens 8 befindet sich als optische Sensoreinrichtung ein Fotodetektor 9 und eine Empfangsoptik, die insbesondere Sammellinsen 10 und/oder Blenden 11 umfassen kann.

Das durch einen schief abgeschnittenen Glasquader gebildete Keilprisma 4 hat eine teildurchlässige Vorderseite 12 und eine in einem Winkel  $\delta$  schräg hierzu verlaufende Rückseite 13, die bei dem in Figur 1 dargestellten Zweistrahlverfahren ebenfalls teildurchlässig und bei dem in den Figuren 2 und 3 dargestellten Referenzstrahlverfahren vollständig verspiegelt ausgeführt ist. Durch Reflektion und Brechung verlassen die beiden Teilstrahlen 5a und 5b die Vorderseite 12 des Keilprismas 4 unter einem Winkel  $\beta$  schräg aufeinander zu gerichtet, so dass sie sich im Bereich der Spulstelle 6 am Faden 8 kreuzen. Eine Fokussierung der Teilstrahlen 5a und 5b, beispielsweise durch eine Sammellinse erfolgt dabei nicht, so dass im Bereich der Kreuzung der beiden Teilstrahlen 5a und 5b ein sehr großes Messvolumen mit einem Durchmesser von ca. 2 bis 3 mm bei einem Durchmesser von ca. 3 mm des ursprünglichen Laserstrahls 3 erhalten wird. Durch ein derartig großes Messvolumen kann der laufende Faden 8 problemlos hindurchgeführt werden, so dass seine Struktur im Rahmen einer Qualitätsüberwachung des gespulenen Garns auch bei während des Spulprozesses hervorgerufenen Unregelmäßigkeiten zuverlässig erfasst werden kann.

Das Laserlicht der beiden Teilstrahlen 5a und 5b trifft an der Spulstelle 6 auf die Oberfläche des laufenden Fadens 8 und wird von ihr gestreut. Aufgrund der Bewegung des Fadens 8 findet eine Relativbewegung zwischen dem ortsfesten Diodenlaser 1 als Sender der Lichtwellen und dem Faden 8 als dem Empfänger statt. In Abhängigkeit von der Relativgeschwindigkeit tritt dabei eine Veränderung der vom Faden 8 reflektierten Lichtwellen auf, die als Dopplereffekt bekannt ist. Durch Überlagerung der beiden Doppler-Frequenzen ergibt sich im Rahmen der an sich bekannten LDA-Technik eine Schwebung, die ein aus hellen und dunklen Bereichen bestehendes Interferenzmuster ausbildet, welches von dem Fotodetektor 9 erfasst wird. Zu weiteren Einzelheiten wird diesbezüglich nochmals auf die DE 103 42 383 A1 verwiesen.

Bei dem in Figur 1 dargestellten Zweistrahlverfahren trifft der Laserstrahl 3 unter einem Winkel  $\alpha$  schräg auf die teildurchlässige Vorderseite 12 des Keilprismas 4 auf. Ein erster Teilstrahl 5a wird direkt an der Vorderseite 12 reflektiert. Dieser Teilstrahl 5a hat eine Intensität von ca. 5% der Intensität des ursprünglichen Laserstrahls 3. Der nichtreflektierte Anteil des Laserstrahls 3 tritt durch die Vorderseite 12 hindurch in das Keilprisma 4 ein und wird an der ebenfalls teildurchlässigen Rückseite 13 teilweise reflektiert. Der hier reflektierte Anteil hat wiederum eine Intensität von ca. 5 % der Intensität des ursprünglichen Laserstrahls 3. Dieser an der Rückseite 13 reflektierte Anteil tritt unter Brechung an der Vorderseite 12 als zweiter Teilstrahl 5b aus dem Keilprisma 4 aus.

Der nicht an der Rückseite 13 des Keilprismas 4 reflektierte Anteil des Laserstrahls 3 tritt als Reststrahl 14 mit einer verbleibenden Intensität von ca. 90% der ursprünglichen Intensität an der teildurchlässigen Rückseite 13 aus dem Keilprisma 4 aus und wird zur Ausführung des Zweistrahlverfahrens nicht weiter benötigt. Der genaue Strahlenverlauf der beiden Teilstrahlen 5a und 5b berechnet sich gemäß dem Snelliusschen Gesetz:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1}$$

In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ergibt sich danach ein Winkel  $\beta$  von ca.  $4,5^\circ$  zwischen den beiden Teilstrahlen 5a und 5b.

Bei dem in Figur 2 dargestellten Referenzstrahlverfahren ist die Rückseite 13 des Keilprismas 4 vollständig verspiegelt. Auch hier wird ein erster Teilstrahl 5a mit einer Intensität von ca. 5% der Intensität des ursprünglichen Laserstrahls 3 an der teildurchlässigen Vorderseite 12 reflektiert. Der nicht-reflektierte Anteil tritt nach Reflektion an der Rückseite 13 und anschließender Brechung an der Vorderseite 12 als zweiter Teilstrahl 5b mit einer Intensität von ca. 94% aus dem Keilprisma 4 aus. Der erste Teilstrahl 5a bildet hier den Referenzstrahl, der nach Passieren einer aus einer Blende 11 und einer Sammellinse 10 gebildeten Empfangsoptik von dem Fotodetektor 9 erfasst wird. Der zweite Teilstrahl 5b bildet den Messstrahl, der zur Erzeugung des Interferenzmusters bzw. der Schwebungsfrequenz erforderlich ist. Nach dem Passieren des laufenden Fadens 8 wird der Messstrahl für die eigentliche Auswertung nicht weiter benötigt, so dass er durch die Blende 11 von dem Fotodetektor 9 abgeschirmt werden kann.

Bei der in Figur 3 dargestellten Variante des Referenzstrahlverfahrens erfolgt die Strahlteilung unter mehrfacher Reflektion und Brechung an dem Keilprisma 4. Ein erster Anteil 15 mit einer Intensität von ca. 5% der Intensität des ursprünglichen Laserstrahls 3 wird an der teildurchlässigen Vorderseite 12 reflektiert und zur Ausführung des weiteren Verfahrens nicht mehr benötigt. Der in das Keilprisma 4 eingetretene Restanteil des Laserstrahls 3 wird an der verspiegelten Rückseite 13 vollständig reflektiert und trifft danach von innen auf die teildurchlässige Vorderseite 12 auf, wo der größte Anteil als erster Teilstrahl 5a mit einer Intensität von ca. 90% aus dem Keilprisma 4 austritt. Der nicht ausgetretene Anteil wird zunächst an der Vorderseite 12 und anschließend erneut an der Rückseite 13 reflektiert, so dass er zum zweitenmal von innen auf die Vorderseite 12 auftrifft und als zweiter Teilstrahl 5b mit einer Intensität von ca. 4% das Keilprisma 4 verlässt. Der verbleibende Restanteil wird erneut an der Vorderseite 12 sowie anschließend ein weiteres Mal an der Rückseite 13

reflektiert, bevor er mit einer vernachlässigbaren Intensität von weniger als 1% der Intensität des ursprünglichen Laserstrahls 3 als Reststrahl 16 aus dem Keilprisma 4 austritt und zur Durchführung des Referenzstrahlverfahrens nicht weiter benötigt wird. Hier bildet der erste Teilstrahl 5a mit einer Intensität von ca. 90% den Messstrahl bzw. Streustrahl, während der zweite Teilstrahl 5b mit einer Intensität von ca. 4% den auf den Fotodetektor 9 gerichteten Referenzstrahl bildet.

Bei den in den drei Figuren dargestellten Anordnungen A teilt das Keilprisma 4 den Laserstrahl 3 jeweils in zwei phasengleiche Teilstrahlen 5a und 5b auf, die anschließend so zur Überlagerung gebracht werden, dass sie sich im Bereich der Spulstelle 6 an dem laufenden Faden 8 kreuzen.

In Figur 4 ist eine konische Spule 20 dargestellt, die von einer hier als Nutentrommel ausgebildeten Trommel 21 angetrieben wird. Dabei erfolgt der Antrieb über den zwischen dem Innendurchmesser 22 und dem Außendurchmesser 23 liegenden treibenden Durchmesser 24. Der laufende Faden 8 wird zur Erzeugung seines Hubes durch die Nuten 25 der Trommel 21 geführt, wobei er über den Winkel 26 changiert. Die Umfangsgeschwindigkeiten der Spule 20 sind an ihrem Innendurchmesser 22 durch den Pfeil 27 und an ihrem Außendurchmesser 23 durch den Pfeil 28 angedeutet.

Der Verlegehub durch die Trommel 21 ist bei fehlerfreier Verlegung stets gleich, wobei sich bei einer Fadengeschwindigkeit von 600 m/min das in Figur 5 dargestellte Geschwindigkeitsprofil ergibt. Dabei ist die Messgeschwindigkeit  $v$  über der Zeit  $t$  aufgetragen. Im Falle von Fehlführungen der Trommel 21, wird die Verlegesystematik gestört und das Geschwindigkeitsprofil ändert sich entsprechend, wie in Figur 6 dargestellt. Hieraus ist deutlich ersichtlich, dass die Messgeschwindigkeit  $v$  sowohl geringer liegt als auch weniger große Amplituden aufweist. Diese Messsignalveränderung ist elektronisch gut erfassbar, so dass gegebenenfalls geeignete Maßnahmen automatisch eingeleitet werden können.

Die Figuren 7a bis 7d zeigen die Beeinflussungen der über die LDA-Sensoreinrichtung erfindungsgemäß gemessenen Garngeschwindigkeitsprofile und Garnbeschleunigungen aufgrund veränderter Fadenzugkraftbeeinflussungen des gespulten Fadens 8. Die Figuren 7a und 7b betreffen dabei eine geringe Fadenzugkraft, während die Figuren 7c und 7d eine erhöhte Fadenzugkraft betreffen. In den Figuren 7a und 7c ist jeweils die Garngeschwindigkeit  $v$  über der Zeit  $t$  und in den Figuren 7b und 7d ist jeweils die Garnbeschleunigung  $a$  über der Zeit  $t$  aufgetragen. Deutlich sind auch hier die charakteristischen Veränderungen der jeweiligen Profile zu erkennen.

10

Figur 8 zeigt den Zusammenhang zwischen der Fadenzugkraft  $F$  und der Standardabweichung  $s$  des Beschleunigungssignals des Fadens 8. Der Druck auf den Tellerspanner zeigt dabei die Reibkraft einer Fadenbremse und damit die Fadenzugkraft  $F$  auf. Es ist zu erkennen, dass sich ein annähernd linearer Zusammenhang ergibt.

15

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt. Insbesondere muss als Teil- und Lenk-Einrichtung nicht unbedingt ein Keilprisma 4 eingesetzt werden, sondern es können beispielsweise auch entsprechend angeordnete Spiegelgeometrien mit teildurchlässigem Eingangsspiegel verwendet werden.

20

### Ansprüche

5

1. Verfahren zum berührungslosen Bestimmen und/oder Erhöhen der Garnqualität eines laufenden Fadens (8) mittels einer im Fadenlauf (6) einer Textilmaschine angeordneten Sensoreinrichtung, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:

10

- von einer Lichtquelle (1, 2) wird ein Laserstrahl (3) erzeugt,
- der Laserstrahl wird mittels einer optischen Teil- und Lenk-Einrichtung (4) zur Teilung und Lenkung des Laserstrahls (3) in mindestens zwei Teilstrahlen (5a, 5b) geteilt,
- die beiden Teilstrahlen (5a, 5b) werden so geführt, dass sie am Faden (8) wieder zusammentreffen,
- aus dem vom Faden (8) beeinflussten und/oder reflektierten Licht werden nach dem Laser-Doppler-Anemometrie-Verfahren Messsignale erzeugt, die zur Bestimmung und/oder Erhöhung der Garnqualität des laufenden Fadens (8) elektronisch ausgewertet werden, wobei nach dem Laser-Doppler-Anemometrie-Verfahren erzeugte Burstsignale bezüglich der Haarigkeit des laufenden Fadens (8) ausgewertet werden.

15

20

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zur Bestimmung der Garnqualität aus den erzeugten Messsignalen die Anzahl der Burstpakete in einer vorgegebenen Zeitdauer erfasst wird, und dass daraus die Haarigkeit des laufenden Fadens (8) ermittelt wird, indem der Zusammenhang einer mit zunehmender Anzahl von Burstpaketen ansteigenden Höhe der Haarigkeit ausgewertet wird.

30

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -  
n e t , dass die Haarigkeit des laufenden Fadens (8) mit mindestens einer  
vorgegebenen oder vorgebbaren Grenzhaarigkeit verglichen wird, und dass  
beim Erreichen oder Überschreiten dieser Grenzhaarigkeit ein Warnsignal  
5 ausgegeben und/oder die Spulgeschwindigkeit reduziert und/oder die  
Fadenzugkraft reduziert und/oder der Spulprozess beendet wird.

4. Verfahren zum berührungslosen Bestimmen und/oder Verbessern der  
10 Qualität einer Spule (20), die durch Aufwickeln eines laufenden Fadens (8)  
erhalten wird, mittels einer im Fadenlauf (6) einer Textilmaschine  
angeordneten Sensoreinrichtung, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:

- von einer Lichtquelle (1, 2) wird ein Laserstrahl (3) erzeugt,
- 15 - der Laserstrahl wird mittels einer optischen Teil- und Lenk-Einrichtung  
(4) zur Teilung und Lenkung des Laserstrahls (3) in mindestens zwei  
Teilstrahlen (5a, 5b) geteilt,
- die beiden Teilstrahlen (5a, 5b) werden so geführt, dass sie am Faden  
(8) wieder zusammentreffen,
- 20 - aus dem vom Faden (8) beeinflussten und/oder reflektierten Licht  
werden nach dem Laser-Doppler-Anemometrie-Verfahren Mess-  
signale erzeugt, die zur Bestimmung und/oder Verbesserung der  
Spulenqualität elektronisch ausgewertet werden.

25 5. Verfahren nach Anspruch 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass  
aus den erzeugten Messsignalen über mindestens ein Zeitintervall hinweg  
die Geschwindigkeit des laufenden Fadens (8) ermittelt und hieraus als  
hergeleitetes Messergebnis ein Geschwindigkeitsprofil gebildet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass als hergeleitetes Messergebnis über mindestens ein Zeitintervall hinweg die Beschleunigung des laufenden Fadens (8) als zeitliche Ableitung der Geschwindigkeit ermittelt wird.

5

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass als hergeleitetes Messergebnis die Varianz oder die Standardabweichung des Geschwindigkeitsprofils und/oder der Beschleunigung gebildet wird.

10

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass mindestens ein hergeleitetes Messergebnis mit mindestens einem vorgegebenen oder vorgebbaren Soll-Ergebnis und/oder Grenz-Ergebnis verglichen wird, und dass als Reaktion ein Signal erzeugt oder der Spulprozess automatisch beeinflusst oder unterbrochen oder beendet wird, wenn das hergeleitete Messergebnis von einem Soll-Ergebnis in einem vorbestimmten oder vorgebbaren Maße abweicht und/oder sich einem Grenz-Ergebnis bis auf ein vorbestimmtes oder vorgegbares Maß annähert oder dieses überschreitet.

15

20

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zur Auswertung eines hergeleiteten Messergebnisses eine Frequenzanalyse durchgeführt wird, und dass als Reaktion ein Signal erzeugt oder der Spulprozess automatisch beeinflusst oder unterbrochen oder beendet wird, wenn das durch die Frequenzanalyse ermittelte Frequenzprofil von einem Soll-Frequenzprofil in einem vorbestimmten oder vorgebbaren Maße abweicht und/oder sich einem Grenz-Frequenzprofil bis auf ein vorbestimmtes oder vorgegbares Maß annähert oder diese überschreitet.

25

30

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 8 oder 9, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass die Messsignale und/oder mindestens ein  
hergeleitetes Messergebnis bezüglich Fehlführungen des laufenden Fadens  
(8) auf der Spule (20) und/oder bezüglich Fehlaufwicklungen des laufenden  
5 Fadens (8) auf eine zum Antrieb der Spule (20) vorgesehene Trommel (21)  
ausgewertet werden.
11. Verfahren nach Anspruch 10, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
10 dass zur Ermittlung von Fehlführungen des laufenden Fadens (8) das  
Geschwindigkeitsprofil des laufenden Fadens (8) analysiert wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
15 dass zur Ermittlung von Trommelwickeln oder von Fehlführungen des  
laufenden Fadens (8) eine Frequenzanalyse des Geschwindigkeitsprofils des  
laufenden Fadens (8) durchgeführt wird.
- 20 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , dass ein Warnsignal ausgegeben und/oder die Spule (20)  
gekennzeichnet und/oder die Spulgeschwindigkeit reduziert und/oder die  
Fadenspannung reduziert und/oder der Spulprozess beendet wird, wenn ein  
vorgebbares Maß an Fehlführungen überschritten wird.  
25
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 13, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , dass die Messsignale und/oder mindestens ein hergeleitetes  
Messergebnis bezüglich der Zugkraftbeanspruchung des laufenden Fadens  
30 (8) ausgewertet werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Bestimmung der Fadenzugkraft über die Berechnung der Garnbe-  
schleunigung aus dem gemessenen Geschwindigkeitssignal abgeleitet wird.
- 5 16. Verfahren nach Anspruch 15, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass ein Maß für die Fadenzugkraftspitzen während des Spulprozesses  
ermittelt wird, indem die Höhe des Rauschpegels auf dem  
Beschleunigungssignal durch die Berechnung der Standardabweichung  
bestimmt wird.
- 10 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , dass ein Warnsignal ausgegeben und/oder die auf den  
Faden (8) wirkende Zugkraft reduziert und/oder die Spulgeschwindigkeit  
reduziert und/oder ein Garnabzugbeschleuniger verstellt und/oder der  
15 Spulprozess beendet wird, wenn die Zugkraftbeanspruchung steigt oder ein  
vorgebbares Maß überschreitet.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 17, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , dass die Umdrehungsperiodendauer einer aus dem  
20 laufenden Faden (8) aufgewickelten Spule (20) vorzugsweise mittels an der  
Spule angeordneter Impulsgeber ermittelt wird, und dass unter  
Berücksichtigung der Geschwindigkeit oder des Geschwindigkeitsprofils des  
laufenden Fadens (8) mindestens ein Durchmesser (22, 23, 24) der Spule  
(20) bestimmt wird, wobei bei einer konischen Spule (20) zusätzlich der  
25 Verlegehub des laufenden Fadens (8) berücksichtigt wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 18, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , dass die Messsignale bezüglich mindestens eines Durch-  
messers (22, 23, 24) der Spule (20) ausgewertet werden, wobei der  
30 Spulprozess vorzugsweise beendet wird, wenn ein vorgebbarer Durch-  
messer erreicht ist und/oder wobei vorzugsweise die Lage des antreibenden  
Durchmessers (24) ausgegeben wird.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -  
n e t , dass die Messsignale insbesondere unter Berücksichtigung der  
Spulengeometrie und der gespulten Garnlänge bezüglich der Dichte der  
Spule (20) ausgewertet werden, wobei vorzugsweise eine Information zur  
ermittelten Spulendichte und/oder vorzugsweise ein Warnsignal ausgegeben  
5 wird, wenn die Spulendichte einen vorgebbaren Grenzwert überschreitet.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 20, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , dass die Rotationsgeschwindigkeit bzw. Umfangs-  
geschwindigkeit einer zum Antrieb der Spule (20) vorgesehenen Trommel  
(21) ermittelt wird, und dass die Messsignale und/oder mindestens ein  
hergeleitetes Messergebnis bezüglich eines Schlupfes zwischen der  
Umfangsgeschwindigkeit der Spule (20) einerseits und der Umfangs-  
geschwindigkeit der Trommel (21) andererseits ausgewertet werden.  
15
22. Verfahren nach Anspruch 21, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der durch ein Bildstörverfahren erzeugte Schlupf zwischen der Trommel  
(21) und der Spule (20) überwacht wird, und dass ein Warnsignal  
ausgegeben und/oder der Bildstörhub automatisch korrigiert wird, wenn der  
Schlupf von einem vorgebbaren Zielwert abweicht oder einen vorgebbaren  
Grenzwert überschreitet oder unterschreitet.  
20
23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -  
n e t , dass der Schlupf zwischen der Trommel (21) und der Spule (20)  
bezüglich eines Auftrages von Paraffin auf den Faden (8) ausgewertet wird,  
und dass ein Warnsignal ausgegeben und/oder der Spulprozess beendet  
wird, wenn der Paraffinauftrag von einem vorgebbaren Zielwert abweicht  
oder einen vorgebbaren Grenzwert unterschreitet.  
25  
30

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 23, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass der Schlupf zwischen der Trommel (21) und  
der Spule (20) beim Hochlaufen des Spulprozess überwacht wird, wobei der  
Antrieb vorzugsweise auf einen vorgebbaren Schlupf oder insbesondere auf  
5 ein vorgegbares Schlupfprofil geregelt wird.

25. Verfahren zum berührungslosen Bestimmen eines möglichen Bruchs eines  
laufenden Fadens (8) und/oder eines möglichen Einklemmens eines  
laufenden Fadens (8) zwischen einer Spule (20), auf die der Faden (8)  
10 aufgewickelt wird, und einer die Spule (20) antreibenden Antriebswalze,  
mittels einer im Fadenlauf (6) einer Textilmaschine angeordneten  
Sensoreinrichtung, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:

- von einer Lichtquelle (1, 2) wird ein Laserstrahl (3) erzeugt,
- der Laserstrahl wird mittels einer optischen Teil- und Lenk-Einrichtung  
15 (4) zur Teilung und Lenkung des Laserstrahls (3) in mindestens zwei  
Teilstrahlen (5a, 5b) geteilt,
- die beiden Teilstrahlen (5a, 5b) werden so geführt, dass sie am Faden  
(8) wieder zusammentreffen,
- aus dem vom Faden (8) beeinflussten und/oder reflektierten Licht  
20 werden nach dem Laser-Doppler-Anemometrie-Verfahren Mess-  
signale erzeugt, die zur Bestimmung eines Fadenbruchs und/oder  
einer Fadeneinklemmung elektronisch ausgewertet werden, wobei  
vorzugsweise der Spulprozess automatisch beendet wird, wenn ein  
Bruch oder eine Einklemmung des Fadens (8) ermittelt wird.

26. Verfahren nach Anspruch 25, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass zur Bestimmung eines Fadenbruchs und/oder einer Fadeneinklemmung  
aus den erzeugten Messsignalen kontinuierlich die Geschwindigkeit des  
laufenden Fadens (8) erfasst wird, und dass ein Signal erzeugt und/oder der  
30 Spulprozess automatisch beendet wird, wenn eine Geschwindigkeitsände-  
rung, insbesondere eine kurze Geschwindigkeitsreduzierung, ermittelt wird.

27. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der von der Lichtquelle (1, 2) erzeugte Laserstrahl (3) durch die Teil- und Lenk-Einrichtung (4) derart geteilt wird, dass die beiden Teilstrahlen (5a, 5b) bereits beim Austritt aus der Teil- und Lenk-Einrichtung (4) so in einem Winkel ( $\beta$ ) aufeinander zu gerichtet verlaufen, dass sie sich am Faden (8) kreuzen.
28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass der von der Lichtquelle (1, 2) erzeugte Laserstrahl (3) durch die Teil- und Lenk-Einrichtung (4), insbesondere durch ein einstückiges Keilprisma, fokussierungsfrei geteilt wird und die beiden Teilstrahlen (5a, 5b) fokussierungsfrei auf den Faden (8) gelenkt werden.
29. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Laser-Doppler-Anemometrie-Verfahren als Referenzstrahlverfahren ausgeführt wird.
30. Anordnung (A) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche, umfassend eine Lichtquelle (1, 2) zur Erzeugung eines Laserstrahls (3), eine optische Teil- und Lenk-Einrichtung (4), durch die der Laserstrahl (3) in mindestens zwei am Faden (8) zusammenführbare Teilstrahlen (5a, 5b) aufteilbar ist, sowie eine optische Sensoreinrichtung (9), mittels der aus dem vom Faden (8) beeinflussten und/oder reflektierten Licht nach dem Laser-Doppler-Anemometrie-Verfahren Messsignale erzeugbar sind, die einer Auswerteeinheit zuführbar sind.

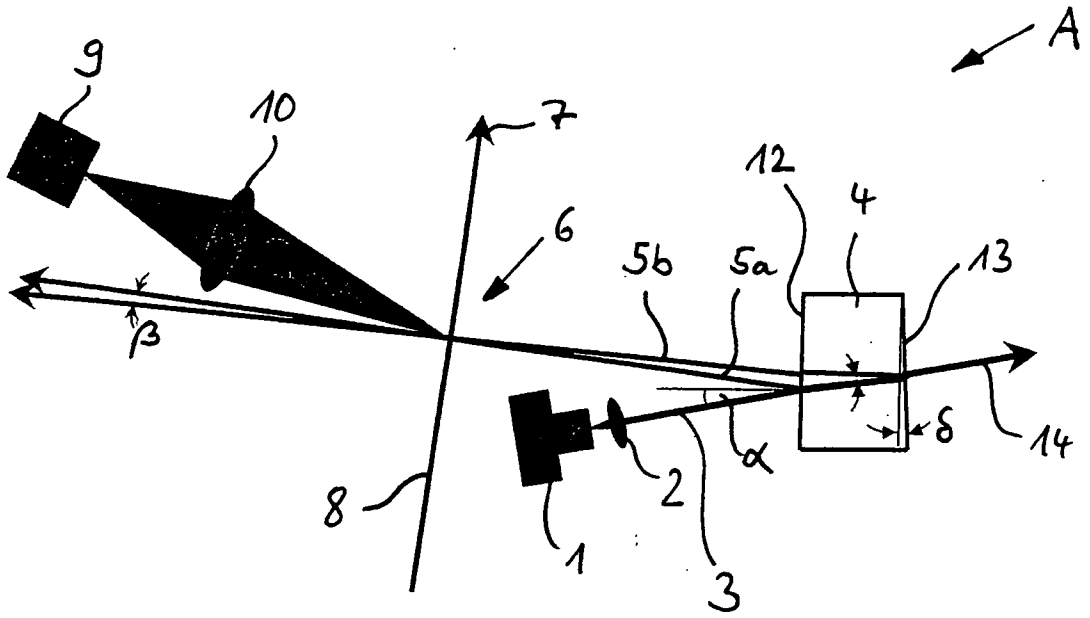


Fig. 1

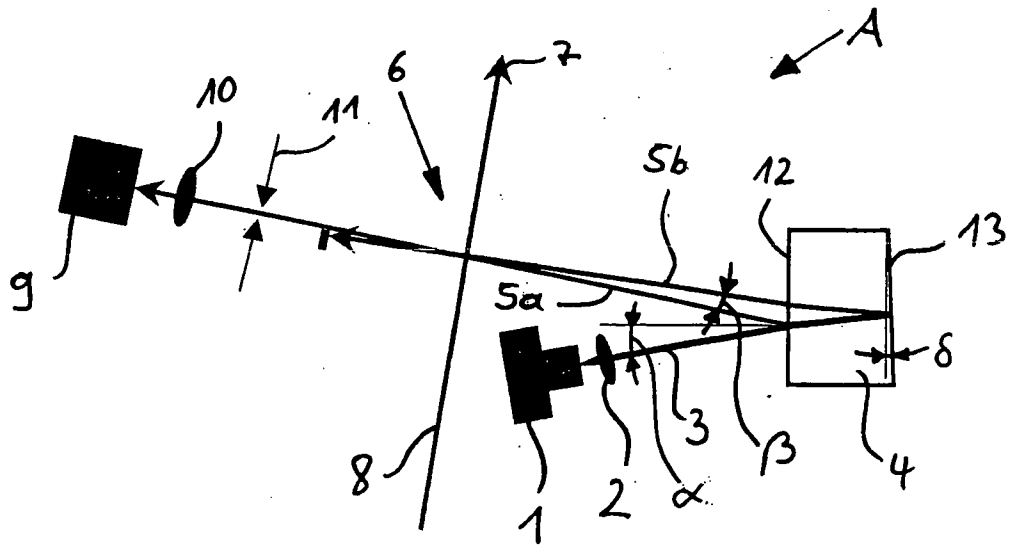


Fig. 2

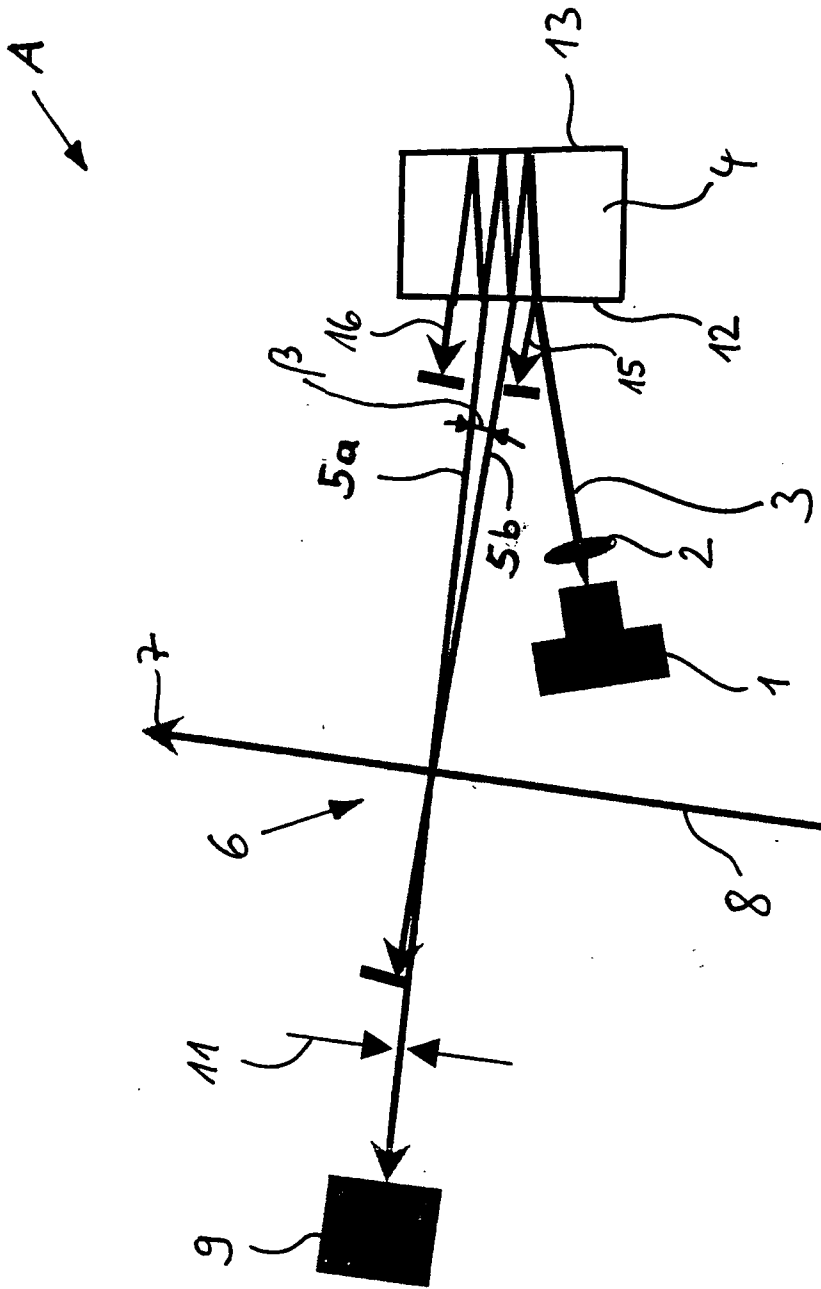


Fig. 3

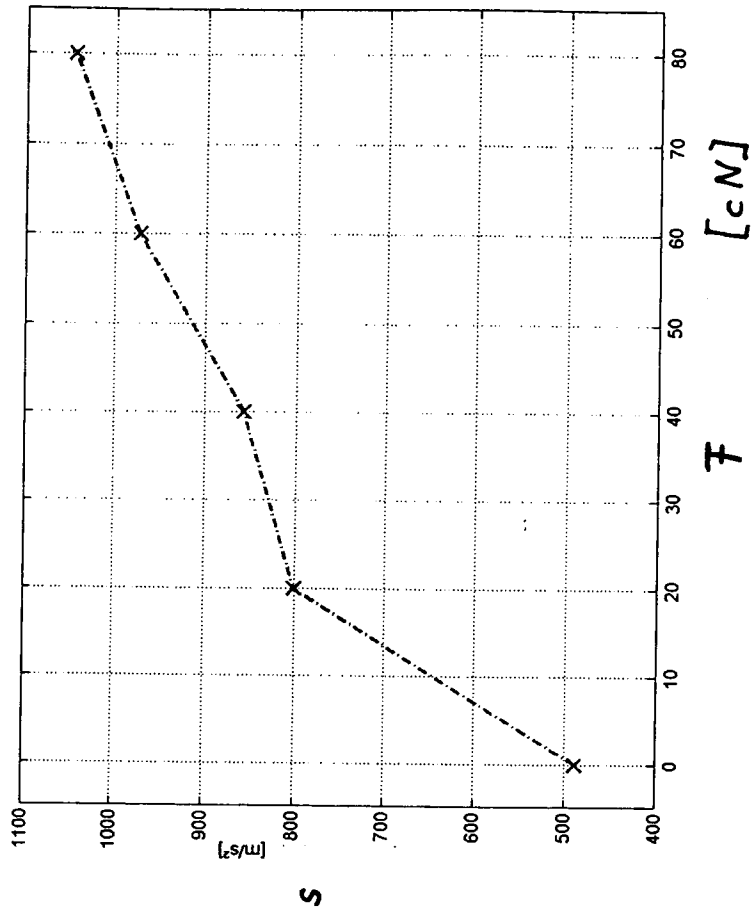


Fig. 8

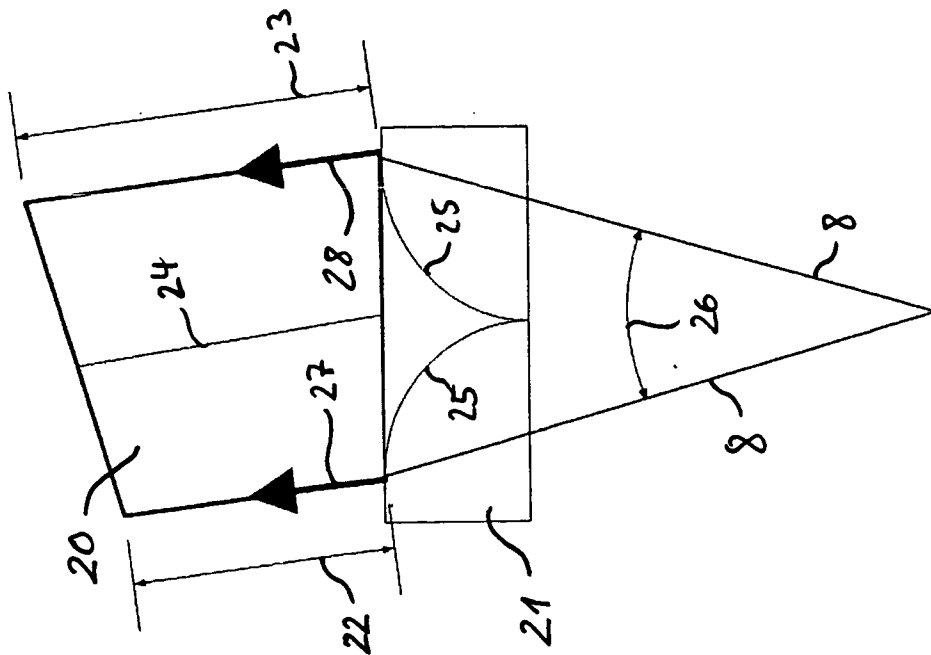


Fig. 4

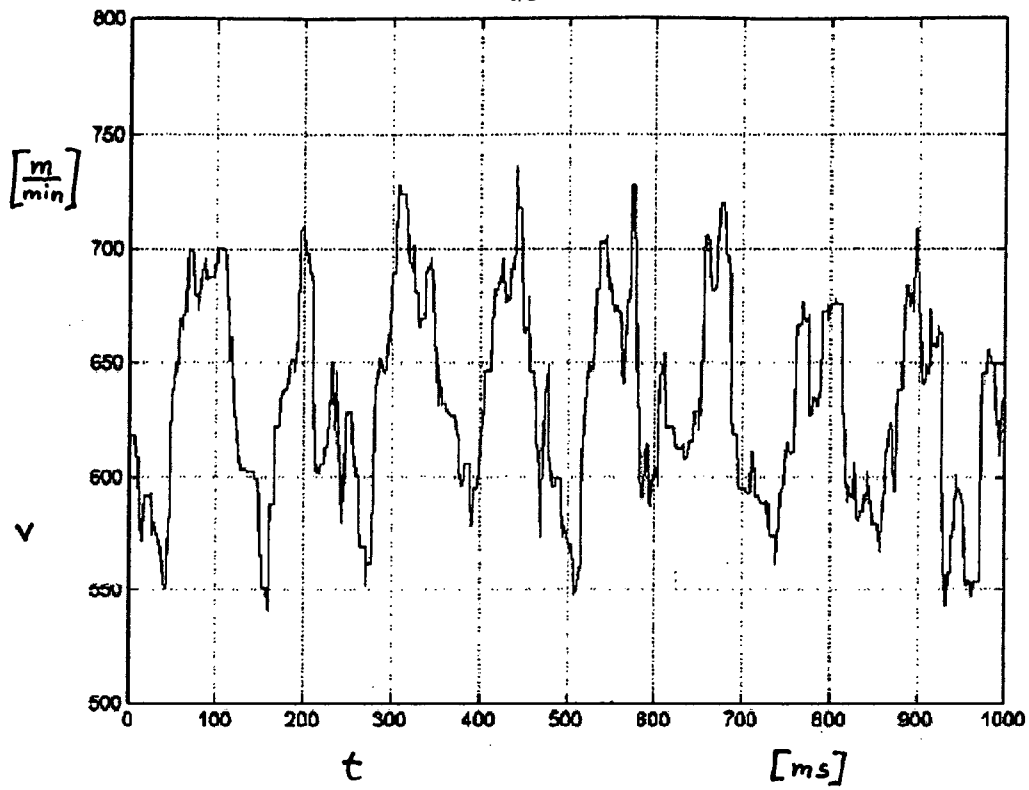


Fig. 5

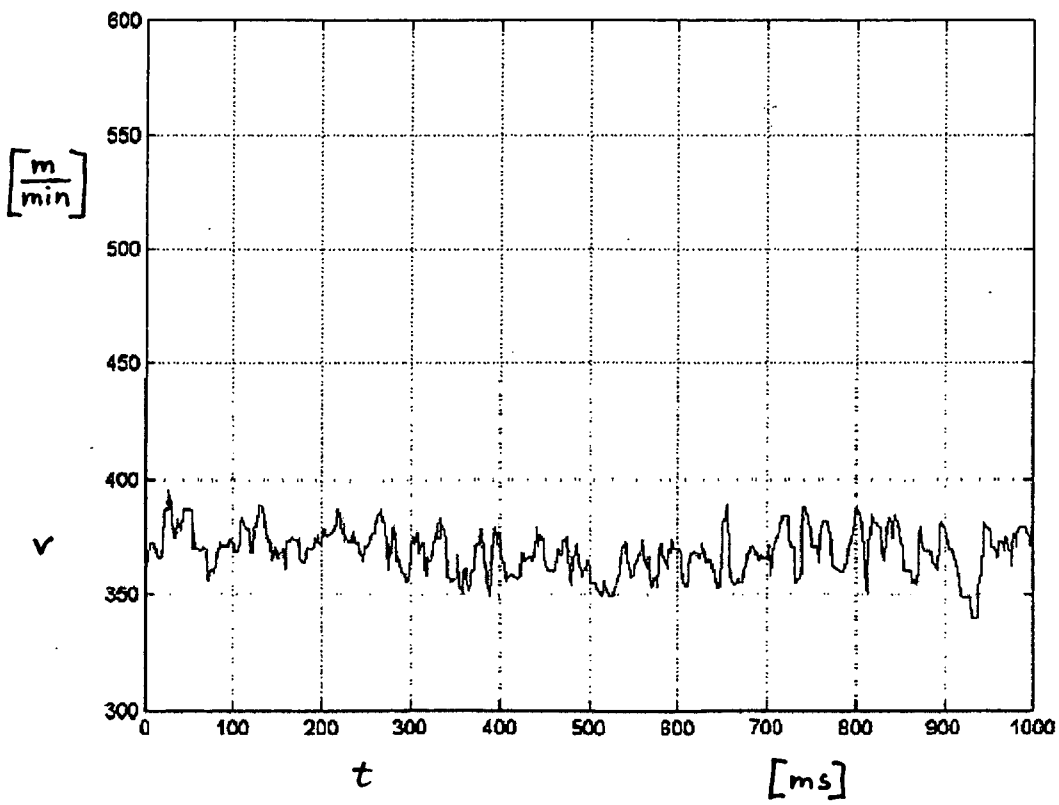


Fig. 6

5/5

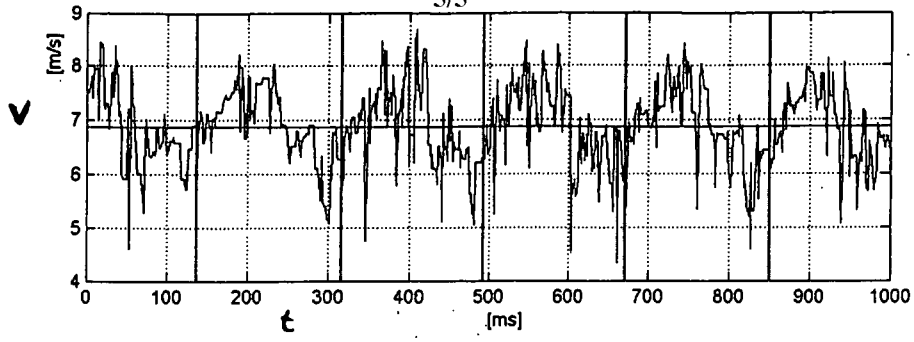


Fig. 7a

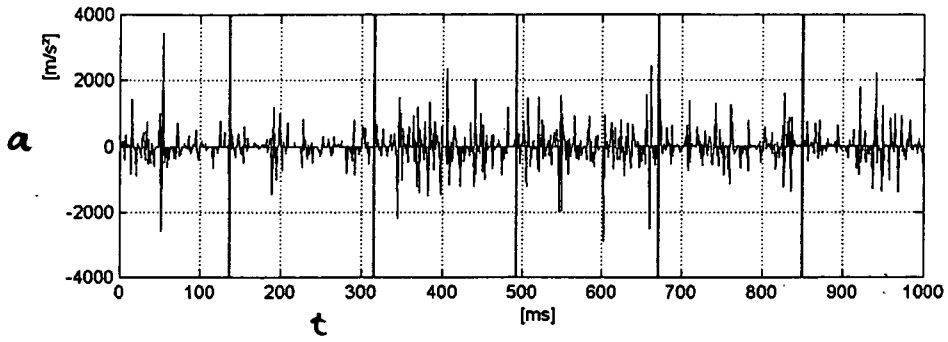


Fig. 7b

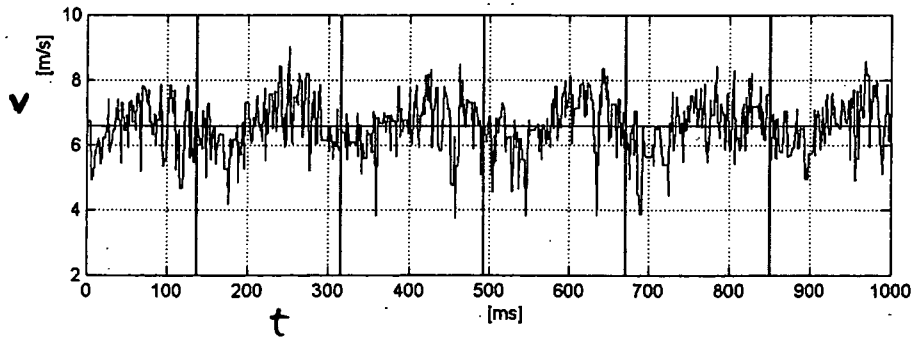


Fig. 7c

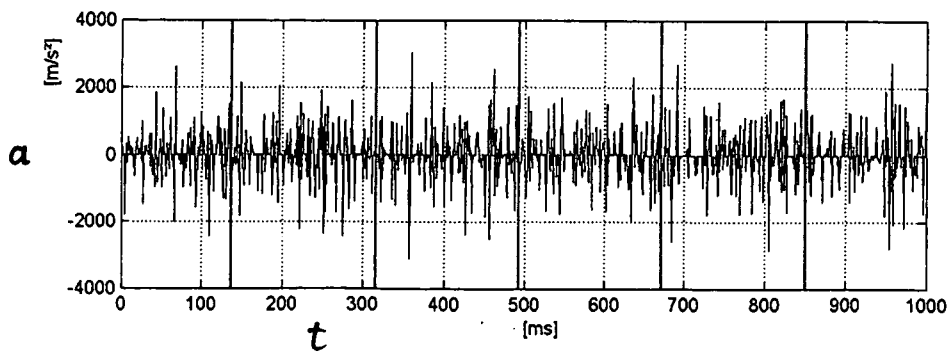


Fig. 7d